

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт горного дела и строительства  
Кафедра «Санитарно-технические системы»

*Утверждаю:*

Зав. кафедрой СТС

\_\_\_\_\_ Р.А. Ковалев  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.

Регистрационный номер:

\_\_\_\_\_

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**  
дисциплины

**ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА**  
**В ПОМЕЩЕНИИ**

Уровень профессионального образования: высшее образование - бакалавриат

Направление подготовки: 08.03.01 «Строительство»

Профиль подготовки: «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная, заочная, заочная сокращенная

Тула 2019 год

Методические указаний к практической работе студентов составлены доцентом Д. Ю. Титовым и обсуждены на заседании кафедры «Санитарно-технические системы» факультета горно-строительного

протокол № 1 от «30» 08 2019 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Р.А.Ковалев

Методические указаний к практической работе студентов пересмотрены и утверждены на заседании кафедры «Санитарно-технические системы» факультета горно-строительного

протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Р.А.Ковалев

Методические указаний к практической работе студентов пересмотрены и утверждены на заседании кафедры «Санитарно-технические системы» факультета горно-строительного

протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Р.А.Ковалев

# **1. ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО КЛИМАТА И ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ**

## **1.1 Выбор расчетных параметров наружного воздуха**

Параметры наружного воздуха принимаются согласно рекомендациям СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» в соответствии с географическим районом расположения объекта. Различают два варианта наружного климата при проектировании вентиляции – параметры А и Б, выбор которых обуславливается следующими положениями.

Согласно п. 5.10 СНиПа параметры А принимают для систем вентиляции и воздушного душирования для теплого периода года;

Параметры Б – для систем отопления, вентиляции и воздушного душирования для холодного периода года, а также для систем кондиционирования для теплого и холодного периодов года.

Параметры наружного воздуха для переходных условий года следует принимать  $10^{\circ}\text{C}$  и удельную энтальпию  $26,5 \text{ кДж/кг}$ .

Климатические данные заданного района строительства в соответствии с рекомендуемыми нормами обеспеченности определяют по СНиП 23-01-99\* «Строительная климатология».

По заданию на проектирование допускается принимать более низкие параметры наружного воздуха в холодный период года и более высокие параметры наружного воздуха в теплый период года, п.5.12 СНиПа [5].

## **1.2 Выбор расчетных параметров внутреннего воздуха**

Выбор расчетных параметров внутреннего воздуха в обслуживаемой зоне помещения определяются в зависимости от назначения помещения. Они могут быть оптимальными и допустимыми. Оптимальные метеорологические условия в рабочей и обслуживаемой зоне помещений жилых и общественных зданий следует принимать за расчетные при наличии соответствующих требований заказчика

Параметры микроклимата при вентиляции помещений (кроме помещений, для которых метеорологические условия установлены другими нормативными документами) следует принимать по ГОСТ 30494-96, ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ, СанПиН 2.1.2.1002-00, СанПиН 2.2.4.548-96 и СНиП 41-01-2003 (Отопление, вентиляция и кондиционирование) для обеспечения метеорологических условий и поддержания чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне помещений:

а) в холодный период года в обслуживаемой зоне жилых помещений температуру воздуха – минимальную из оптимальных температур; при согласовании с органами Госсанэпиднадзора России и по заданию заказчика допускается принимать температуру воздуха в пределах допустимых норм;

б) в холодный период года в обслуживаемой или рабочей зоне жилых зданий (кроме жилых помещений), общественных и административно-бытовых помещений температуру воздуха – минимальную из допустимых температур при отсутствии избытков явной теплоты в помещениях; экономически целесообразную температуру воздуха в пределах допустимых норм в помещениях с избытками явной теплоты.

в) для теплого периода года в помещениях с избытками теплоты - температуру воздуха в пределах допустимых температур, но не более чем на 3 °С для общественных и административно-бытовых помещений и не более чем на 4 °С для производственных помещений выше расчетной температуры наружного воздуха (по параметрам А) и не более максимально допустимых температур по приложению В (СНиП 41-01-2003).

При проектировании вентиляции горячих цехов предприятий общественного питания допустимые параметры принимаются, как для производственных помещений со значительными теплоизбытками, для категории работ средней тяжести.

### **1.3. Задачи и упражнения.**

1. Выбрать расчетные параметры наружного воздуха для объекта расположенного в городе N (назначение и № объекта см. прил. 1, номер задания соответствует номеру в списке группы ).

2. Выбрать расчетные параметры внутреннего воздуха для объекта расположенного в городе N (назначение и № объекта см. прил. 1, номер задания соответствует номеру в списке группы ).



## **2. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ЗДАНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ**

### **Введение**

Современный человек проводит в закрытых помещениях до 80% времени. Помещения в здании изолированы от внешней среды, что позволяет создать в них необходимый микроклимат. Наружные ограждения защищают от непосредственных климатических воздействий, а системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха поддерживают в помещениях в течение всего года определенные параметры внутренней среды.

Комплекс инженерных средств и устройств по обеспечению заданных метеорологических условий в помещениях называется системой кондиционирования микроклимата (СКМ) здания. СКМ включает в себя конструктивные (ограждающие конструкции) и объемно-планировочные средства защиты помещений от внешних климатических воздействий, а также системы отопления, охлаждения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Весь этот комплекс инженерных средств направлен прежде всего на обеспечение требуемого теплового режима здания. Тепловым режимом здания называется совокупность факторов и процессов, которые под влиянием внешних, внутренних воздействий и принятых инженерных устройств формируют тепловую обстановку в его помещениях.

Система отопления, таким образом, является одной из составляющих СКМ, обеспечивающей заданный тепловой режим зданий в холодный период года.

В холодное время года помещение теряет теплоту через наружные ограждения. Кроме того, теплота расходуется на нагрев наружного воздуха, который проникает в помещение через неплотности ограждений, а также на нагрев материалов, транспортных средств, изделий, одежды, которые холодными попадают с улицы в помещение.

Системой вентиляции в помещение может подаваться воздух с более низкой температурой по сравнению с воздухом помещения, технологические процессы могут быть связаны с испарением жидкостей и другими процессами, сопровождаемыми затратами теплоты.

В то же время в помещение поступает теплота от технологического оборудования, источников искусственного освещения, от нагретых материалов, изделий, в результате прямого попадания через оконные проемы солнечных лучей, от людей. В помещениях могут быть технологические процессы, связанные с выделением теплоты (конденсация влаги, химические реакции и пр.).

Для обоснованного выбора установочной мощности системы отопления необходим точный учет всех составляющих теплового баланса помещений и здания в целом.

## 2.1. Уравнение теплового баланса здания

В установившемся режиме потери равны поступлениям теплоты. Сведением всех составляющих поступлений и расхода теплоты в тепловом балансе помещения определяется дефицит или избыток теплоты. Дефицит теплоты указывает на необходимость устройства в помещении отопления, избыток теплоты обычно ассимилируется вентиляцией. Для определения тепловой мощности системы отопления составляют баланс часовых расходов теплоты для расчетного зимнего периода в виде

$$Q_{от} = \Delta Q = Q_o + \sum Q_d + Q_{вен} \pm Q_{т-б}, \quad (2.1)$$

где  $Q_o$  — основные потери теплоты через ограждения, Вт;  $\sum Q_d$  — суммарные добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции здания, Вт;  $Q_{вен}$  — расход теплоты на нагрев воздух, поступающего в помещение, Вт;  $Q_{т-б}$  — технологические и бытовые выделения или расходы теплоты, Вт.

Баланс составляется для условий, когда возникает наибольший при заданном коэффициенте обеспеченности дефицит теплоты. Для гражданских зданий обычно учитывают регулярные тепловые потоки, поступающие в помещение от людей, освещения, других бытовых теплоисточников. В промышленных зданиях принимают в расчет период технологического цикла с наименьшими тепловыделениями.

Тепловой баланс составляют для стационарных условий. Расчет следует проводить в форме таблицы.

## 2.2. Потери теплоты через отдельные ограждения в помещении.

Основные потери теплоты  $Q_o$ , Вт, через рассматриваемые ограждающие конструкции рассчитываются с точностью до 10 Вт по формуле

$$Q_o = A k (t_v - t_n) n, \quad (2.2)$$

где  $k$  — коэффициент теплопередачи ограждения,  $Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$ ;  $A$  — расчетная поверхность ограждающей конструкции,  $м^2$ ;  $t_v$  — расчетная температура воздуха помещения,  $^\circ C$ ;  $t_n$  — расчетная температура наружного воздуха,  $^\circ C$ , или температура воздуха более холодного помещения;  $n$  — коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности по отношению к наружному воздуху.

Вычисление теплопотерь производят для каждого помещения отдельно.

Теплопотери через внутренние ограждения между смежными помещениями следует учитывать при разности температуры воздуха  $t_v$  этих помещений более  $3^\circ C$ .

Рассмотрим, как принимаются для различных ограждений показатели, входящие в формулу (2.2), при определении расчетных теплопотерь. Коэффициенты теплопередачи для наружных стен и покрытий принимаются по теплотехническому расчету. Конструкцию окон

подбирают из условия требуемого сопротивления теплопередаче и по СНиП «Строительная теплофизика» определяют фактическое значение  $R_0$ .

Площадь отдельных ограждений  $A$  при подсчете потерь теплоты через них должна вычисляться с соблюдением определенных правил обмера. Эти правила по возможности учитывают сложность процесса теплопередачи через элементы ограждения и предусматривают условные увеличения и уменьшения площадей, когда фактические теплотери могут быть соответственно больше или меньше подсчитанных по принятым простейшим формулам. Необходимо предварительно вычертить планы и разрез здания масштабе 1:100. Толщина наружных ограждений должна быть вычерчена в масштабе в соответствии с теплотехническим расчетом. Как правило, площади определяются по внешнему обмеру (см. рис.2.1):

1) площади окон (О), дверей (Д) и фонарей измеряются по наименьшему строительному проему;

2) площади потолка (Пт) и пола (Пл) измеряются между осями внутренних стен и внутренней поверхностью наружной стены. Площади зон пола по лагам и грунту определяются с условной их разбивкой на зоны, как указано ниже;

3) площади наружных стен (Нс) измеряются:

а) в плане — по внешнему периметру между наружным углом и осями внутренних стен;

б) по высоте: в первом этаже (в зависимости от конструкции пола) — или от внешней поверхности пола по грунту, или от поверхности подготовки под конструкции пола на лагах, или от нижней поверхности перекрытия над подпольем или неотапливаемым подвальным помещением до чистого пола второго этажа; в средних этажах — от поверхности пола следующего этажа; в верхнем этаже — от поверхности пола до верха конструкции чердачного перекрытия или бесчердачного покрытия. При необходимости определения теплотерь через внутренние ограждения их площади берутся по внутреннему обмеру.

Линейные размеры ограждающих конструкций необходимо определять с точностью 0,1 м, а площадь с точностью 0,1 м<sup>2</sup>.

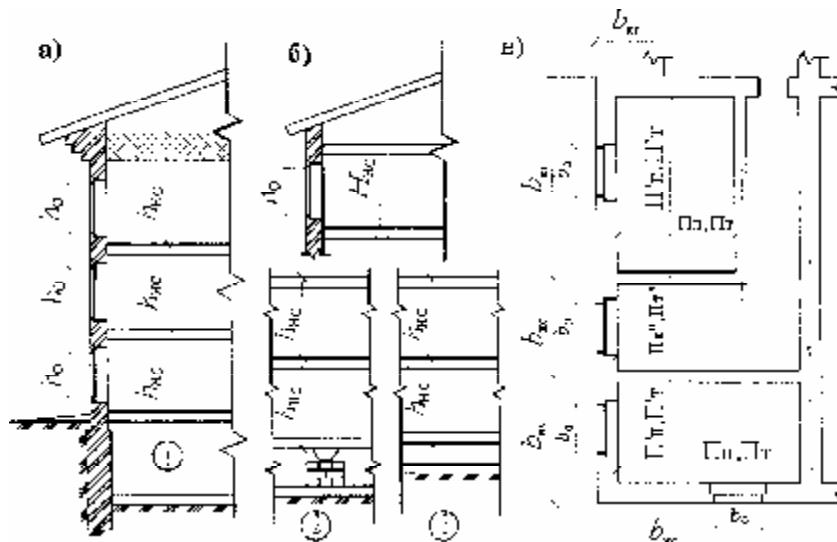


Рис.2.1. Правила обмера площадей ограждающих конструкций: а - разрез здания с чердачным покрытием; б - разрез здания с совмещенным покрытием; в - план здания; 1 - пол над подвалом; 2 - пол на лагах; 3 - пол на грунте.

### Пример 2.1.

Расчет основных теплотерь через ограждающие конструкции здания.

Исходные данные

1. Определить теплотери жилых помещений (рис. 2.2) квартир, расположенных на первом (номер 101) и последнем (номер 501) этажах и теплотери лестничной клетки (номер Б). Здание пятиэтажное с чердачным помещением  $\sigma_{\text{УТ}} = 0,1\text{м}$ .

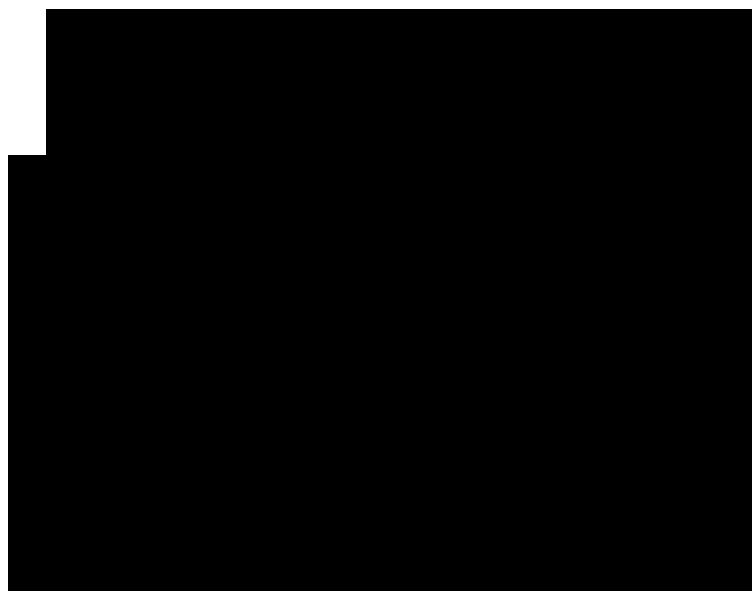


Рис. 2.2. Фрагмент плана и разрез здания

2. Район строительства - г. Пенза
3. Фасад здания ориентирован на юго-запад.
4. Высота этажа  $h_{\text{эт}}$  составляет 2,7 м.
5. Конструкция полов: утепленные, на грунтах, на лагах.

6. Покрытие здания - чердачное с техническим этажом.

7. Коэффициенты теплопередачи наружных ограждений приняты: для стены -  $k_{СТ} = 0,51 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С})$ ; для покрытия  $k_{ПОКР} = 0,27 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С})$ ; для утепленных полов на фундаменте на лагах для отдельных зон  $k_{ПЛ}^I = 0,33 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С})$ ,

$$k_{ПЛ}^{II} = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С}),$$

$$k_{ПЛ}^{III} = 0,09 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С}),$$

$$k_{ПЛ}^{IV} = 0,06 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С});$$

для световых проемов  $k_{ОК} = 2,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С})$ ; для наружных дверей  $k_{ДВ} = 1,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С})$ .

8. Расчетная температура внутреннего воздуха в жилой комнате  $t_B = 18^\circ \text{С}$  (в угловой комнате  $t_B = 20^\circ \text{С}$ ), на кухне  $t_B = 18^\circ \text{С}$ ; на лестничной клетке  $t_B = 16^\circ \text{С}$ ; в коридоре квартиры,  $t_B = 18^\circ \text{С}$

9. Расчетная температура наружного воздуха (холодной пятидневки)  $t_{ХП} = -29^\circ \text{С}$ .

10. Коэффициент, учитывающий положение наружного ограждения по отношению к наружному воздуху,  $n = 1$ .

Порядок расчета

Расчет основных теплопотерь для каждого помещения здания записываем по форме табл.2.2, графы 1-11.

1. Вычерчиваем планы этажей здания с указанием всех размеров (см.рис.2.3). На планах здания все отапливаемые помещения номеруем поэтажно по ходу часовой стрелки, начиная с помещения, расположенного в верхнем левом углу плана здания. Первая цифра соответствует номеру этажа, две последующие - номеру помещения. Например, для первого этажа - 501, 502, 503 и т.д. Лестничные клетки обозначаем большими буквами алфавита А, Б, В и т.д. Данные заносим в графу 1 табл.2.2.

2. В графе 2 записываем температуру внутреннего воздуха: в жилой комнате  $t_B = 18^\circ \text{С}$  (в угловой комнате  $t_B = 20^\circ \text{С}$ ); на лестничной клетке  $t_B = 16^\circ \text{С}$ ; на кухне  $t_B = 18^\circ \text{С}$ .

В графе 3 указываем условное обозначение ограждения: НС - наружная стена; ВС - внутренняя стена; ДО - окно с двойным остеклением; ОО - окно с одинарным остеклением; БД - балконная дверь; Пт - потолок; Пл - пол; ДН - дверь наружная; Пл<sub>I</sub>; Пл<sub>II</sub>; Пл<sub>III</sub>; Пл<sub>IV</sub> - пол по зонам.

4. В графе 4 отмечаем ориентацию каждого вертикального наружного ограждения помещения (НС, ДО) по сторонам света в зависимости от ориентации фасада здания на юго-запад.

5. В графе 5 с учетом правил обмера указываем размеры (а x б) наружных ограждений с точностью до 0,1 м. Например, в помещении 101 размеры наружной стены, ориентированной на Ю-З составляют 4,5x2,96, на Ю-З - 8,4x2,96, размеры окна ориентированного на Ю-З, - 1,8x1,4 и т.д.

Полы, расположенные на грунте, разделяем на зоны; записываем размеры тех зон, которые находятся в данном помещении (см. далее пример 2). В помещении 501 размеры потолка равны 3,8х7,7.

6. В графе 6 указываем площади наружных ограждений с точностью до 0,1 м<sup>2</sup>.

7. В графе 7 записываем расчетную температуру наружного воздуха для г. Пензы, равную расчетной температуре холодной пятидневки  $t_H - t_{ХП} = -29^{\circ}\text{C}$ .

8. В графе 8 проставляем расчетную разность температуры внутреннего и наружного воздуха, равную  $t_B - t_H = 18 - (-29) = 47^{\circ}\text{C}$ , или для угловых комнат  $t_B - t_H = 20 - (-29) = 49^{\circ}\text{C}$ .

9. В графе 9 записываем коэффициенты, уточняющие расчетную разность температуры (для ограждений, соприкасающихся с наружным воздухом  $n=1$ ).

10. В графе 10 указываем коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций стенки, покрытия, полов, наружных дверей, приведенные в исходных данных (коэффициент теплопередачи световых проемов принимается из условия: если при расчете теплотерь из площади стены не вычитается площадь окна, то  $k'_{OK} = k_{OK} - k_{CT}$ , т.е.  $k_{OK}' = 2,4 - 0,51 = 1,89 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ).

11. В графе 11 записываем основные теплотери через каждое наружное ограждение помещения.

### 2.3. Основные потери теплоты через утепленные полы на грунте и лагах.

Передача теплоты из помещения нижнего этажа через конструкцию пола является сложным процессом. Учитывая сравнительно небольшой удельный вес теплотерь через пол в общих теплотерях помещения, применяют упрощенную методику расчета. Теплотери через пол, расположенный на грунте, рассчитывают по зонам. Для этого поверхность пола делят на полосы шириной 2 м, параллельные наружным стенам (см. рис. 3). Полосу, ближайшую к наружной стене, обозначают первой зоной, следующие две полосы второй и третьей, а остальную поверхность пола — четвертой зоной.

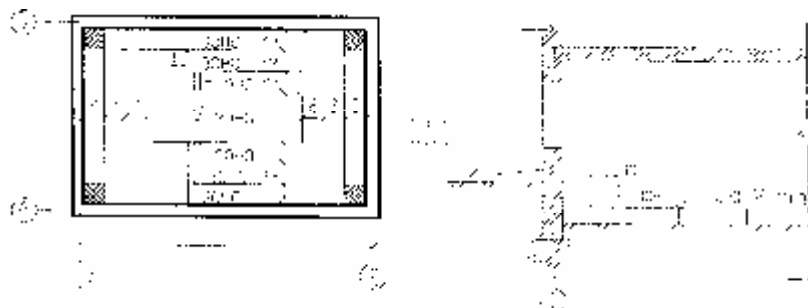


Рис. 2.3. Схема расположения зон

Расчет теплопотерь каждой зоной производят по формуле (2.2), принимая  $n=1,0$ . Коэффициент теплопередачи ограждения определяют как  $k=1/R_{\text{опр}}$ . За величину  $R_{\text{опр}}$  принимают условное сопротивление теплопередаче, которое для каждой зоны неутепленного пола берут равным: для I зоны  $R_{\text{нп}}=2,1$ ; для II зоны  $R_{\text{нп}}=4,3$ ; для III зоны  $R_{\text{нп}}=8,6$ ; для IV зоны  $R_{\text{нп}}=14,2$  °С м<sup>2</sup>/Вт.

Если в конструкции пола, расположенной непосредственно на грунте, имеются слои материалов, теплопроводность которых меньше 1,2, то такой пол называют утепленным. Термические сопротивления утепляющих слоев в каждой зоне прибавляют к сопротивлениям  $R_{\text{нп}}$  так, что условное сопротивление теплопередаче каждой зоны утепленного пола  $R_{\text{уп}}$  оказывается равным

$$R_{\text{уп}} = R_{\text{нп}} + \sum \delta_{\text{ус}} / \lambda_{\text{ус}} \quad (2.3)$$

где  $R_{\text{нп}}$  — сопротивление теплопередаче неутепленного пола соответствующей зоны;  $\delta_{\text{ус}}$  и  $\lambda_{\text{ус}}$  — толщина и теплопроводность утепляющих слоев,

Теплопотери через полы по лагам рассчитываются также по зонам, только условное сопротивление теплопередаче каждой зоны пола по лагам  $R_{\text{л}}$  принимается равным

$$R_{\text{л}}=1,18 R_{\text{уп}}, \quad (2.4)$$

где  $R_{\text{уп}}$  — величина, полученная по формуле (2.3) с учетом утепляющих слоев. Здесь в качестве утепляющих слоев учитывают воздушную прослойку и настил по лагам.

Поверхность пола в первой зоне, примыкающей к наружному углу, имеет повышенные теплопотери, поэтому ее площадь размером 2х2м учитывается при определении общей площади первой зоны дважды.

Подземные части наружных стен рассматриваются при расчете теплопотерь как продолжение пола. Разбивка на полосы — зоны в этом случае делается от уровня земли по поверхности подземной части стен и далее по полу. Условные сопротивления теплопередаче для зон в этом случае принимаются и рассчитываются так же, как для утепленного пола при наличии утепляющих слоев, которыми в данном случае являются слои конструкции стены.

## **Пример 2.2. Расчет основных теплопотерь через утепленные полы, расположенные на грунте на лагах.**

Исходные данные

Определить теплопотери через полы жилой комнаты №101 (см. рис. 2.2). Фрагмент плана с указанием размеров наружных ограждений и отдельных зон полов показан на рис.2.4. Районы строительства, расчетные температуры наружного и внутреннего воздуха, значения коэффициента

теплопередачи отдельных зон утепленных полов на лагах приведены в исходных данных к примеру 1.

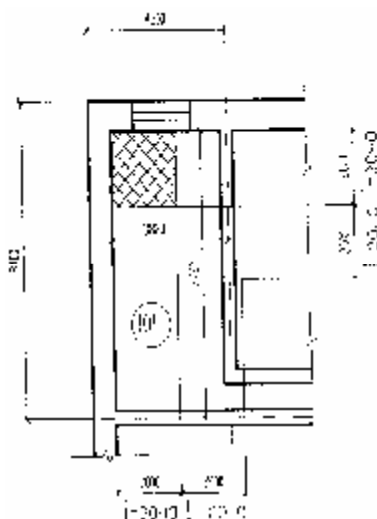


Рис. 4. Расположение зон полов в жилой комнате

#### Порядок расчета

Расчет теплопотерь через полы для каждого помещения здания записываем по форме табл.2.2, графы I-II.

1. Вычерчиваем план первого этажа здания в масштабе 1:100 с указанием всех размеров (см. рис.13) и наносим расположение всех четырех зон (см. рис.14, а).

2. В графе 3 указываем условное обозначение отдельных зон полов ПЛ<sub>I</sub>, ПЛ<sub>II</sub> и т.д. Например, в жилой комнате 101 (рис.15) размещаются только первая и часть второй зоны.

3. В графе 5 записываем размеры каждой зоны, расположенной в данном помещении. Например, размеры первой зоны составляют 2,0х7,72 и 2,0х3,82, а второй зоны - 1,82х5,72. Расчеты производятся с точностью до 0,1 м.

4. В графе 6 указываем площади каждой зоны с точностью до 0,1 м<sup>2</sup>.

5. В графе 10 записываем значения коэффициента теплопередачи для каждой зоны. Например,  $k_{пл\ I} = 0,33 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})$ ;  $k_{пл\ II} = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})$ .

#### 2.4. Добавочные теплопотери через ограждения.

Основные теплопотери через ограждения, подсчитанные по формуле (2), часто оказываются меньше действительных теплопотерь, так как при этом не учитывается влияние на процесс некоторых факторов. Потери теплоты могут заметно изменяться под влиянием инфильтрации и эксфильтрации воздуха через толщу ограждений и щели в них, а также под действием облучения солнцем и «отрицательного» излучения внешней поверхности ограждений в сторону небосвода. Теплопотери помещения в целом могут возрасти за счет изменения температуры по высоте, врывания холодного воздуха через открываемые проемы и пр.



Эти дополнительные потери теплоты обычно учитывают добавками к основным теплопотерям. Величина добавок и условное их деление по определяющим факторам следующие:

1) добавка на ориентацию по сторонам горизонта делается на все наружные вертикальные (проекции на вертикаль) и наклонные ограждения. Величины добавок берутся в соответствии со схемой на рис. 5; для общественных, административно-бытовых и производственных зданий при наличии двух наружных стен и более добавки на ориентацию по сторонам горизонта увеличиваются на 0,05 на каждую стену, дверь и окно, если одно из ограждений обращено на север, восток, северо-восток и северо-запад и 0,1 - в других случаях; в угловых помещениях жилых зданий повышают расчетную температуру внутреннего воздуха на 2 °С.

В типовых проектах эти добавки принимаются в размере 0,08 при одной наружной стене в помещении и 0,13 при двух и более стенах в помещении (кроме жилых зданий);

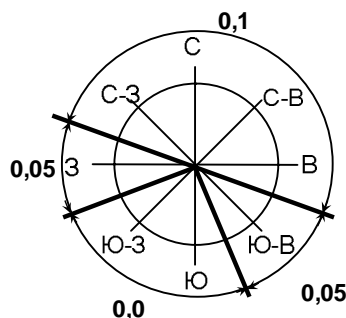


Рис. 5. Схема распределения добавок в долях единицы к основным теплопотерям на ориентацию наружных ограждений по сторонам горизонта

### Пример 2.3. Расчет дополнительных теплопотерь на ориентацию

Исходные данные

1. Определить дополнительные теплопотери на ориентацию через вертикальные наружные ограждения жилой комнаты номер 101 (см. рис.2).
2. Фасад здания ориентирован на юго-запад.

Порядок расчета

Расчет дополнительных теплопотерь на ориентацию отдельных вертикальных ограждений для каждого помещения здания записываем по форме табл.22 (графы 4 и 12).

1. В графе 4 записываем ориентацию каждого вертикального наружного ограждения помещения №101 по сторонам света с учетом ориентации фасада на Ю-З. Например, одна наружная стена НС ориентирована на Ю-З, другая НС - на Ю-В и световой проем ДО - на Ю-З.

2. Определяем значение коэффициента добавок на ориентацию (см. рис. 5). Например, для ориентации стены и окна на Ю-З  $\beta_{ор} = 0$ , для ориентации стены на Ю-В  $\beta_{ор} = 0,05$ .

3. В графе 12 записываем величину дополнительных теплопотерь для каждого вертикального ограждения. Например, для ориентации стены на Ю-В величина  $Q_{\text{дор}} = 1135 \times 0,05 = 56 \text{ Вт}$ .

2) для горизонтально расположенных ограждений добавка в размере 0,05 вводится только для необогреваемых полов первого этажа над холодными подпольями зданий в местностях с расчетной температурой наружного воздуха (пятидневки) минус  $40^\circ\text{C}$  и ниже;

3) добавка на врывание холодного воздуха через наружные двери (не оборудованные воздушными завесами) при их кратковременном открывании при высоте здания  $H$ , м.

Для тройных дверей с двумя тамбурами добавка принимается в размере  $\beta_{\text{нд}} = 0,2 H$ , для двойных дверей с тамбурами —  $0,27 H$ , для двойных дверей без тамбура —  $0,34 H$ , для одинарных дверей —  $0,22 H$ . Для наружных ворот при отсутствии тамбура и воздушно-тепловых завес надбавка равна 3, при наличии тамбура — 1.

В общественных зданиях частое открывание дверей также иногда рекомендуется учитывать введением дополнительных добавок в размере  $\beta_{\text{ор}} = 4-5$ ;

#### **Пример 2.4. Расчет дополнительных теплопотерь на открывание наружных дверей**

Исходные данные

1. Вычислить дополнительные теплопотери на нагревание холодного воздуха, врывающегося при открывании наружных дверей лестничной клетки Б пятиэтажного жилого дома (см. рис. 2). ;

2. Высота здания  $H = 13,6 \text{ м}$ .

3. Конструкция входных дверей лестничной клетки: двойные двери с тамбуром.

Порядок расчета

Расчет дополнительных теплопотерь на открывание дверей лестничной клетки записываемое форме табл.1.2, графа 14.

В графу 14 записываем величину добавочных теплопотерь на открывание наружных дверей лестничной клетки. Например, для наружной двери значение  $Q_{\text{днд}} = 208 (0,27 \times 13,6) = 764 \text{ Вт}$ .

Добавки на высоту для помещений высотой более 4 м равны 0.02 на каждый метр высоты стен сверх 4 м, но не более 0.15. Эта надбавка учитывает увеличение теплопотерь в верхней части помещения, так как температура воздуха возрастает с высотой. В СНиП 2.04.05-86 эта категория добавок отсутствует. В высоких помещениях делают специальный расчет распределения температуры по высоте, в соответствии с которым определяют теплопотери через стены и покрытия. Для лестничных клеток добавка на высоту не принимается.

## **2.5. Дополнительные бытовые теплопоступления в помещения**

При расчете тепловой мощности систем отопления необходимо учитывать регулярные бытовые теплопоступления в помещения от электрических приборов, освещения, технологического оборудования, коммуникаций, материалов, тела человека и других источников. При этом значения бытовых тепловыделений, поступающих в комнаты и кухни жилых домов, следует принимать в количестве 10 Вт на 1 м<sup>2</sup> площади пола.

Расчет добавочных бытовых теплопоступлений записывают по форме табл.2.4.

### **Пример 2.5.**

#### **Расчет дополнительных бытовых теплопоступлений в помещение.**

Исходные данные

1. Вычислить дополнительные бытовые теплопоступления в жилую комнату номер 101 (см.рис. 2).
2. Площадь пола жилой комнаты  $A_{\text{п}} = 29,5 \text{ м}^2$ .

Порядок расчета

Расчет дополнительных бытовых теплопоступлений для каждого помещения здания записываем по форме табл.2.3, графа 19.

В графе 1 записываем величину добавочных бытовых теплопоступлений для всех помещений здания. Например  $10 \times 29,5 = 300 \text{ Вт}$ .

## **2.6. Добавочные потери теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха.**

1. Расход теплоты  $Q_i$ , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха следует определять по формуле

$$Q_i = 0,28 \sum G_i c(t_p - t_i)k, \quad (2.5)$$

где  $G_i$  - расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции помещения;  $c$  - удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);  $t_p$ ,  $t_i$  - расчетные температуры воздуха, °С, соответственно в помещении (средняя с учетом повышения для помещений высотой более 4 м) и наружного воздуха в холодный период года (параметры Б);  $k$  - коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами, 0,8 - для окон и балконных дверей с раздельными переплетами и 1,0 - для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов.

Расход инфильтрующегося воздуха в помещении  $G_i$ , кг/ч, через неплотности наружных ограждений следует определять по формуле

$$G_i = 0,216 \sum A_1 \Delta p_i^{0,67} / R_u + \sum A_2 G_H (\Delta p_i / \Delta p_1)^{0,67} + 3456 \sum A_3 \Delta p_i^{0,5} + 0,5 \sum l \Delta p_i / \Delta p_1,$$

где  $A_1$ ,  $A_2$  - площади наружных ограждающих конструкций,  $\text{м}^2$ , соответственно световых проемов (окон, балконных дверей, фонарей) и других ограждений;  $A_3$  - площадь щелей, неплотностей и проемов в наружных ограждающих конструкциях;  $\Delta p_i$ ,  $\Delta p_1$  - расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций соответственно на расчетном этаже при  $\Delta p_1 = 10$  Па;  $R_u$  - сопротивление воздухопроницанию,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$ ;  $G_H$  - нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций,  $\text{кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ;  $l$  - длина стыков стеновых панелей, м.

Расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях каждой ограждающей конструкции  $\Delta p_i$ , Па, принимается после определения условно-постоянного давления воздуха в здании  $p_{\text{int}}$ , Па (отождествляется с давлениями на внутренних поверхностях наружных ограждающих конструкций), на основе равенства расхода воздуха, поступающего в здание  $\Sigma G_i$ ,  $\text{кг} / \text{ч}$ , и удаляемого из него  $\Sigma G_{\text{ext}}$ ,  $\text{кг} / \text{ч}$ , за счет теплового и ветрового давлений и дисбаланса расходов между подаваемым и удаляемым воздухом системами вентиляции с искусственным побуждением и расходуемого на технологические нужды.

Расчетная разность давлений  $\Delta p_i$ , определяется по формуле

$$\Delta p_i = (H - h_i) (\gamma_i - \gamma_p) + 0,5 \rho_i v^2 (c_{e,n} - c_{e,p}) k_l - p_{\text{int}}, \quad (2.6)$$

где  $H$  - высота здания, м, от уровня средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахты;  $h_i$  - расчетная высота, м, от уровня земли до верха окон, балконных дверей, дверей, ворот, проемов или до оси горизонтальных и середины вертикальных стыков стеновых панелей;  $\gamma_i$ ,  $\gamma_p$  - удельный вес,  $\text{Н} / \text{м}$ , соответственно наружного воздуха и воздуха в помещении, определяемый по формуле

$$\gamma = \frac{3463}{(273 + t)}; \quad (2.7)$$

$\rho_i$  - плотность наружного воздуха,  $\text{кг} / \text{м}^3$ ;  $v$  - скорость ветра,  $\text{м} / \text{с}$ , принимаемая по обязательному приложению 8 и в соответствии с п.3.2 СНиП 2.04.05-91\*;  $c_{e,n}$ ,  $c_{e,p}$  - аэродинамические коэффициенты соответственно для наветренной и подветренной поверхностей ограждений здания ( $c_{e,n} = 0,8$ ,  $c_{e,p} = -0,6$ );  $k_l$  - коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания, принимаемый по табл. ....;  $p_{\text{int}}$  - условно-постоянное давление воздуха в здании, Па.

Расход теплоты  $Q_i$ , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, следует принимать равным большей из величин, полученных по расчету по формулам (2.5) и (2.8):

$$Q_i = 0,28 L_n \rho c(t_p - t_i)k, \quad (2.8)$$

где  $L_n$  - расход удаляемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом; для жилых зданий - удельный нормативный расход 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> жилых помещений;  $\rho$  - плотность воздуха в помещении, кг/м<sup>3</sup>.

Таблица 2.1.

Коэффициент учета изменения скоростного давления ветра по высоте

Высота здания над поверхностью земли	Коэффициент $k_1$ для разных типов местности		
	побережье морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундры	городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой до 10 м	городские районы с застройкой зданиями до 25м
<5	0,75	0,50	0,40
10	1,00	0,65	0,40
20	1,25	0,85	0,55
40	1,50	1,10	0,80
60	1,70	1,30	1,00
80	1,85	1,45	1,15
100	2,00	1,60	1,25
150	2,25	1,90	1,55
200	2,45	2,10	1,80
250	2,65	2,30	2,00
300	2,75	2,50	2,20
350	2,75	2,75	2,35
>480	2,75	2,75	2,75

Примечания: 1. Максимальный расход теплоты на нагревание наружного воздуха следует учитывать для каждого помещения при наиболее неблагоприятном для него направлении ветра. При расчете тепловой нагрузки здания с автоматическим регулированием расход теплоты на инфильтрацию следует принимать при наиболее неблагоприятном направлении ветра для всего здания.

2. Инфильтрацию воздуха в помещении через стыки стеновых панелей следует учитывать только для жилых зданий.

Таблица 2.2.

## Основные и добавочные потери теплоты.

Основные и добавочные потери теплоты:														
Номер помещения	Наименование помещения	Температура внутреннего воздуха	Ограждение					$(t_a - t_u)/n$	Потери теплоты			Множитель добавок	Суммарные потери теплоты	Примечания
			обозначение	ориентация	Размеры, м	Площадь, м <sup>2</sup>	Коэф-т теплопередачи K, Вт/м <sup>2</sup> ·°С		Основные, Q, Вт	Добавочные				
										на ориентацию	Другие			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Таблица 2.3.

## Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха.

№ помещения	Тем-ра внут-го воздуха	Разность температур	0,28 $c \cdot k$	Удельный расход воздуха	Площадь окон	$Q_i$ , Вт
1	2	3	4	5	6	7

Таблица 2.4

## Тепловой баланс помещений.

Номер пом-я	$Q_b$ , Вт	$Q_v$ , Вт	$Q_i$ , Вт	$Q_u$ , Вт	$Q_{np}$ , Вт
1	2	3	4	5	6

## 2.7. Задачи и упражнения.

1. Определить основные теплопотери для объекта расположенного в городе N (назначение и № объекта см. прил. 1, номер задания соответствует номеру в списке группы).

2. Определить добавочные теплопотери для объекта расположенного в городе N (назначение и № объекта см. прил. 1, номер задания соответствует номеру в списке группы).

3. Определить тепловую мощность системы отопления для объекта расположенного в городе N (назначение и № объекта см. прил. 1, номер задания соответствует номеру в списке группы).

### 3. РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

#### 3.1. Расчет поступлений теплоты в помещения

##### 3.1.1. Теплопоступления от людей

От людей в помещения поступает явная теплота (за счет лучисто-конвективного теплообмена с воздухом и поверхностями помещения) и скрытая теплота (выделяемая с влагой выдыхаемого воздуха и за счет испарений с поверхности кожи). Полная теплота равна сумме явной и скрытой теплоты. Теплопоступления от людей определяются теплопродукцией, зависящей от тяжести выполняемой работы; температурой и влажностью окружающего воздуха, его подвижностью; теплоизолирующими свойствами одежды и ее паропроницаемостью; особенностями терморегуляции самого человека. Теплопродукция человека и его способность к терморегуляции зависят от пола и возраста.

$$Q_{\text{пол}} = Q_{\text{яв}} + Q_{\text{ск}}; \quad (3.1)$$

$$Q_{\text{яв}} = 3,6 \cdot q_{\text{яв}} \cdot n; \quad Q_{\text{пол}} = 3,6 \cdot q_{\text{пол}} \cdot n,$$

где  $Q_{\text{пол}}$ ,  $Q_{\text{яв}}$ ,  $Q_{\text{ск}}$  – тепловыделения от людей соответственно полные, явные, скрытые  $\text{кДж} / \text{ч}$ ;

$q_{\text{пол}}$ ,  $q_{\text{яв}}$  – тепловыделения одним человеком (соответственно полные и явные), принимаемые в зависимости от интенсивности физической нагрузки у людей и температуры в помещении,  $\text{Вт}$ , принимаются по [2] или по **табл. 3.1**;

$n$  – количество людей в помещении, чел.

В **табл. 3.1** приведены данные о тепловыделениях взрослого мужчины в легкой одежде при различных температурах воздуха в помещении и различных видах деятельности. Теплопоступления от женщин считаются равными 85% от величины, указанной в **табл. 3.1**, от детей до 10 лет — 75%. Теплопоступления от людей в верхней одежде следует вводить в расчет с коэффициентом 0,75.

Следует суммировать теплопоступления от людей, занятых трудовой деятельностью различных категорий и находящихся в одном помещении. Например, для определения избытков явного тепла  $Q_{\text{люды}}$ ,  $\text{Вт}$ :

$$Q_{\text{люды}} = q_{\text{я. пок}} \cdot n_{\text{пок}} + q_{\text{я. л}} \cdot n_{\text{л}} + q_{\text{я. ср}} \cdot n_{\text{ср}}. \quad (3.2)$$

где:  $q_{\text{я. пок}}$ ,  $q_{\text{я. л}}$ ,  $q_{\text{я. ср}}$  — количество явной теплоты, выделяемой человеком соответственно в покое, при легкой работе и при работе средней тяжести,  $\text{Вт} / (\text{ч} \cdot \text{чел})$  по **табл. 3.1**;

$n_{\text{пок}}$ ,  $n_{\text{л}}$ ,  $n_{\text{ср}}$  — число людей, соответственно находящихся в покое, занятых легкой работой и работой средней тяжести.

Таблица 3.1.

Количества тепла  $q$ , Вт, влаги  $W$ , г/ч, и диоксида углерода  $\text{CO}_2$ , г/ч, выделяемых человеком

Показатели	Значения параметров при температуре воздуха в помещении. °С					
	10	15	20	25	30	35
<b>В состоянии покоя</b> (в театрах, клубах, залах собраний)						
Теплота: явная	140	120	90	60	40	10
полная	165	145	120	95	95	95
Влага	30	30	40	50	75	115
Двуокись углерода	23	23	23	23	23	23
<b>При легкой работе</b> (учреждения, вузы, персонал поликлиник, покупатели магазинов, посетители кафе швейное производство, приборостроение. машиностроение, полиграфическая промышленность и др.)						
Теплота: явная	150	120	100	65	40	5
полная	180	160	150	145	145	145
Влага	40	55	75	115	150	200
Двуокись углерода	25	25	25	25	25	25
<b>При работе средней тяжести</b> (стоячая работа персонала магазинов, кафе, столовых, мастерских, ткацко-прядельное производство, механо-сборочные, деревообрабатывающие, сварочные цехи)						
Теплота: явная	165	135	105	70	40	5
полная	215	210	205	200	200	200
Влага	70	110	140	185	230	280
Двуокись углерода	35	35	35	35	35	35
<b>При тяжелой работе</b> (кузнечные, литейные, термические, мартеновские, прокатные цехи)						
Теплота: явная	200	165	130	95	50	10
полная	290	290	290	290	290	290
Влага	135	185	240	295	355	415
Двуокись углерода	45	45	45	45	45	45

**Пример 3.1.** Требуется определить явные, полные и скрытые тепловыделения от людей в зрительном зале с числом посадочных мест 600 при температуре внутреннего воздуха 23 °С.

*Решение.* По табл. 2.1 путем интерполирования определяем, что в состоянии покоя 1 чел. при температуре 23 °С выделяет 72 Вт явного тепла и 105 Вт полного тепла. Отсюда явные тепловыделения от 1 чел. составят:  $Q_{\text{яв}} = 3,6 \cdot q_{\text{яв}} = 3,6 \cdot 72 = 259,2$  кДж/ч, а полные -  $Q_{\text{пол}} = 3,6 \cdot q_{\text{пол}} = 3,6 \cdot 105 = 378$  кДж/ч. Следовательно, явные тепловыделения от 600 чел. составляют 155520 кДж/ч, а полные 226800 кДж/ч. Таким образом, скрытые тепловыделения от 600 чел. составляют  $Q_{\text{ск}} = Q_{\text{пол}} - Q_{\text{яв}} = 226800 - 155520 = 71280$  кДж/ч.



### 3.1.2. Тепловыделения от источников искусственного освещения

Принято считать, что вся энергия, затрачиваемая на освещение, переходит в теплоту, нагревающую воздух помещения; при этом пренебрегают частью энергии, нагревающей конструкции здания и уходящей через них.

Количество тепла, выделяемое источниками искусственного освещения, определяют по электрической мощности светильников. В тех случаях, когда мощность светильников известна, тепловыделения от источников света  $Q_{\text{осв}}$ , кДж/ч, можно определить по формуле:

$$Q_{\text{осв}} = 3,6 \cdot N_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}}, \quad (3.3)$$

если мощность светильников не известна,

$$Q_{\text{осв}} = 3,6 \cdot F \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}}, \quad (3.4)$$

где  $N_{\text{осв}}$  – установленная мощность освещения, Вт;

$F$  – площадь пола помещения, м<sup>2</sup>;

$q_{\text{осв}}$  – максимально допустимая удельная установленная мощность освещения, Вт/м<sup>2</sup>. Определяется по [14] или **табл.3.2**;

$\eta_{\text{осв}}$  – доля тепла, поступающая от светильника в различные зоны помещения, определяется по [14] или **табл. 3.3**.

Если в помещении предусматривается подача приточного воздуха, не возмущающая верхнюю зону помещения, из которой осуществляется вытяжка, то  $\eta_{\text{осв}}$  можно определить по графе 3 **табл.3.3**. В противном случае следует считать все тепло поступающим в помещение ( $\eta_{\text{осв}}$  определяется по графе 2 **табл. 3.3**). Если светильник расположен в пределах вентилируемого подшивного потолка или чердака,  $\eta_{\text{осв}}$  определяется по графе 4 **табл. 3.3** вне зависимости от схемы подачи и удаления воздуха из помещения. При установке вентилируемых плафонов, через которые осуществляется вытяжка,  $\eta_{\text{осв}}$  определяется по графе 5 **табл. 3.3**.

Если осветительная арматура и лампы находятся вне пределов помещения (чердачные помещения бесфонарного здания, остекленные стены и т.д.), то доля тепла, поступающего в помещение  $\eta_{\text{осв}}$ , составляет 0,5 при люминесцентных лампах и 0,2 при лампах накаливания.

Тепловыделения от источников освещения рабочих мест учитывают независимо от периода года и времени суток, а от источников общего освещения – с учетом времени суток и архитектурно-планировочных решений.

Таблица 3.2

Максимальная удельная установленная мощность освещения  $q_{\text{осв}}$ , Вт/м<sup>2</sup>

Наименование помещения	$q_{\text{осв}}$ , Вт/м <sup>2</sup>
1	2
Кабинеты и рабочие комнаты, офисы, машинописные бюро	25
Проектные комнаты и залы, конструкторские и чертежные бюро	35
Помещения для ксерокопирования, электрофотографирования и т.п.	25
Помещения для работы с дисплеями, видеотерминалами, мониторами, серверные, помещения межбанковских электронных расчетов, помещения для электронной почты	25
Читальные залы	25
Операционные и кассовые залы банковских и страховых учреждений	35
Помещения отдела инкассаций	20
Классные комнаты, аудитории, учебные кабинеты, лаборатории, лаборантские, кабинеты информатики и вычислительной техники различных образовательных учреждений	25
Групповые, игральные, столовые, комнаты для музыкальных и гимнастических занятий детских дошкольных учреждений	25
Обеденные залы столовых, закусочных, кафетериев, буфетов, ресторанов 2-й категории	14
Обеденные залы ресторанов 1-й категории	20
Помещения приготовления пищи, резки хлеба, моечные	25
Залы парикмахерских	25
Залы заседаний, спортивные залы, фойе театров	25
Палаты и спальные комнаты санатория	12
Номера гостиниц	12
Крытые бассейны, фойе клубов и кинотеатров	20
Мастерские по ремонту часов, ювелирных изделий, радиоаппаратуры, бытовых машин и приборов, пошивочные, обувные:	
• общее освещение	20
• на рабочем месте	52
Залы обслуживания посетителей аптек	14
Репетиционные залы досуговых и любительских клубов	11
Зрительные залы клубов	12
Торговые залы магазинов:	
• супермаркетов	35
• продовольственных	25
• промтоварных	20
• хозяйственных	14
Помещения хранения автомобилей	10

**Примечания:**

1. В теплый период года тепло от искусственного освещения, как правило, не учитывают. Исключение составляет помещение, не имеющее окон, помещения торговых залов магазинов, помещения многопролетных зданий при отсутствии верхнего естественного света и помещения, режим работы, которых вечерний или ночной.

2. Частичный учет тепла от искусственного освещения в теплый период года с коэффициентом 0,3-0,5 возможен в помещениях обеденных и актовых залах, в фойе и других подобных помещениях, в которых часть светильников работает днем

Таблица 3.3.

Доли тепла,  $\eta_{\text{осв}}$ , излучаемого источником света, поступающие в рабочую (числитель) и верхнюю (знаменатель) зоны помещения

Тип источника освещения	Способ установки светильника			
	у потолка	> 0,5 м от потолка	за подшивным потолком	вентилируемый светильник
1	2	3	4	5
Лампы накаливания	1/0	0,9/0,1	0,85/0,15 <sup>1</sup>	0,8/0,2
Люминесцентные лампы	1/0	0,7/0,3	0,6/0,4 <sup>1</sup>	0,5/0,5

<sup>1</sup> В знаменателе указана доля тепла, поступающая в пространство подшивного потолка

**Пример 3.2.** Требуется определить тепловыделения от источников общего освещения люминесцентными лампами диффузного рассеянного света в торговом зале магазина промышленных товаров площадью 200 м<sup>2</sup>. Светильники находятся вне помещения.

*Решение.* По табл. 2.2 принимаем Максимальную удельную установленную мощность освещения  $q_{\text{осв}} = 20$  Вт/м<sup>2</sup>. Доля тепловой энергии, попадающей в помещение,  $\eta_{\text{осв}} = 0,5$ . Тогда тепловыделения в помещении, определяемые по формуле (2.6), будут равны

$$Q_{\text{осв}} = 3,6 \cdot 200 \cdot 20 \cdot 0,6 = 8640 \text{ кДж/ч.}$$

### 3.1.3. Теплопоступления от солнечной радиации

Теплопоступления от солнечной радиации, через световые проемы и через покрытия учитываются в тепловом балансе для теплого периода года, для наиболее жаркого месяца года и расчетного времени суток.

Расчетным часом суток для выбора воздухообмена является час, когда ожидаются самые большие теплоизбытки в помещении, т.е. когда наиболее суммарные теплопоступления от солнечной радиации и прочих источников теплопоступлений. Час максимальных тепловыделений по технологическим условиям указывается в задании на разработку проекта.

#### А. Теплопоступления от солнечной радиации через световые проемы

Максимальные теплопоступления от солнечной радиации через окна, фонари, витражи, остекленные части балконных и входных дверей в здание  $Q_{\text{ср}}$ , кДж/ч, происходят в периоды максимального солнечного облучения наружной поверхности соответствующего ограждения. Эти поступления теплоты складываются из тепла солнечной радиации, непо-

средственно прошедшей через остекленную часть конструкции ограждения  $Q_{n,p}$ , и из теплового потока за счет теплопередачи через заполнение  $Q_{mn}$

При проектировании вентиляции, в том числе и с (адиабатическим) охлаждением приточного воздуха, поступление тепла в помещение за счет солнечной радиации и разности температур наружного и внутреннего воздуха, через световые проемы  $Q_{c,p}$ , кДж/ч, следует определить по формуле:

$$Q_{c,p} = Q_{n,p} + Q_{mn}, \quad (3.5)$$

Первое слагаемое этой суммы находим по формуле

$$Q_{n,p} = 3.6 \cdot (q_n \cdot K_{инс} + q_p \cdot K_{обл}) \cdot A_{ок} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3, \quad (3.6)$$

где  $q_n$ ,  $q_p$  — максимальная интенсивность прямой и рассеянной солнечной радиации, падающей на светопроем, Вт/м<sup>2</sup>. В зависимости от географической широты района строительства и ориентации ограждения определяется по [14] или **табл. 3.4**;

$A_{ок}$  — площадь светопроема, м<sup>2</sup>;

$\beta_1$  — коэффициент теплопропускания окон с учетом затенения непрозрачной частью (переплетами) заполнения светопроема, определяется по [14] или **табл. 3.5**;

$\beta_2$  — коэффициент теплопропускания прозрачной частью заполнения светопроема, определяется по [14] или **табл. 3.6**;

$\beta_3$  — коэффициент теплопропускания нестационарными солнцезащитными устройствами, определяется по [14] или **табл. 3.7**;

$K_{обл}$  — коэффициент облучения поверхности светопроема рассеянной радиацией  $K_{обл} = 0,85$ .

$K_{инс}$  — коэффициент инсоляции, учитывающий долю прошедшего потока падающей на вертикальный световой проем прямой солнечной радиации после затенения наружными козырьками или вертикальными ребрами. При отсутствии козырьков о вертикальных ребер  $K_{инс} = 1$

Таблица 3.4.

Максимальная солнечная радиация (прямая  $q_n$ / рассеянная  $q_p$ )  
на горизонтальную и различно ориентированные вертикальные  
поверхности при безоблачном небе в июле, Вт/м<sup>2</sup>

Географическая широта, град.с.ш	Горизонтальная поверхность	Ориентация по сторонам света вертикальной поверхности				
		южная	юго- восточная и юго- западная	восточная и западная	северо- восточная и северо- западная	северная
40	778/140	257/110	425/146	561/179	428/154	104/95
44	761/133	314/114	467/148	579/177	424/149	125/80
48	733/133	370/120	497/151	590/175	437/133	141/75
52	719/133	424/123	521/154	607/174	449/131	155/73
56	691/126	479/124	551/145	621/165	460/125	159/71
60	663/105	534/123	579/137	632/149	469/116	165/68
64	628/91	582/121	622/135	655/145	490/101	170/65
68	607/91	637/121	663/134	669/143	541/106	186/60

Таблица 3.5.

Коэффициенты теплопропускания окна  $\beta_1$  с учетом затенения  
непрозрачной частью заполнения светопроема

№ п/п	Конструкция переплета	$\beta_1$	
		для деревян- ного и ПВХ переплета	для метал- лического переплета
1	Одинарный переплет	0,8	0,9
2	Однокамерный стеклопакет	0,8	0,9
3	Двухкамерный стеклопакет	0,78	0,85
4	Спаренный переплет	0,75	—
5	Однокамерный стеклопакет и раздельный переплет	0,75	—
6	Двухкамерный стеклопакет и раздельный переплет	0,73	—
7	Раздельный переплет двойного остекления	0,65	0,8
8	Раздельно-спаренный переплет	0,5	0,7
9	Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,7	—
10	Два однокамерных стеклопакета в раздельных переплетах	0,6	—
11	Два спаренных переплета в раздельных переплетах	0,5	—

Таблица 3.6.

Коэффициент теплопропускания  $\beta_2$  прозрачной частью  
заполнения светопроема

№ п/п	Заполнение проема*	$\beta_2$
1	Одинарное остекление из обыкновенного стекла:	
	толщиной 2,5 – 3,5 мм	0,95
	толщиной 4 – 6 мм	0,9
	толщиной 8 – 12 мм	0,855
	из стекла толщиной 2,5 – 3,5 мм с твердым или мягким селективным покрытием	
2	Двойное остекление из обыкновенного стекла:	
	толщиной 2,5 – 3,5 мм	0,85
	толщиной 4 – 6 мм	0,76
	из стекла толщиной 2,5 – 3,5 мм с твердым или мягким селективным покрытием	0,57
	из органического стекла для зенитных фонарей	0,9
3	Тройное остекление из обыкновенного стекла:	
	толщиной 2,5 – 3,5 мм	0,76
	толщиной 4 – 6 мм	0,66
	из стекла толщиной 2,5 – 3,5 мм с твердым или мягким селективным покрытием	0,51
	из органического стекла для зенитных фонарей	0,83
4	Четверное остекление из обыкновенного стекла:	
	толщиной 2,5 – 3,5 мм	0,72
	из стекла толщиной 2,5 – 3,5 мм с твердым или мягким селективным покрытием	0,48
5	Профильное стекло коробчатого сечения	0,75
6	Блоки стеклянные пустотные с шириной швов 6 мм:	
	размером 194×194×98	0,65
	244×244×98	0,7

\*Заполнение стеклопакета аргоном не влияет на его лучепропускающую способность

Таблица 3.7.

Коэффициент теплопропускания  $\beta_3$  солнцезащитными устройствами

Солнцезащитные устройства	$\beta_3$
<i>А. Наружные:</i>	
штора или маркиза из светлой ткани	0,15
штора или маркиза из темной ткани	0,20
ставни-жалюзи с деревянными пластинами	0,10/0,15
шторы-жалюзи с металлическими пластинами	0,15/0,20
<i>Б. Межстекольные непроветриваемые:</i>	
шторы-жалюзи с металлическими пластинами	0,30/0,35
штора из светлой ткани	0,25
штора из темной ткани	0,40
<i>В. Внутренние:</i>	
шторы-жалюзи с металлическими пластинами	0,60/0,70
штора из светлой ткани	0,40
штора из темной ткани	0,80

**Примечания:** 1. Коэффициенты теплопропускания даны дробью: в числителе – для жалюзи с пластинами под углом  $45^\circ$ , в знаменателе – для жалюзи с пластинами под углом  $90^\circ$  к плоскости проема.  
 2. Коэффициенты теплопропускания межстекольными проветриваемыми солнцезащитными устройствами в два раза ниже приведенных коэффициентов для межстекольных непроветриваемых устройств.

Теплопоступления через заполнения светопроемов за счет теплопередачи в результате разности температур и нагрева стекол солнцем определяется только в том случае, если температура воздуха в помещении ниже наружной. В курсовом проекте температура воздуха в расчетных помещениях принимается выше наружной, поэтому расчет второго слагаемого в формуле (3.7) не требуется.

**Пример 3.3.** Определить теплопоступление солнечной радиации через четыре окна в помещении, расположенное на  $56^\circ$  с.ш., заполнение световых проемов ориентировано на ЮЗ. Остекление окон одинарное в металлических переплетах, толщина стекла  $\delta = 2,5$  мм. Размеры окон: высота 1,8 м, ширина 2 м.

Решение. Теплопоступление солнечной радиации, непосредственно прошедшей через остекленную часть конструкции  $Q_{n,p}$  определяется по формуле (2.8):

$$Q_{n,p} = 3,6 \cdot (q_n \cdot K_{инс} + q_p \cdot K_{обл}) \cdot A_{ок} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 = 3,6 \cdot (551 \cdot 1 + 145 \cdot 0,85) \cdot 3,6 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 1 = 7471 \text{ Кдж/ч.}$$

Здесь  $q_n = 551 \text{ Вт/м}^2$  и  $q_p = 145 \text{ Вт/м}^2$  определены по **табл. 3.4** при географической широте района строительства  $56^\circ$  с.ш. и юго-западной ориентации.

$$A_{ок} = 1,8 \cdot 2 = 3,6 \text{ м}^2;$$

$\beta_1 = 0,9$  по **табл. 3.5** для одинарного переплета;

$\beta_2 = 0,95$  по **табл. 3.6** для одинарного остекления из обычного стекла толщиной 2,5-3,5 мм;

$\beta_3 = 1$ , так как никаких нестационарных солнцезащитных устройств не предусмотрено.

### Б. Теплопоступление через покрытие

Поступление тепла в помещение в теплый период года, через совмещенные покрытия зданий и сооружений для любого расчетного часа суток  $Q_{т.н}$ , кДж/ч, определяется по формуле:

$$Q_{т.н} = 3,6 \cdot (t_{ycl} - t_v) \cdot A_{огр} \cdot K = 3,6 \cdot \left[ t_n + \frac{(q_n + q_p) \cdot P}{\alpha_n} - t_y \right] \cdot A_{огр} \cdot K, \quad (3.7)$$

где  $t_n$  — расчетная температура наружного воздуха, °С;

$q_n, q_p$  — максимальная интенсивность прямой и рассеянной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность, Вт/м<sup>2</sup>. В зависимости от географической широты района строительства определяется по **табл. 3.4**;

$A_{огр}$  — площадь покрытия, м<sup>2</sup>;

$P$  — коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхностью покрытия: для асфальтового покрытия  $P = 0,9$ ; для рубероида с алюминиевой покраской  $P = 0,5$ ; с серой песчаной посыпкой  $P = 0,9$ ; с красной песчаной посыпкой  $P = 0,95$ ; для толи  $P = 0,85$ ; для шифера серебристо-серого  $P = 0,75$ ;

$t_y$  — расчетная температура удаляемого воздуха под перекрытием, °С;

$K$  — коэффициент теплопередачи покрытия,  $K = 1/R_o$ , Вт/(м<sup>2</sup> · °С);

$\alpha_n$  — коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью покрытия, Вт/м<sup>2</sup>, определяется по формуле:

$$\alpha_n = 1,16 \cdot (5 + 10 \cdot \sqrt{g}), \quad (3.8)$$

где  $g$  — расчетная скорость ветра, м/с, для теплого периода, принимается по [6];

$R_o$  — сопротивление теплопередачи заполнения светопроема, (м<sup>2</sup>·°С/Вт), определяемое теплотехническим расчетом или принимается не менее нормируемых значений сопротивления теплопередачи заполнения светопроема  $R_{норм}$ :

$R_{норм}$  — определяется в зависимости от градусо-суток отопительного периода района строительства (табл. 4 [4]).

Градусо-сутки отопительного периода, ГСОП, определяют по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_v - t_{ср.от.п}) \cdot Z_{от}, \quad (3.9)$$

где  $t_v$  — расчетная температура воздуха в помещении, °С;

$t_{ср.от.п}$  — средняя температура отопительного периода, °С, принимается по [6];

$Z_{от}$  — продолжительность отопительного периода в сутках, принимается по [6].



Тогда  $R_{\text{норм}}$  определяется по формулам:

для жилых, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, интернатов, гостиниц и общежитий

$$R_{\text{норм}} = 2,2 + 0,0005 \times \text{ГСОП}. \quad (3.10)$$

для общественных, кроме указанных выше, административных и бытовых, производственных и других зданий и помещений

$$R_{\text{норм}} = 1,6 + 0,0004 \times \text{ГСОП}. \quad (3.11)$$

Параметры удаляемого воздуха являются функцией параметров воздуха в рабочей зоне помещения (высотой 1,5 м от пола), высоты помещения и интенсивности выделения тепла и влаги в помещении.

Температура, удаляемого воздуха может быть определена по формуле:

$$t_y = t_b + \text{grad}t(H_{\text{п}} - 1,5), \quad (3.12)$$

где  $H_{\text{п}}$  – высота помещения, м;

$\text{grad}t$  – температурный градиент, принимается в зависимости от теплонапряженности помещения по [1] или по **табл. 3.8**.

Таблица 3.8.

Градиенты температуры воздуха по высоте помещений жилых и общественных зданий

Удельные избытки явного тепла		$\text{grad}t$
кДж/(м <sup>3</sup> ·ч)	ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)	
Более 80	Более 20	0,8 ÷ 1,5
40 – 50	10 – 20	0,3 ÷ 1,2
Менее 40	Менее 10	0,0 ÷ 0,5

**Пример 3.4.** Определить тепlopоступления от солнечной радиации через покрытие площадью  $F = 60 \text{ м}^2$ , для общественного здания (г. Рязань, географическая широта  $56^\circ \text{с.ш.}$ ). Исходные данные:  $t_b = 20^\circ \text{C}$ ;  $t_{\text{ср.от.п}} = -3,5^\circ \text{C}$ ;  $Z_{\text{от}} = 208 \text{ сут.}$ ;  $t_H^B = -27^\circ \text{C}$ ;  $t_{\text{н.ср}} = 15,2^\circ \text{C}$ ;  $t_n^A = 22,8^\circ \text{C}$ ;  $g = 3 \text{ м/с}$ ;  $I_{\text{ср}} = 327 \text{ Вт/м}^2$ ;  $P = 0,9$ . Высота помещения 3 м.

*Решение.* Определяем градусо-сутки отопительного периода по формуле 2.13.  $\text{ГСОП} = [20 - (-3,5)] \cdot 208 = 4888$ . Сопротивление теплопередачи покрытия по формуле 2.15 составит:  $R_o = R_{\text{пр}} = 1,6 + 0,0004 \times 4888 = 3,56 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C/Вт}$ . Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, по формуле 2.12  $\alpha_n = 8,7 + 2,6 \times 3 = 16,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ \text{C)}$ .

Температура уходящего воздуха под перекрытием по формуле 2.19  $t_{yx} = 20 + 1,1(3 - 1,5) = 21,65^\circ \text{C}$ .

Тепlopоступления солнечной радиации за счет теплопередачи через покрытие при параметрах А наружного воздуха по формуле 2.11 составит:

$$Q_{\text{т.п}} = 3,6 \cdot \left[ t_n + \frac{(q_n + q_p) \cdot P}{\alpha_n} - t_y \right] \cdot A_{\text{опр}} \cdot K = 3,6 \cdot \left[ 22,8 + \frac{(691 + 126) \cdot 0,9}{16,5} - 21,65 \right] \cdot 60 \cdot 1/3,56 = 3075$$

кДж/ч.

Здесь  $q_n = 691 \text{ Вт/м}^2$  и  $q_p = 126 \text{ Вт/м}^2$  найдены по **табл. 3.4** при географической широте  $56^\circ \text{с.ш.}$  для горизонтальной поверхности.

### 3.1.4 Тепло, выделяемое остывающей горячей пищей

Поступление явной теплоты от остывающей пищи в торговых залах столовых, кафе и ресторанов определяется по формуле

$$Q_{\text{пищ.я}} = \frac{q_n c_n (t_{\text{н.п}} - t_{\text{к.п}}) n}{z_n} \quad (3.13)$$

где  $q_n$  – средняя масса всех блюд на одного обедающего (обычно равна 0,85 кг);

$c_n$  – средняя теплоемкость блюд, входящих в состав обеда (обычно равна 3,35 кДж/(кг·°C);

$t_{\text{н.п}}$ ,  $t_{\text{к.п}}$  – начальная и конечные температуры пищи, поступающей в обеденный зал (70 и 40 °C);

$z_n$  – продолжительность принятия пищи одним человеком (для ресторанов 1 час, для столовых 0,5 - 0,75 часа, для столовых самообслуживанием 0,3 часа);

$n$  – число мест в обеденном зале.

Так как условно считается, что поступления скрытой теплоты равны поступлениям явной, то полные теплоизбытки от остывающей пищи  $Q_{\text{пищ.п}}$ , кДж/ч, равны

$$Q_{\text{пищ.п}} = 2 \cdot Q_{\text{пищ.я}}$$

После определения тепlopоступлений в помещение от всех источников, результаты расчета записывают в бланк, форма которого приведена в табл. 3.9.

Таблица 3.9.

Тепловой баланс помещений

№ п.п	Наименование помещения	Расчетный период года	Тепlopоступления, кДж/ч					
			явного тепла					Всего
			от людей	от искус. освещ.	от сол. радиац.	от тех. оборуд.	от проч.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Теплый						
		Холодный						

продолжение табл.3.9.

скрытого тепла			Всего	Избыток тепла, кДж/ч	
от тех. оборуд.	от людей	от проч.		явного тепла	полного тепла
10	11	12	13	14	15

## 3.2. Определение влагопоступления

### 3.2.1. Поступление влаги от людей

Влага от людей поступает в помещения в результате испарения с кожи и с выдыхаемым воздухом. Так же как и тепловыделения, влагопоступления от людей зависят от многих факторов. В таблицах, используемых в вентиляционных расчетах, приводятся данные по влаговыделениям в зависимости от температуры окружающего воздуха, и интенсивности выполняемой людьми работы (см. табл. 6.1). Для определения массы поступившей от людей влаги  $W_{\text{люд}}$ , г/ч, суммируют влаговыделения от людей, занятых деятельностью, отнесенной к различным категориям:

$$W_{\text{люд}} = m_{\text{пок}} \times n_{\text{пок}} + m_{\text{л}} \times n_{\text{л}} + m_{\text{ср}} \times n_{\text{ср}} \quad (3.14)$$

где  $m_{\text{пок}}$ ,  $m_{\text{л}}$ ,  $m_{\text{ср}}$  — количество влаги, выделяемой человеком соответственно в покое, при легкой работе и при работе средней тяжести, г/ч, (определяется по табл. 2.1);

$n_{\text{пок}}$ ,  $n_{\text{л}}$ ,  $n_{\text{ср}}$  — число людей, соответственно находящихся в покое, занятых легкой работой или работой средней тяжести.

При расчетах для определения количества влаги, поступающей от женщин, к табличному значению вводится коэффициент 0,85 и коэффициент 0,75 для определения влаговыделений от детей до 10 лет. Если люди находятся в помещении в верхней одежде, вводится дополнительный коэффициент 0,75.

### 3.2.2. Выделение влаги от остывающей пищи

Количество испаряющейся влаги  $W_{\text{вл}}$ , кг/ч, от остывающей пищи в торговых залах столовых, кафе и ресторанов определяется по величине скрытых теплоизбытков, условно принимаемых равными явным, по формуле

$$W_{\text{вл}} = \frac{K \cdot Q_{\text{пищ,ск}}}{(2500 + 1,8t_n)}, \quad (3.15)$$

где  $Q_{\text{пищ,ск}}$  — тепловыделения от горячей пищи, кДж/ч, определяются по формуле 2.22;

$K$  — понижающий коэффициент, учитывающий наличие на пище жировой пленки, которая затрудняет испарение влаги. Коэффициентом  $K$  учитывается также неравномерность потребления пищи. Обычно  $K = 0,34$ .

2500 — удельная теплота испарения воды при  $0^\circ\text{C}$ , кДж/кг;

1,8 — теплоемкость водяных паров, кДж/кг  $^\circ\text{C}$ ;

$t_n$  — средняя температура пищи (равна  $55^\circ\text{C}$ ).

### 3.3. Определение газовыделений

Основной газообразной вредностью в помещениях жилых и общественных зданий является углекислый газ, выделяемый при дыхании человека.

Количество углекислого газа, г/ч, выделяемого в помещении людьми, зависит от интенсивности выполняемой работы и рассчитывается по формуле

$$G_{CO_2} = q_{CO_2} \cdot n, \quad (3.16)$$

где  $q_{CO_2}$  – количество углекислого газа, выделяемого одним человеком (табл.2.1), г/ч;

$n$  - количество людей в помещении;

Для помещений, воздухообмен которых определяют расчетом по условию разбавления вредных выделений до предельно допустимых концентраций или ассимиляций тепло- и влагоизбытков помещения, составляется сводная таблица вредностей, выделяющихся в помещении. Форма таблицы представлена ниже.

Таблица 3.10.

Сводная таблица вредностей, выделяющихся в помещении

№ п.п	Наименование помещения	Объем помещения, м <sup>3</sup>	Расчетный период года	Тепловые избытки				Влаго-выделения, кг/ч	Газо-выделения, г/ч
				явное тепло		скрыт. тепло	полное тепло		
				кДж/ч	кДж/м <sup>3</sup> ·ч	кДж/ч	кДж/ч		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Теплый						
			Холодный						

*Примечание.* Графа 6 – отношение избытков явного тепла к объему помещения (является характеристикой теплонапряженности помещения и применяется при выборе расчетной температуры в помещении).

### 3.4. Задачи и упражнения

1. Определите теплоступления в помещение  $Q_{п\text{ изб}}$  в холодный период, если назначение помещения – учебная аудитория, количество людей – 50 чел, ориентация окон – южная, площадь остекления 6 м<sup>2</sup>, светильники диффузного света с люминисцентными лампами, площадь помещения – 40 м<sup>2</sup>. Объект расположен в городе N (назначение и № объекта см. прил. 1, номер задания соответствует номеру в списке группы).

2. Определите теплоступления в помещение  $Q_{я\text{ изб}}$  в теплый период, если назначение помещения – учебная аудитория, количество людей –  $n$  чел, ориентация окон – южная, площадь остекления  $F_{ост}$ , светильники диффузного света с люминисцентными лампами, площадь помещения – 60 м<sup>2</sup>. Объект расположен в городе N (назначение и № объекта см. прил. 1, номер задания соответствует номеру в списке группы).

3. Определите теплоступления  $Q_{п\text{ изб}}$ , газоступления  $M_{г}$  и влагоступ-

ления  $M_{вл}$  в помещение в холодный период, если назначение помещения – зрительный зал на 150 посадочных мест, окна выходят на Ю-З, Ю, Ю-В, стороны света, площадь остекления – 6 м<sup>2</sup> с каждой стороны, светильники диффузного света с люминисцентными лампами, площадь помещения – 40 м<sup>2</sup>. Объект расположен в городе N (назначение и № объекта см. прил. 1, номер задания соответствует номеру в списке группы).

4. Определить вредности в целом по зданию для объекта расположенного в городе N (назначение и № объекта см. прил. 1, номер задания соответствует номеру в списке группы ).

## **4. РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНОВ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

### **4.1. Выбор расчетного воздухообмена**

Последовательность расчета требуемого воздухообмена в помещении следующая: 1) задаются параметрами приточного и уходящего из помещения воздуха; 2) определяют требуемый воздухообмен для данного периода по вредным выделениям; 3) проводят расчет раздачи приточного воздуха и уточняют правильность выбора параметров последнего.

Если стандартные воздухораспределители не обеспечивают в обслуживаемой зоне помещения допустимые параметры, то расчет требуемого воздухообмена повторяют, задаваясь другими параметрами приточного воздуха.

Минимальный воздухообмен в помещении (минимальное количество наружного воздуха в притоке) на одного человека определяется из условия разбавления  $\text{CO}_2$  до допустимых концентраций, а также по СНиП 41-01-2003, прил. М:

- для рабочих помещений кабинетов, офисов общественных зданий административного назначения –  $40 \text{ м}^3/\text{ч}$  с естественным проветриванием и  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$  – при невозможности естественного проветривания (нормы установлены для людей, находящихся в помещении более двух часов непрерывно);

- для помещений, в которых люди находятся не более двух часов непрерывно –  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$  при невозможности естественного проветривания.

В других помещениях общественного назначения норму наружного воздуха следует принимать по требованиям соответствующих нормативных документов.

В курсовом проекте расчет требуемого воздухообмена общеобменной вентиляции допускается производить только для теплого и холодного периодов года.

### **4.2. Воздухообмен по нормативной величине кратности**

Нормативная кратность используется для расчета воздухообмена в рядовых помещениях с избытками в основном  $\text{CO}_2$  и тепла. Расчетный воздухообмен помещения,  $L_p$ , в этих случаях должен составлять,  $\text{м}^3/\text{ч}$ :

$$L_p = K_p \cdot V_{\text{пом}}, \quad (4.1)$$

где  $K_p$  – нормативная кратность воздухообмена помещения,  $\text{ч}^{-1}$ ;  $V_{\text{пом}}$  – объем помещения,  $\text{м}^3$ .

Значение  $K_p$  приводится в соответствующих главах СНиП и справочниках (7;8;9) в зависимости от назначения здания и помещения. При этом указывается кратность по вытяжке и по притоку. Результаты расчета воздухообмена заносят в таблицу 4.1.

Таблица 4.1.

## Расчетные воздухообмены

№ п/п	Наименование помещения	Размеры помещения (a×b×h), м	Объем помещения, м <sup>3</sup>	Нормативная кратность воздухообмена		Расчетный воздухообмен, м <sup>3</sup> /ч	
				приток	вытяжка	приток	вытяжка
1	2	3	4	5	6	7	8

*Примечание.* При отсутствии в нормах указаний о величине кратности для некоторых помещений, по согласованию с консультантом, можно принять ее равной кратности сходных по назначению помещений.

Если нормированные кратности воздухообмена по притоку и вытяжке для отдельных помещений не совпадают, количество воздуха, необходимого для полного баланса, подается в соседние помещения или помещения коридоров. Для каждого этажа при коридорной системе или для группы помещений на этаже, выходящих в общий коридор (шлюз), необходимо определять суммарные воздухообмены по притоку и вытяжке. Разницу между суммарным притоками и вытяжкой – «дебаланс» следует подавать (при избыточной вытяжки) или удалять (при избыточном притоке) из общего шлюза.

Воздухообмен помещений, для которых не указаны величины нормативных кратностей, следует определять расчетом по условию разбавления вредных выделений до предельно допустимых концентраций или ассимиляций тепло- и влагоизбытков помещения.

### 4.3. Расчет воздухообмена по газовым вредностям

Определение необходимого воздухообмена в помещении для разбавления концентраций  $CO_2$  до предельно допустимой производится по формуле:

$$L_{CO_2} = \frac{G_{CO_2}}{C_{доп} - C_o}, \quad (4.2)$$

где  $G_{CO_2}$  - количество выделившегося углекислого газа в помещении, г/ч;

$C_{доп}$ ,  $C_o$  – концентрации углекислого газа в помещении и снаружи, г/м<sup>3</sup>.

Для расчета воздухообмена по  $CO_2$  необходимо принять расчетные концентрации углекислого газа в наружном и внутреннем воздухе.

Концентрация  $CO_2$  в наружном воздухе, г/м<sup>3</sup>:

Для центра большого города (свыше одного млн. жителей) - 0,75;

для района в черте города - 0,5;

для загородной зоны либо небольших поселков - 0,4.

Концентрация  $CO_2$  в воздухе помещений, г/м<sup>3</sup>:

В лечебных и детских учреждениях – 1;

в актовом, зрительных, спортивных залах и в подсобных помещениях с большим количеством людей – 1,5;

в помещениях временного пребывания людей (магазины, кинотеатры) - 2;

Обычно величина  $L_{CO_2}$  определяет минимальное количество наружного воздуха, которое необходимо подать в помещение.

#### 4.4. Тепловлажностное отношение

В помещениях с тепло- и влагоизбытками воздухообмен определяется с помощью  $I-d$ -диаграммы с одновременным учетом изменения энтальпии  $I$ , кДж/кг, сухого воздуха и влагосодержания  $d$ , г/кг, сухого

Основной характеристикой изменения параметров воздуха в помещении является отношение избыточного полного тепла  $Q_{\text{п}}$ , кДж, к влаговыведениям  $W$ , кг, называемое тепловлажностным отношением или угловым коэффициентом луча процесса в помещении  $\varepsilon$ , кДж/кг:

$$\varepsilon = Q_{\text{п}} / W \quad (4.3)$$

Если избыточное полное тепло измеряется в Вт, то выражение (4.3) принимает вид

$$\varepsilon = 3,6 \cdot Q_{\text{п}} / W$$

Эта характеристика удобна при расчетах воздухообменов с использованием  $I-d$  диаграммы влажного воздуха.

Угловой коэффициент луча процесса определяется для теплого и холодного периодов года для каждого расчетного помещения.

#### 4.5. Определение расходов приточного и удаляемого воздуха

Расчет необходимых расходов воздуха основан на соблюдении воздушного баланса и баланса вредности.

Воздушный баланс выражает равенство поступающих в помещение и уходящих расходов воздуха:

$$L_{\text{пр}} + L_{\text{м.пр}} - L_{\text{у}} - L_{\text{м.у}} = 0, \quad (4.4)$$

где  $L_{\text{пр}}$ ,  $L_{\text{у}}$  — расходы приточного и вытяжного воздуха общеобменной вентиляции, м<sup>3</sup>/ч;

$L_{\text{м.пр}}$ ,  $L_{\text{м.у}}$  — расходы местного притока (инфильтрация наружного воздуха, приток локализирующего устройства и т.д.) и местной вытяжки (местными отсосами и т.д.), м<sup>3</sup>/ч.

При организации подпоров или разрежений в соседних помещениях и в случае дисбаланса между расходами приточного и вытяжного воздуха в одном из помещений, тем не менее, соблюдается общий воздушный баланс, так как воздух перетекает из одних помещений в другие или в наружную среду. В случае поддержания разрежения в каком-либо помещении в нем увеличивается инфильтрация наружного воздуха и воздуха из соседних помещений, а при поддержании подпора, например в кондиционируемом помещении, из него происходит эксфильтрация внутреннего воздуха.



Баланс вредности показывает, что расход вредности, выделяющейся в помещении или поступающей с приточным воздухом, равен расходу этой вредности, удаляемому вытяжным воздухом. Важную роль при определении расходов воздуха играют температуры приточного  $t_{пр}$ , °С, и удаляемого  $t_{уд}$ , °С, воздуха в системе общеобменной вентиляции.

#### 4.6. Необходимый воздухообмен по избыткам явного тепла

В большинстве случаев при определении требуемых воздухообменов расчет общеобменной вентиляции можно проводить по избыткам явного тепла. Этот расчет проще, проводится без построения *I-d* диаграммы и позволяет получить решение без последовательного приближения, как это имеет место при расчете по полному теплу. Однако расчет по явному теплу не дает возможности оценить влажностное состояние воздуха в помещении, поэтому им пользуются при расчете воздухообменов в сухих помещениях ( $\epsilon > 10000$  кДж/кг).

В тех случаях, когда воздухообмен в помещении определяется только общеобменной вентиляцией, формула для определения воздухообмена по избыткам явного тепла имеет вид

$$L_{np} = \frac{Q_{я}}{c_v \cdot \rho_v \cdot (t_{уд} - t_{np})}, \quad (4.5)$$

тогда

$$G_{np} = L_{np} \cdot \rho_v.$$

где  $G_{np}$ ,  $L_{np}$  – потребное количество приточного воздуха, соответственно кг/ч и м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{я}$  – избытки явной теплоты, кДж/ч;

$c_v$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг/°С), [0,24 ккал/(кг/°С)];

$t_{уд}$  – температура удаляемого воздуха, °С;

$t_{np}$  – температура приточного воздуха, °С.

$\rho_v$  – плотность воздуха, принимаемая в зависимости от температуры воздуха  $t$ , °С

$$\rho_v = 355/(273+t)$$

#### 4.7. Необходимый воздухообмен по избыткам полного тепла и влаги

Расчет воздухообменов в помещениях с тепло- и влаговыведениями, обслуживаемых системами вентиляции, выполняется с помощью построений процессов изменения состояния воздуха в помещении на *I - d* диаграмме.

На диаграмму наносятся точки, отвечающие параметрам характерных состояний:

В — внутреннего воздуха, точка наносится по нормируемой температуре и относительной влажности;

П — приточного воздуха, точка лежит на пересечении изотермы приточного воздуха  $t_{пр}$  и луча процесса в помещении  $\varepsilon$ , кДж/кг, определенного по формуле (4.3);

У — удаляемого воздуха, точка находится на пересечении изотермы  $t_y$  и луча процесса в помещении  $\varepsilon$ ;

С — смеси рециркуляционного и наружного воздуха.

Затем с  $I-d$  диаграммы снимаются значения энтальпий  $I$  и влагосодержаний  $d$  для указанных точек.

Расход приточного воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, системы общеобменной вентиляции, если имеют место тепло- и влаговыделения, определяю по формуле:

по избыткам полного тепла

$$L_{пр} = \frac{Q_{п}}{\rho_{\varepsilon} \cdot (I_y - I_{пр})}; \quad (4.6)$$

по избыткам влаги

$$L_{пр} = \frac{W_{вл}}{\rho_{\varepsilon} \cdot (d_y - d_{пп}) \cdot 10^{-3}}. \quad (4.7)$$

тогда

$$G_{пр} = L_{пр} \cdot \rho_{\text{в}}.$$

где  $Q_n$  — избытки полной теплоты, кДж/ч;

$W_{вл}$  — избытки влаги, кг/ч;

$I_y$  — энтальпия удаляемого воздуха, кДж/кг;

$I_{пр}$  — энтальпия приточного воздуха, кДж/кг;

$d_y, d_{пр}$  — влагосодержание, г/кг, сухого воздуха, соответственно удаляемого и приточного;

$\rho_{\varepsilon}$  — плотность воздуха, принимаемая в зависимости от температуры воздуха  $t$ , °С

При правильном построении процесса на  $I - d$  диаграмме результаты расчета по формулам (4.6) и (4.7) совпадают.

#### **4.7.1. Графическое построение процессов изменения параметров воздуха в помещении в теплый период года**

При обычной общеобменной вентиляции в теплый период года воздух подается без обработки (только очищается от пыли в фильтрах) или подвергается адиабатическому охлаждению в форсуночной камере. В первом случае параметры приточной точки совпадают с параметрами наружного воздуха (т. П совпадает с т. Н). Для определения параметров внутреннего и удаляемого воздуха через точку Н проводят луч процесса теплого периода (рис. 4.1, а) до пересечения с изотермой, соответствующей принятому значению допустимой температуры внутреннего воздуха (т. В) и далее до изотермы, соответствующей температуре удаляемого воздуха (т. У). Температура удаляемого воздуха  $t_y$ , °С рассчитывается по формуле (2.19)

Если точка  $B$  оказалась за пределами области допустимых параметров внутреннего воздуха, следует применять адиабатическое охлаждение или искусственное охлаждение (с применением холодильных установок). В случае использования адиабатического охлаждения (рис. 4.1, б) в  $I - d$ -диаграмме через точку  $H$  проводится адиабата  $I_n = \text{const}$  до  $\varphi = 90 \div 95\%$ . Полученная точка  $K$  соответствует состоянию воздуха после камеры орошения. За счет нагревания воздуха в воздуховодах и вентиляторе температура приточного воздуха будет выше на  $0,5 - 1,5$  °С.

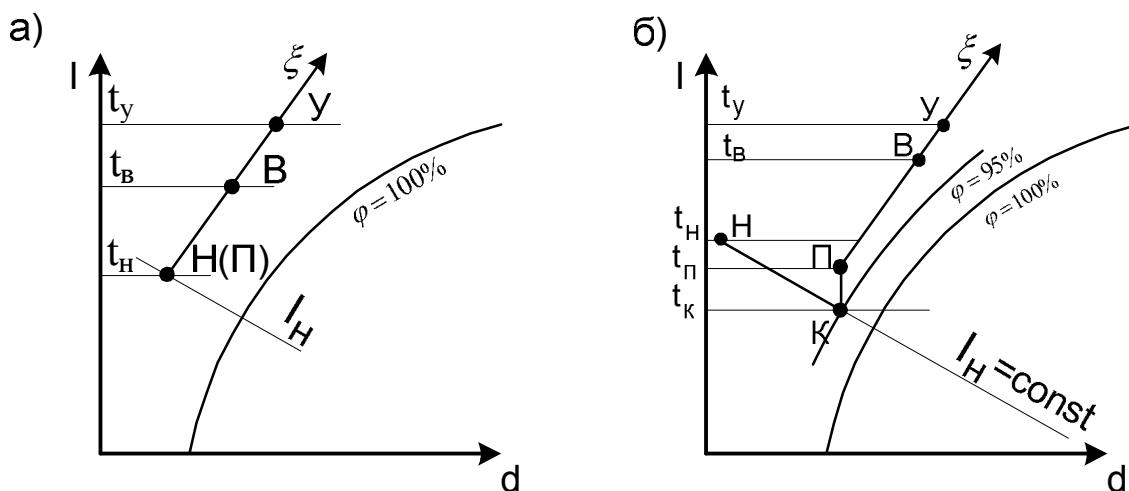


Рис. 4.1. Процессы изменения состояния воздуха при воздухообмене помещений в теплый период:

а – наружный воздух не обрабатывается;  
б – наружный воздух адиабатически охлаждается.

**Пример 4.1.** Определить количество вентиляционного воздуха, потребного для борьбы с теплом и влагой, выделяющимися в помещении.

Исходные данные:  $Q_{\text{я}} = 25500$  кДж/ч;  $Q_{\text{н}} = 130200$  кДж/ч;  $W = 42$  кг/ч.

Расчетные параметры наружного воздуха:  $t_n = 24$  °С;  $I_n = 48$  кДж/кг.

Расчетные параметры внутреннего воздуха в помещении принимаем согласно СНиП [5], т.е. на 3 °С выше температуры наружного воздуха  $t_e = 24 + 3 = 27$  °С;  $\varphi_e$  не более 70 %.

**Решение.** На  $I-d$ -диаграмме находим точку  $H(\Pi)$ , соответствующую параметрам наружного воздуха ( $t_n$ ,  $I_n$ ), через которую должен проходить луч процесса в помещении, так как в летнее время приточный наружный воздух поступает в помещение без какой-либо предварительной обработки (рис.4.2)

По формуле (4.3) вычисляем значение углового коэффициента луча процесса  $\varepsilon = Q_{\text{п}} / W = 130200 / 42 = 3100$  кДж/кг. Через точку  $H(\Pi)$  проводим луч процесса изменения состояния воздуха. По формуле (2.19) определяем параметры удаляемого воздуха  $t_{\text{yx}} = t_v + \text{grad}t(\Pi - 1,5) = 27 + 1,1(3 - 1,5) = 27,3$  °С. На пересечении луча процесса  $\varepsilon$  с изотермами внутреннего и удаляемого воздуха, определяем положение точек  $B$  и  $Y$ . Затем с  $I-d$  диаграммы снимаются значения энтальпий  $I$  и влагосодержаний  $d$  для указанных точек  $H(\Pi)$ ,  $B$ ,  $Y$ : для точки  $H(\Pi)$   $t_n = 24$  °С;  $I_n = 48$  кДж/кг;  $d_n = 9,5$  г/кг, для точки  $B$   $t_e = 27$  °С;  $I_e = 68$  кДж/кг;  $d_e = 16$  г/кг, для точки  $Y$   $t_y = 28,7$  °С;  $I_y = 72$  кДж/кг;  $d_y = 17,2$  г/кг

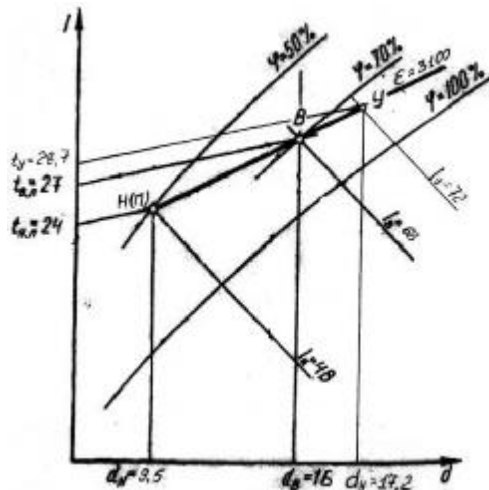


Рис. 4.2. Графический расчет воздухообмена при летнем режиме с помощью  $I$ — $d$ -диаграммы

Зная параметры наружного (приточного), внутреннего и удаляемого воздуха, можно определить количество вентиляционного воздуха, используя при этом формулы (4.5); (4.6); (4.7): по избыткам полного тепла  $G_{np} = Q_n / (I_y - I_{np}) = 130200 / (72 - 48) = 5425$  кг/ч; по избыткам влаги  $G_{np} = W / (d_y - d_{np}) \cdot 10^{-3} = 42000 / (17,2 - 9,5) = 5454$  кг/ч; по избыткам явного тепла  $G_{np} = Q_n / [c_d(t_y - t_{np})] = 25500 / [1 \cdot (28,7 - 24)] = 5425$  кг/ч. Так как, полученные значения совпадают, то следовательно, построение процесса на  $I$  -  $d$  диаграмме выполнено верно.

#### 4.7.2. Графическое построение процессов изменения параметров воздуха в помещении в холодный период года

В холодный период года приточный воздух нагревается в калориферах приточной камеры. В целях экономии тепла целесообразно (где допускается нормами) принять рециркуляцию.

Как правило, при обычной вентиляции увлажнение воздуха в форсуночных камерах в холодный период не производится.

Характерные точки на  $I$  -  $d$ -диаграмме для холодного периода приточной вентиляции показаны на рис. 4.3.

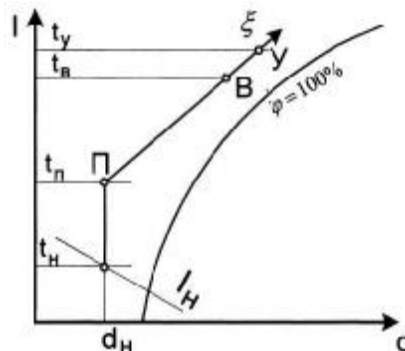


Рис. 4.3. Процессы изменения состояния воздуха при воздухообмене помещений в холодный период года.

Как правило, проектируется одна приточная вентиляционная установка, обслуживающая помещения в переходный, холодный и теплый периоды. Поэтому в помещениях, где невозможно в теплый период года естественное проветривание, воздухообмен в холодный и переходный периоды принимается равным потребному воздухообмену для теплого периода как максимально ожидаемому. Следовательно, при заданном количестве вентиляционного воздуха расчет зимнего режима сводится к нахождению необходимых параметров приточного воздуха, а также к определению величины влажности внутреннего воздуха при условии, что обработка приточного воздуха зимой состоит только в его подогреве.

Температуру приточного воздуха желательно принимать как можно более низкой, так как это приводит к сокращения воздухообмена, потребного для ассимиляции теплоизбытков.

Однако снижение температуры притока может привести к возникновению дискомфортных условий вблизи действия приточных струй. При высоте помещений жилых и общественных зданий до 3 м принимают температуру притока ниже температуры внутреннего на 2 – 3 °С, при высоте помещений более 3 м – ниже температуры внутреннего воздуха на 4 – 6 °С. Большее понижение значения  $t_{\text{п}}$  возможно, но при его выборе необходимо гарантировать соблюдение заданных СНиПом параметров воздуха в обслуживаемой зоне помещений, подтвердив его расчетом приточной струи [1].

Построение процесса зимнего режима на  $I-d$ -диаграмме начинаем от точки  $H$ , соответствующей параметрам наружного воздуха, которую наносят на поле диаграммы (рис.4.3).

Количество вентиляционного воздуха для зимнего периода года принимаем равным летнему:

$$L_{\text{np}}^3 = L_{\text{np}}^{\text{л}} \text{ откуда } G_{\text{np}} = L_{\text{np}}^{\text{л}} \cdot \rho_{\text{np}}^3.$$

$$\rho_{\text{np}}^3 = 353 / (273 + t_{\text{np}}^3); \quad t_{\text{np}}^3 = t_{\text{в}} - 2 \div 3^{\circ}\text{C}$$

Таким образом, задавшись температурой приточного воздуха  $t_{\text{np}}^3$  на 2÷3°С ниже  $t_{\text{в}}$  и определив  $G_{\text{np}}$  для холодного периода года, определяем действительную температуру удаляемого воздуха по формуле

$$t_{\text{у}} = t_{\text{np}}^3 + \frac{Q_{\text{я}}}{c_{\text{в}} G_{\text{np}}}, \quad (4.8)$$

где  $t_{\text{np}}^3$  – температура приточного воздуха в холодный период года, °С;

$Q_{\text{я}}$  – избытки явной теплоты в холодный период года, кДж/ч;

$c_{\text{в}}$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг/°С);

$G_{\text{np}}$  – потребное количество приточного воздуха для холодного периода года, кг/ч.

Определяем значение градиента температуры по формуле

$$\text{grad } t = \frac{t_y - t_e}{H_n - h}, \quad (4.9)$$

где  $t_e$  – температура воздуха помещения в рабочей зоне, °С;

$t_y$  – температура удаляемого воздуха в холодный период года, °С;

$H_n$  – высота помещения, м;

$h$  – высота рабочей зоны в помещении, принимается равной 2,0 м, а в помещениях, где люди находятся преимущественно в сидячем положении, 1,5 м.

Если градиент температуры находится в пределах, соответствующих рассмотренным выше требованиям к градиенту температуры (см. метод. ук. Раздел I табл. 2.9), то производят дальнейшее построение процессов изменения состояния приточного воздуха.

Через точку  $H$  проводим луч подогрева наружного воздуха в калорифере  $d_n = \text{const}$ . Точка  $П$  находится на пересечении линии  $d_n = \text{const}$  с изотермой притока  $t_{np}^3$ . Для построения точек  $B$  и  $У$  через точку  $П$  проводят луч процесса ( $\epsilon$ ) до пересечения с изотермами  $t_e$  и  $t_y$ .

Если же градиент температуры притока находится в пределах, не соответствующих рассмотренным выше требованиям к градиенту температуры (табл. 2.9), то необходимо перезадаваться  $t_{np}^3$  и выполнить расчет заново.

При установке одной приточной камеры, обслуживающей все расчетные помещения, температура приточного воздуха во всех помещениях будет одинакова. При установке нескольких приточных камер температура притока для разных помещений может быть различна, поэтому выше приведенный расчет проводится для каждого помещения имеющего соответствующую температуру притока.

**Пример 4.2.** Определить температуру удаляемого воздуха для зимнего периода года.

*Исходные данные:*  $Q_a = 34929$  кДж/ч;  $Q_{y\partial} = 46,6$  кДж/(м<sup>3</sup>·ч);  $L_{np}^a = 8030$  м<sup>3</sup>/ч; высота помещения  $H_n = 3$  м; высота рабочей зоны  $h = 1,5$  м. Расчетные параметры внутреннего воздуха в помещении принимаем согласно [8]  $t_e = 20$  °С.

**Решение.** Задаемся температурой приточного воздуха  $t_{np}^3$  на 2°С ниже  $t_e$ , т.е.  $t_{np}^3 = t_e - 2 = 20 - 2 = 18$  °С;  $\rho_{np}^3 = 353/(273+18) = 1,213$  кг/м<sup>3</sup>. Количество вентиляционного воздуха для зимнего периода года принимаем равным летнему периоду года т.е.  $L_{np}^3 = L_{np}^a = 8030$  м<sup>3</sup>/ч, откуда  $G_{np} = L_{np}^a \cdot \rho_{np}^3 = 8030 \cdot 1,213 = 9749$  кг/ч. Определяем действительную температуру удаляемого воздуха по формуле (4.8)

$$t_y = t_{np}^3 + Q_a / G_{np} = 18 + 34928/9749 = 21,6$$
 °С.

Определяем значение градиента температуры по формуле (4.9)

$$\text{grad } t = (t_y - t_e) / (H_n - h) = (21,6 - 20) / (3 - 1,5) = 1,1$$
 °С/м.

Так как, полученное значение градиента температуры соответствует значениям приведенным в табл. 2.8, при  $Q_{y\partial} = 46,6$  кДж/(м<sup>3</sup>·ч), то можно производить дальнейшее построение процессов изменения состояния приточного воздуха.

#### 4.8. Выбор расчетного воздухообмена и составление воздушного баланса помещений и зданий в целом

Расчетную величину воздухообмена выбирают, руководствуясь следующими соображениями:

- 1) если в помещении возможно в теплый период осуществление воздухообмена через открытые проемы, то за расчетный воздухообмен принимается большая величина воздухообмена по переходному и холодному периоду;
- 2) если в теплый период невозможно осуществить естественное проветривание через окна (по технологическим или конструктивным причинам), то расчетный воздухообмен равен большей величине воздухообмена по трем периодам.

Как правило, проектируется одна приточная вентустановка, обслуживающая помещение в переходный и зимний или в летний, переходный и зимний периоды. Поэтому, выбрав расчетную величину воздухообмена, необходимо уточнить параметры приточного воздуха в другие периоды (например, зимой). Это необходимо для правильного расчета теплопроизводительности калориферной установки.

Для больших помещений возможен вариант с двумя расчетными воздухообменами. Например, предусматривается две вентустановки в теплый период и одна вентустановка в зимний. В этом случае одна из вентустановок может не иметь калориферов и будет работать в летний период.

В задании по курсовому проекту для большинства помещений здания предусмотрено определение воздухообмена по нормативной величине кратности воздухообмена.

Количество воздуха, удаляемого из помещения, определяется из условия:

$$G_{np} = G_{выт},$$

а для помещений, в которых необходимо поддерживать подпор относительно других смежных с ним помещений:

$$G_{np} = G_{выт} + G_{под},$$

где  $G_{под}$  – количество воздуха, необходимого для создания требуемого подпора.

Например, для торгового зала:

$$G_{под} \geq 2(V_{г.ц} + V_{м})\gamma_{р.з},$$

где  $V_{г.ц}$ ,  $V_{м}$  – объемы помещений соответственно горячего цеха и моечной.

В таблицу воздушного баланса заносится количество удаляемого воздуха для помещений с расчетными воздухообменами (табл. 4.2).

Для каждого этажа при коридорной системе или для группы помещений на этаже, выходящих в общий коридор (шлюз), необходимо определять суммарные по этим помещениям воздухообмены по притоку и

вытяжке. Разницу между суммарными притоками и вытяжкой – «дисбаланс» - следует подавать (при избыточной вытяжке) или удалять (при избыточном притоке) из общего шлюза (исключением являются жилые помещения, в которых вытяжка компенсируется естественным притоком через окна).

Суммарные значения притока и вытяжки по этажам и зданию в целом записываются в таблицу воздушного баланса (табл. 4.3).

Таблица 4.2.

Воздушный баланс помещений.

№ пп.	Наим. помещ.	Период года	Вытяжка, кг/ч (м³/ч)				всего	Приток, кг/ч (м³/ч)				всего
			Местная		Общеобмен.			местный		Общеобмен.		
			Ест.	Мех.	Ест.	Мех.		Ест.	Мех.	Ест.	Мех.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Таблица 4.3.

Воздушный баланс по этажам и зданию в целом.

№ пп.	Этаж	Период года	Приток		Вытяжка		Примеч.
			м <sup>3</sup> /ч	кг/ч	м <sup>3</sup> /ч	кг/ч	
1	2	3	4	5	6	7	8

#### 4.9. Задачи и упражнения

1. Определить потребный воздухообмен  $L$ , м./ч, для системы общеобменной вентиляции, если избытки явного тепла составляют 6300 Вт. Помещение гражданского назначения, находится в г. N.

2. Определить потребный воздухообмен  $L$ , м./ч в помещении размером 155х653 м, если в ней находятся  $n$  человек. Назначение помещения – учебная аудитория.

3. В помещении испаряется вода в количестве  $M_{вл}$ , кг/ч. Температуры наружного и внутреннего воздуха соответственно равны 10<sup>0</sup>С и 20<sup>0</sup>С, Относительная влажность наружного воздуха равна относительной влажности внутреннего воздуха и составляет 60%. Определить потребный воздухообмен системы общеобменной вентиляции  $L$ , м./ч, если барометрическое давление составляет 760 мм рт.ст.

4. В помещении объемом 10000 м<sup>3</sup> реализуется общеобменная вентиляция с кратностью 3 ч<sup>-1</sup>. Определить потребный воздухообмен  $L$ , м./ч.

5. В воздух помещения одновременно выделяются летучие растворители: бензол с массовым расходом  $M_{Г1}$ , кг/ч, ацетон – с расходом  $M_{Г2}$ , кг/ч, этилацетат – с расходом  $M_{Г3}$ , кг/ч, бутилацетат – с расходом  $M_{Г4}$ , кг/ч. Предельно допустимые концентрации этих паров в рабочей зоне помещения соответственно равны  $c_1 = 20$  мг/м<sup>3</sup>,  $c_2 = c_3 = c_4 = 200$  мг/м<sup>3</sup>.



Предельно допустимые концентрации этих паров в наружном воздухе соответственно равны  $c_{1н} = 2,4$  мг/м<sup>3</sup>,  $c_{2н} = 0,35$  мг/м<sup>3</sup>,  $c_{3н} = c_{4н} = 0,1$  мг/м<sup>3</sup>. Определить необходимый воздухообмен  $L$ , м.<sup>3</sup>/ч.

6. В помещение кузницы выделяется угарный газ (CO) и двуокись серы (SO<sub>2</sub>) с массовыми расходами  $M_{Г1}$ , кг/ч и  $M_{Г2}$ , кг/ч соответственно. Предельно допустимые концентрации этих газов в рабочей зоне соответственно равны 20мг/м<sup>3</sup> и 10 мг/м<sup>3</sup>; в наружном воздухе соответственно составляют 6 мг/м<sup>3</sup> и 0,5 мг/м<sup>3</sup>. Определить необходимый воздухообмен  $L$ , м.<sup>3</sup>/ч.

7. В помещение учебного класса на 30 человек поступает углекислый газ (CO<sub>2</sub>) выделяемый при дыхании. Предельно допустимая концентрация этого газа в помещении соответственно равна 1 л/м<sup>3</sup>, в наружном воздухе – 0,5 мг/м<sup>3</sup>. Определить необходимый воздухообмен  $L$ , м.<sup>3</sup>/ч.

8. Определить воздухообмен в целом по зданию для объекта расположенного в городе N (назначение и № объекта см. прил. 1, номер задания соответствует номеру в списке группы ).

## 5. РАСЧЕТ ВОЗДУШНЫХ ДУШЕЙ И МЕСТНЫХ ОТСОСОВ

### 5. 1. Основные определения и расчетные соотношения

*Воздушные души* предусматриваются на постоянных рабочих местах с интенсивностью теплового облучения более 350 Вт/м<sup>2</sup>. Расчет воздушного душа заключается в определении площади душирующего патрубка, потребного расхода воздуха и его температуры, скорости на выходе из патрубка. Дуппирование рабочего места может применяться для достижения нормируемых значений концентрации вредных газов или пыли.

Расчет воздушного душа начинается с выбора типа душирующего патрубка и характеризующих его коэффициентов затухания по скорости  $m$  и температуре (или концентрации)  $n$ .

$$m = \frac{x_{нач.в}}{\sqrt{F_0}}; \quad m = \frac{x_{нач.т}}{\sqrt{F_0}} = \frac{x_{нач.с}}{\sqrt{F_0}}, \quad (5.1)$$

где  $x_{нач.в}$ ,  $x_{нач.т}$ ,  $x_{нач.с}$  — длины начальных участков струи, истекающей из патрубка, по скорости, температуре или концентрации вредных веществ соответственно, м;  $F_0$  — площадь выходного сечения патрубка, м<sup>2</sup>.

Значения коэффициентов затухания приводятся в справочной литературе [12]. В табл. 5.1 приводятся данные для некоторых видов патрубков.

Таблица 5.1

Характеристики душирующих патрубков

Вид душирующего патрубка	Тип	Размеры на входе (диаметр или длина и ширина), мм	Площадь выходного сечения, м <sup>2</sup>	Коэффициенты		
				$m$	$n$	$\zeta$
Патрубок поворотный душирующий	ПД-5	500	0,1	6,3	4,5	4
	ПД-6	630	0,16			
	ПД-8	800	0,26			
Патрубок для подачи воздуха компактной струей	ВГК-1	400 x 800	0,32	6,2	5,1	1,9
	ВГК-2	800 x 800	0,64			
	ВГК-3	800 x 1600	1,28			
Патрубок душирующий с верхним подводом	ПДВ-3	315	0,14	5,3 при $\alpha = 30^\circ$	4,5	1,6
	ПДВ-4	400	0,23	5,3 при $\alpha = 45^\circ$	3,4	1
	ПДВ-5	500	0,36	5,3 при $\alpha = 60^\circ$	3,1	0,8
Патрубок душирующий с нижним подводом	ПДН-3	315	0,14	4,5 при $\alpha = 0^\circ$	3,1	3,2
	ПДН-4	400	0,23	4,5 при $\alpha = 20^\circ$	3,1	3,2
	ПДН-5	500	0,36	4 при $\alpha = -20^\circ$	2,8	2,8

Примечание к табл. 5.1. Здесь  $\alpha$  — угол выпуска воздуха, град;  $\zeta$  — коэффициент местного сопротивления патрубка.

Если душирование применяется для защиты человека от перегрева, то для расчета площади выходного сечения патрубка предварительно нужно определить температуру наружного воздуха после его адиабатного охлаждения  $t_{ox}, ^\circ\text{C}$ .

В случае, если нормируемое значение температуры на рабочем месте  $t_{норм}$  окажется не меньше температуры  $t_{ox}$ , то расчетная площадь выходного сечения патрубка определяется по формуле

$$F'_{p.0} = \left( \frac{t_{p.з} - t_{норм}}{t_{p.з} - t_{ox}} \cdot \frac{x}{n} \right)^2, \quad (5.2)$$

где  $t_{p.з}$  – температура в рабочей зоне,  $^\circ\text{C}$ ;  $x$  – расстояние от выходного сечения патрубка до рабочего места, м.

При  $t_{норм} < t_{ox}$ , должно быть реализовано искусственное (политропное) охлаждение воздуха, а расчетная площадь выходного сечения определяется как

$$F_{p.0} = \left( \frac{x}{n} \right)^2. \quad (5.3)$$

Далее по полученному расчетному значению площади надо выбрать ближайшее большее значение площади выходного сечения стандартного патрубка (см. табл. 5.1).

Длины начальных участков струи по скорости, температуре и концентрации находят по формулам (5.1).

Если окажется, что  $x \leq x_{нач.в}$ , то скорость воздуха на выходе из патрубка  $v_0$ , м/с, принимается равной нормируемой скорости  $v_{норм}$ . При  $x > x_{нач.в}$  начальная скорость определяется по формуле

$$v_0 = v_{норм} \frac{x}{x_{нач.в}}. \quad (5.4)$$

Далее определяется объемный расход воздуха через душирующий патрубок  $L_0$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$

$$L_0 = v_0 F_0. \quad (5.5)$$

Температура воздуха на выходе из патрубка  $t_0$ ,  $^\circ\text{C}$ , определяется при условии  $x \leq x_{нач.т}$  как  $t_0 = t_{норм}$ ; при условии  $x > x_{нач.т}$  – по формуле

$$t_0 = t_{p.з} - (t_{p.з} - t_{норм}) \frac{x}{x_{нач.т}}. \quad (5.6)$$

Если найденное значение температуры на выходе из патрубка окажется меньше температуры после охлаждения, тогда нужно выбрать патрубок с большей площадью выходного сечения, либо патрубок другого типа и повторить расчет.

Если душирование рабочего места применяется с целью защиты человека от повышенной загазованности или запыленности, тогда расчетная площадь выходного сечения патрубка определяется по формуле

$$F_{p,0} = \left( \frac{c_{p,z} - c_{норм}}{c_{p,z} - c_n} \cdot \frac{x}{n} \right)^2, \quad (5.7)$$

где  $c_{p,z}$ ,  $c_{норм}$ ,  $c_n$  – концентрация вредных веществ в рабочей зоне, ее нормируемое значение и концентрация вредных веществ в приточном воздухе соответственно.

*Местные отсосы* характеризуются разнообразием конструктивного оформления. Широкое практическое применение находят такие разновидности местных отсосов, как вытяжные шкафы, зонты, бортовые отсосы.

1. *Вытяжные шкафы и зонты.* При механической вытяжке объемный расход воздуха, удаляемого из вытяжного шкафа или воздуха, удаляемого зонтом, определяется по формуле (5.5). Здесь  $v_0$  – рекомендуемая скорость движения воздуха в сечении открытого проема шкафа или в приемном сечении зонта, обычно принимается равной 0,5 – 2 м/с;  $F'_0$  – площадь сечения открытого проема шкафа или приемного сечения зонта, м<sup>2</sup>.

При естественной вытяжке объемный расход воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, удаляемого из вытяжного шкафа, или воздуха, удаляемого зонтом, определяется по формуле

$$L = K^3 \sqrt{Q_K H F^2}, \quad (5.8)$$

где  $K$  – коэффициент, численно равный 126 для шкафа, 156 – 188 для зонта;  $Q_K$  – конвективная составляющая теплового потока от источника тепла, Вт;  $H$  – высота открытого проема шкафа или расстояние от нагретой поверхности до приемного сечения зонта, м;  $F$  – площадь сечения открытого проема шкафа или приемного сечения зонта, м<sup>2</sup>.

Необходимую высоту вытяжной трубы  $h$ , м, при естественной вытяжке местными отсосами определяют из условия равенства располагаемого перепада давления  $\Delta P_p$  и потерь давления в трубе  $\Delta P$

$$\Delta P_p = h(\rho_1 - \rho_2)g, \quad (5.9)$$

где  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  – плотность воздуха в помещении и внутри местного отсоса соответственно, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>,

$$\Delta P = \frac{\rho_2 v^2}{2} \left( \zeta_{вх} + \zeta_{вых} + \frac{\xi h}{d} \right), \quad (5.10)$$

где  $v$  – скорость воздуха в вытяжной трубе, м/с;  $\zeta_{вх}$ ,  $\zeta_{вых}$  – коэффициенты местных сопротивлений на входе в трубу и на выходе из нее соответственно, принимается  $\zeta_{вх} = 0,5$ ,  $\zeta_{вых} = 1$  [11];  $\xi$  – коэффициент гидравлического сопротивления, можно принять равным 0,02;  $d$  – диаметр проточной части вытяжной трубы, м.

Скорость воздуха в вытяжной трубе определяется выражением

$$v = \frac{4L}{\pi d^2}. \quad (5.11)$$

2. *Бортовые отсосы* устанавливаются обычно у ванн с вредными и горячими растворами.

Объемный расход воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/с, удаляемого бортовыми отсосами от ванн, определяется по формуле

$$L = K_s K_m B \left( \varphi \frac{T_{ж} - T_e}{3T_e} g B^3 \right)^{0.5} l \cdot 3600, \quad (5.12)$$

где  $K_s = 1,5 - 1,75$  – коэффициент запаса, для особо вредных растворов принимается равным 1,75 – 2;  $K_m$  – коэффициент, учитывающий подсос воздуха с торцов ванны;  $B = 0,35$  для однобортового отсоса, 0,5 – для двухбортового отсоса;  $\varphi$  – угол, образованный границами всасывающего факела (см. формулу (3.13);  $T_{ж}, T_e$  – абсолютные температуры жидкости в ванне и воздуха в помещении соответственно, К;  $B$  – ширина ванны, м;  $l$  – длина ванны, м.

Коэффициент  $K_m$  определяют из соотношений:  
для однобортового отсоса без сдува

$$K_m = \left( 1 + \frac{B}{4l} \right)^2; \quad (5.13)$$

для двухбортового отсоса без сдува

$$K_m = \left( 1 + \frac{B}{8l} \right)^2. \quad (5.14)$$

При наличии сдува  $K_m = 1$ .

## 5.2. Задачи и упражнения

1. Выбрать размер душирующего патрубка типа ПШД, расход воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, и его температуру на выходе из патрубка  $t_0$ , °С для обеспечения на постоянном рабочем месте скорости движения воздуха 2,5 м/с и температуры 19 °С, если температура воздуха в рабочей зоне – 40 °С; расстояние от среза душирующего патрубка до постоянного рабочего места –  $x$  м; температура наружного воздуха после адиабатного охлаждения – 16 °С.

2. Условия те же, что и в первой задаче за исключением температуры наружного воздуха после адиабатного охлаждения, которая составляет 18 °С. Температуру воздуха в рабочей зоне принять  $t_{p,з}$ , °С.

3. Выбрать размер душирующего патрубка типа ПДВ с углом выпуска воздуха 30°, расход воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/ч и его температуру на выходе из патрубка  $t_0$ , °С для обеспечения на постоянном рабочем месте скорости движения воздуха 2,5 м/с и температуры 21 °С, если температура воздуха в рабочей зоне составляет 35 °С; расстояние от среза душирующего патрубка до постоянного рабочего

места – 1,5 м; температура наружного воздуха после адиабатного охлаждения – 19 °С.

4. Выбрать размер душирующего патрубка типа ППД и расход воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, для обеспечения на постоянном рабочем месте скорости движения воздуха 1 м/с и концентрации вредных газов 0,3 мг/л, если расстояние от среза душирующего патрубка до постоянного рабочего места –  $x$  м; концентрация вредных газов в рабочей зоне –  $c_{р.з}$ , мг/л, концентрация вредных газов в приточном воздухе – 0,02 мг/л.

5. Определить расход воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/ч через вытяжной шкаф и высоту трубы при естественной вытяжке  $h$ , м. Высота открытого проема шкафа составляет 0,3 м; его площадь – 0,1 м<sup>2</sup>; конвективный тепловой поток от источников тепловыделения составляет 2 кВт; диаметр вытяжной трубы –  $d$ ; температура воздуха внутри помещения составляет 22 °С; внутри шкафа –  $t_2$ , °С.

6. Определить расход воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, удаляемый вытяжным зонтом и высоту трубы при естественной вытяжке  $h$ , м. Расстояние от нагретой поверхности до воздухоприемного сечения зонта составляет 0,5 м; площадь воздухоприемного сечения зонта – 0,15 м<sup>2</sup>; конвективный тепловой поток от источников тепловыделения составляет 0,5 кВт; диаметр вытяжной трубы принять равным 0,2 м; температура воздуха в помещении составляет 20 °С; внутри зонта –  $t_2$ , °С.

7. Определить объемный расход воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/с, удаляемого бортовым отсосом без сдува от ванны травления серной кислоты, установленной у стены. Температуру раствора в ванне принять  $T_{ж}$ , К; температура воздуха в помещении составляет 20 °С; ширина ванны составляет 0,9 м; длина ванны –  $l$ , м.

8. На сколько изменится расход воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/с, по условиям предыдущей задачи, если а) ванну расположить рядом с другой такой же ванной без отсоса; б) ванну расположить в середине помещения; в) использовать двухбортовой отсос; г) применить отсос со сдувом.

## 6. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМО- И МАССООБМЕНА В АППАРАТАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА.

### 6.1. Основные понятия и определения

Интенсивность переноса теплоты характеризуется плотностью теплового потока. Плотность теплового потока - это количество теплоты, передаваемое в единицу времени через единичную плотность поверхности,  $q$  [Вт/м<sup>2</sup>].

Мощность теплового потока или просто тепловой поток - это количество теплоты, передаваемое в единицу времени через произвольную поверхность  $F$ , [Вт].

$$q=Q/F, \text{ Вт/м}^2 \quad (6.1)$$

поверхность теплообмена  $F$  - это поверхность, через которую происходит передача тепла. Например, при остывании теплоносителя в трубе диаметром  $d$  и длиной  $l$ , тепло передается от горячего теплоносителя к окружающей среде через цилиндрическую поверхность трубы. В этом случае  $F = \pi \cdot d \cdot l$ .

Перенос теплоты зависит от распределения температуры по объему тела или пространства. Температурным полем называется совокупность мгновенных значений температуры во всех точках тела или системы тел в данный момент времени. Математическое описание температурного поля имеет вид:

$$t=f(x,y,z,\tau), \quad (6.2)$$

где  $t$  - температура;

$x,y,z$  - пространственные координаты;

$\tau$  - время.

Температурное поле, описываемое приведенным уравнением, называется нестационарным. В этом случае температуры зависят от времени.

В том случае, когда распределение температуры в теле не изменяется со временем, температурное поле называется стационарным

$$t=f(x,y,z), \quad (6.3)$$

если температура изменяется только по одной или двум пространственным координатам, то температурное поле называется соответственно одно- и двухмерным:

$$t=f(x,\tau), \quad (6.4)$$

Температурные поля (1.2) и (1.3) называются трехмерными.

Поверхность, во всех точках которой температура одинакова, называется изотермической. Изотермические поверхности могут быть замкнутыми, но не могут пересекаться. Быстрее всего температура изменяется при движении в направлении, перпендикулярном изотермической поверхности. Скорость изменения температуры по нормали к изотермической поверхности характеризуется градиентом температуры.

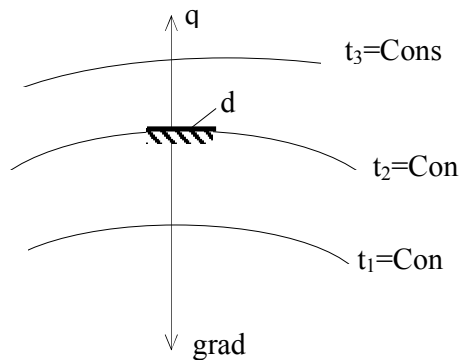


Рисунок 6.1 - Расположение градиента температуры и вектора теплового потока относительно изотермы  $t_2=Const$  температурного поля

Градиент температуры ( $grad\ t$ ) - есть вектор, направленный по нормали к изотермической поверхности и численно равный производной пот температуры по этому направлению:

$$grad\ t = n_0 \frac{\partial}{\partial n}, \quad (6.5)$$

где  $n_0$  -единичный вектор, направленный в сторону возрастания температур нормально к изотермической поверхности.

## 6.2. Теория теплопроводности.

**Закон Фурье.** Теория теплопроводности рассматривает тело как непрерывную среду. Согласно основному закону теплопроводности - закону Фурье - вектор плотности теплового потока, передаваемого теплопроводностью, пропорционален вектору градиента температуры:

$$q = -\lambda \cdot grad\ t = -\lambda n_0 \frac{\partial}{\partial n}, \quad (6.6)$$

где  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К). Он характеризует способность вещества, из которого состоит рассматриваемое тело, проводить теплоту.

Знак «-» указывает на противоположное направление вектора теплового потока и вектора градиента температуры. Вектор плотности теплового потока  $q$  всегда направлен в сторону наибольшего уменьшения температуры.

скалярная величина вектора плотности теплового потока:

$$q = -\lambda \frac{\partial}{\partial n}, \quad (6.7)$$

Из формулы следует, что коэффициент теплопроводности  $\lambda$  определяет плотность теплового потока при градиенте температуры 1 К/м.

коэффициент теплопроводности является физическим параметром и зависит от химической природы вещества и его физического состояния (плотности, влажности, давления, температуры).



### Однослойная плоская стенка.

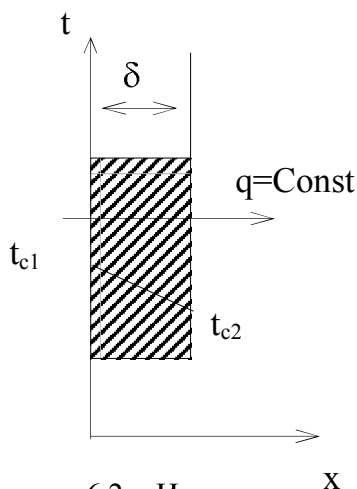


Рисунок 6.2 - Изменение температур по толщине однородной плоской стенки

Рассмотрим однородную плоскую стенку толщиной  $\delta$ , на поверхностях которой поддерживаются температуры  $t_{c1}$  и  $t_{c2}$ , причем  $t_{c1} > t_{c2}$  (рис.2.2). температура изменяется только по толщине стенки - по одной координате  $x$ , коэффициент теплопроводности  $\lambda \approx const$ . Теплового потока в этом случае, в соответствии с законом Фурье, определяется по формуле:

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx} = \lambda \frac{(t_{c1} - t_{c2})}{\delta}, (6.8)$$

или

$$q = \frac{\Delta t}{\frac{\delta}{\lambda}} = \frac{\Delta t}{R_{\lambda}}, (6.9)$$

где  $\Delta t = t_{c1} - t_{c2}$ , причем  $t_{c1} > t_{c2}$ ;

$R_{\lambda} = \delta / \lambda$  - внутреннее термическое сопротивление теплопроводности стенки,  $(m^2 \cdot K) / W$ .

Распределение температур в плоской однородной стенке - линейное.

В большинстве практических задач приближенно предполагается, что коэффициент теплопроводности  $\lambda$  не зависит от температуры и одинаков по всей толщине стенки. значение  $\lambda$  находят в справочниках при средней температуре  $t_{cp} = 0,5 \cdot (t_{c1} + t_{c2})$ .

Тепловой поток (мощность теплового потока) определяется по формуле:

$$Q = q \cdot F = (t_{c1} - t_{c2}) \cdot F \cdot \lambda / \delta, (6.10)$$

### Многослойная плоская стенка

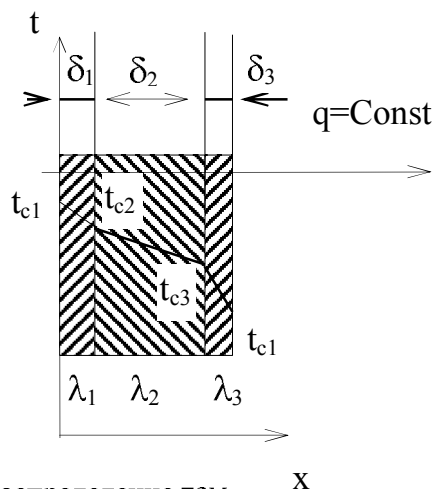


Рисунок 6.3 - Распределение температур по толщине многослойной плоской стенки

Рассмотрим для тех же условий многослойную плоскую стенку с толщиной слоев  $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$  с соответствующими коэффициентами теплопроводности  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  (рисунок 6.4). Здесь слои плотно прилегают друг к другу.

В этом случае плотность теплового потока определяется по формуле:

$$q = \frac{t_{c1} - t_{c(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} = \frac{\Delta t}{\sum_{i=1}^n R_{\lambda i}}, \quad (6.11)$$

где  $n$  - число слоев многослойной стенки;

$t_{c1}$  и  $t_{c(n+1)}$  - температуры на внешних границах многослойной стенки;

$\sum_{i=1}^n R_{\lambda i}$  - полное термическое сопротивление многослойной плоской стенки.

Плотность теплового потока, проходящего через все слои, в стационарном режиме одинакова. А так как коэффициент теплопроводности  $\lambda$  различен, то для плоской многослойной стенки распределение температур - ломанная линия.

Рассчитав тепловой поток через многослойную стенку, можно найти температуру на границе любого слоя. Для  $k$ -го слоя можно записать:

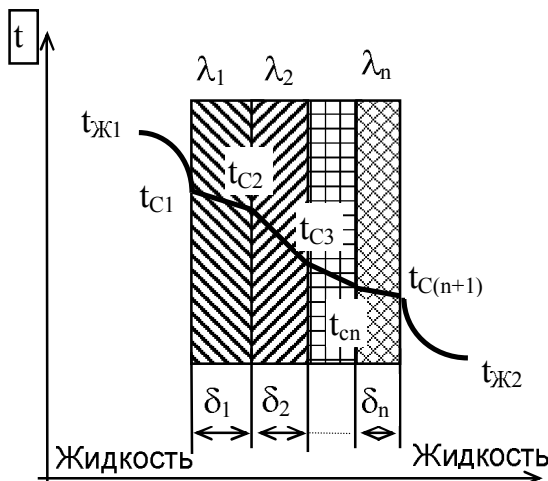
$$t_{c(k+1)} = t_{c1} - q \sum_{i=1}^k R_{\lambda i}, \quad (6.12)$$

### 6. 3. Теплопередача

В технике часто приходится рассчитывать стационарный процесс переноса теплоты от одного теплоносителя другому через разделяющую стенку. Такой процесс называется теплопередачей.

**Плоская стенка.** Рассмотрим теплопередачу через разделяющую из многослойную плоскую стенку. Здесь передача теплоты делится на три процесса:

1) В начале теплота передается от горячего теплоносителя  $t_{ж1}$  к поверхности стенки путем конвективного теплообмена, который может сопровождаться излучением. Интенсивность процесса теплоотдачи характеризуется коэффициентом теплоотдачи  $\alpha_1$ .



2) Затем теплота теплопроводностью переносится поочередно от одной поверхности стенки к другой, которая характеризуется коэффициентом теплопроводности  $\lambda(\lambda_1, \dots, \lambda_n)$ .

Рисунок 6.4 - Распределение температур при теплопередаче через многослойную плоскую стенку

3) И, наконец, теплота опять путем конвективного теплообмена передается от поверхности стенки к холодной жидкости  $t_{ж2}$ . Этот процесс характеризуется коэффициентом теплоотдачи  $\alpha_2$ .

При стационарном режиме плотность теплового потока во всех трех процессах одинакова и может быть записана следующим образом:

1. по закону Ньютона - Рихмана

$$q = \alpha_1 \cdot (t_{ж1} - t_{c1}) = \frac{l}{R_{\alpha1}} \cdot (t_{ж1} - t_{c1}), \quad (6.13)$$

2. по закону Фурье

$$q = \frac{t_{c1} - t_{c(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} = \frac{t_{c1} - t_{c(n+1)}}{\sum_{i=1}^n R_{\lambda i}}, \quad (6.14)$$

3. по закону Ньютона - Рихмана

$$q = \alpha_2 \cdot (t_{c(n+1)} - t_{ж2}) = \frac{l}{R \cdot \alpha_2} \cdot (t_{c(n+1)} - t_{ж2}), \quad (6.15)$$

где  $R_{\alpha1} = \frac{l}{\alpha_1}$  и  $R_{\alpha2} = \frac{l}{\alpha_2}$  - термическое сопротивление внешней теплоотдачи соответственно от горячего теплоносителя к стенке и от стенки к холодному теплоносителю.

Из вышеприведенных уравнений составив систему уравнений:

$$\begin{cases} t_{ж1} - t_{c1} = q \cdot R_{\alpha1} \\ t_{c1} - t_{c(n+1)} = q \cdot \sum_{i=1}^n R_{\lambda i} \\ t_{c(n+1)} - t_{ж2} = q \cdot R_{\alpha2} \end{cases}, \quad (6.16)$$

и сложив правые и левые части, получим уравнения теплопередачи через многослойную плоскую стенку:

$$t_{ж1} - t_{ж2} = q \cdot (R_{\alpha1} + \sum_{i=1}^n R_{\lambda i} + R_{\alpha2}) \quad (6.17)$$

или

$$q = \frac{t_{ж1} - t_{ж2}}{R_{\alpha1} + \sum_{i=1}^n R_{\lambda i} + R_{\alpha2}} = \frac{\Delta t}{R_k}, \quad (6.18)$$

где  $\Delta t = (t_{ж1} - t_{ж2})$  - температурный напор, заданный условиями задачи;

$R_k$  - термическое сопротивление теплопередачи от горячего теплоносителя к холодному.

Величина, обратная  $R_k$ , называется коэффициентом теплопередачи  $K$ :

$$K = \frac{1}{R_k} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (6.19)$$

Коэффициент теплопередачи  $K$  характеризует интенсивность процесса теплопередачи от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку.

Тогда уравнение теплопередачи можно записать:

$$q = K \cdot (t_{ж1} - t_{ж2}) = \frac{t_{ж1} - t_{ж2}}{R_k} \text{ или } Q = K \cdot (t_{ж1} - t_{ж2}) \cdot F \quad (6.20)$$

Граничные температуры определяются из:

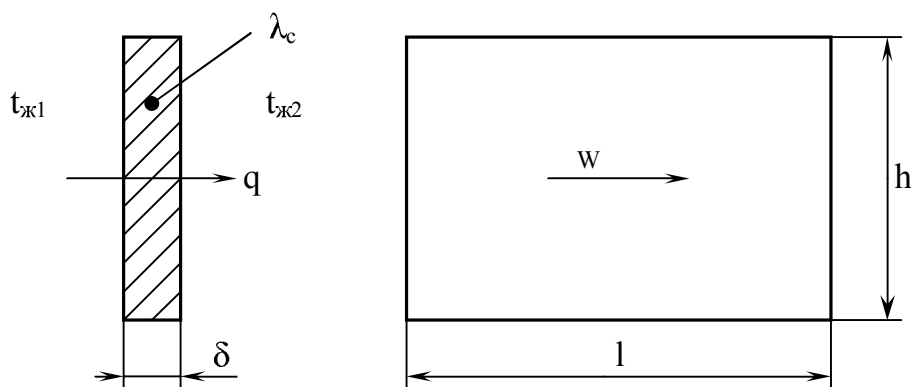
$$t_{c1} = t_{ж1} - q \cdot R_{\alpha 1}$$

$$t_{c(n+1)} = t_{ж1} - q \cdot (R_{\alpha 1} + \sum_{i=1}^n R_{\lambda i}) = t_{ж2} - q \cdot R_{\alpha 2}, \quad (6.21)$$

Очевидно, что для однослойной плоской стенки формулы справедливы, где  $\sum_{i=1}^n R_{\lambda i} = R_{\lambda}$ ,  $\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{\delta}{\lambda}$ ,  $t_{c(n+1)} = t_{c2}$ . (6.22)

### **Пример 1**

В теплообменном аппарате вертикальная плоская стенка толщиной  $\delta = 5,5$  мм, длиной  $l = 1,45$  м и высотой  $h = 0,95$  м выполнена из стали с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_c = 50$  Вт/(мК) (рис. 1). С одной стороны она омывается продольным вынужденным потоком горячей жидкости (воды) со скоростью  $w = 0,525$  м/с и температурой  $t_{ж1} = 80$  °С (вдали от стенки), с другой стороны – свободным потоком атмосферного воздуха с температурой  $t_{ж2} = 10$  °С.



Требуется:

1. Определить плотность теплового потока  $q$ . Результаты расчетов занести в таблицу. Лучистым теплообменом пренебречь из-за малых значений  $t_{ж1}$  и  $t_{ж2}$ .
2. Провести расчетное исследование вариантов интенсификации теплопередачи при неизменной разности температур между горячим и холодным теплоносителями.

2.1. Определить коэффициент теплопередачи при:

а) увеличении в 5, 10, 15 раз коэффициентов теплопередачи  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и поверхности стенки F как со стороны горячей жидкости ( $K_{5\alpha_1}$ ,  $K_{10\alpha_1}$ ,  $K_{15\alpha_1}$ ,  $K_{p5F_1}$ ,  $K_{p10F_1}$ ,  $K_{p15F_1}$ ), так и со стороны воздуха ( $K_{5\alpha_2}$ ,  $K_{10\alpha_2}$ ,  $K_{15\alpha_2}$ ,  $K_{p5F_2}$ ,  $K_{p10F_2}$ ,  $K_{p15F_2}$ ).

б) замене стальной стенки на латунную ( $K_{\lambda_{\text{л}}}$ ), алюминиевую ( $K_{\lambda_{\text{ал}}}$ ) и медную ( $K_{\lambda_{\text{м}}}$ ) с коэффициентами теплопроводности соответственно  $\lambda_{\text{л}} = 102 \text{ Вт/(м·К)}$ ,  $\lambda_{\text{ал}} = 202 \text{ Вт/(м·К)}$ ,  $\lambda_{\text{м}} = 393 \text{ Вт/(м·К)}$ .

Результаты расчетов занести в таблицу.

2.2. Определить степень увеличения коэффициента теплопередачи при изменении каждого из варьируемых факторов  $\sigma_i$  по формуле:  $\sigma_i = K_i/K$ , где K,  $K_i$  – коэффициенты теплопередачи до и после интенсификации теплопередачи.

Результаты расчетов свести в таблицу.

2.3. Обозначив степень изменения варьируемых факторов через z, построить в масштабе (на одном рисунке) графики:  $\sigma_{\alpha_1} = f_1(z)$ ,  $\sigma_{F_1} = f_2(z)$ ,  $\sigma_{\alpha_2} = f_3(z)$ ,  $\sigma_{F_2} = f_4(z)$ ,  $\sigma_{\lambda} = f_5(z)$ .

2.4. Проанализировать полученные результаты и сформулировать выводы о целесообразных путях интенсификации теплопередачи.

Решение:

1. Для нахождения коэффициентов теплоотдачи  $\alpha$  необходимо выбрать уравнения подобия и найти числа подобия.

При вынужденном обтекании плоской поверхности может быть использовано следующее уравнение подобия:

$$Nu_{\text{ж1}} = c Re_{\text{ж1}}^{n_1} \cdot Pr_{\text{ж1}}^{n_2} \left( \frac{Pr_{\text{ж1}}}{Pr_{\text{с1}}} \right)^{0,25};$$

Для воды при температуре  $80^\circ\text{C}$  характерны следующие параметры:

$$\nu = 0,365 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}; \quad Pr_{\text{ж1}} = 2,21; \quad \lambda_{\text{ж1}} = 67,4 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м·К)};$$

$$Re_{\text{ж1}} = \frac{wl}{\nu} = \frac{0,525 \cdot 1,45}{0,365 \cdot 10^{-6}} = 20,85 \cdot 10^5;$$

$$Re_{\text{ж1}} > 5 \cdot 10^5 \Rightarrow c = 0,037; \quad n_1 = 0,8; \quad n_2 = 0,43;$$

Зададимся температурами поверхностей стенки со стороны охлаждаемой  $t_{\text{с1}}$  и нагреваемой  $t_{\text{с2}}$  сред. Учитывая рекомендации (для металлических стенок в первом приближении можно принять  $t_{\text{с1}} = t_{\text{с2}} = t_{\text{с}}$ ; температура стенки всегда ближе к температуре той среды, со стороны которой  $\alpha$  выше; при вынужденном движении величина  $\alpha$  обычно значительно больше, чем при свободном), выбираем  $t_{\text{с1}} = t_{\text{с2}} = t_{\text{с}} = 75^\circ\text{C}$ .

При температуре  $75^\circ\text{C}$   $Pr_{\text{с1}} = 2,38$ .

$$Nu_{\text{ж1}} = 0,037 \cdot (20,86 \cdot 10^5)^{0,8} \cdot 2,21^{0,43} \cdot \left( \frac{2,21}{2,38} \right)^{0,25} = 5803,576;$$

При свободном движении (естественной конвекции) вдоль вертикальных поверхностей может быть использовано следующее уравнение подобия:

$$Nu_{ж2h} = c(Gr_{ж2h} \cdot Pr_{ж2})^m \left( \frac{Pr_{ж2}}{Pr_{c2}} \right);$$

Для воздуха при температуре 10°C характерны следующие параметры:

$$\nu = 14,16 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}; \quad Pr_{ж2} = 0,705; \quad \lambda_{ж2} = 2,51 \cdot 10^{-2} \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$$

а при температуре 75°C  $Pr_{c2} = 0,693$ .

$$Gr_{ж2h} = \frac{g \cdot h^3 \cdot \beta}{\nu^2} \Delta t, \text{ где } \beta = \frac{1}{T};$$

$$Gr_{ж2h} = \frac{9,81 \cdot 0,95^3 \cdot 1/283}{(14,16 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 65 = 9,635 \cdot 10^9;$$

$$Gr_{ж2h} \cdot Pr_{ж2} = 0,705 \cdot 9,635 \cdot 10^9 = 6,792 \cdot 10^9;$$

$$Gr_{ж2h} \cdot Pr_{ж2} > 10^9 \Rightarrow c = 0,15; m = 0,33;$$

$$Nu_{ж2h} = 0,15 \cdot (6,792 \cdot 10^9)^{0,33} \cdot \left( \frac{0,705}{0,693} \right)^{0,25} = 264,554;$$

Коэффициенты теплоотдачи:

$$\alpha_1 = Nu_{ж1l} \cdot \frac{\lambda_{ж1}}{l} = 5803,576 \cdot \frac{67,4 \cdot 10^{-2}}{1,45} = 2697,662 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right);$$

$$\alpha_2 = Nu_{ж2h} \cdot \frac{\lambda_{ж2}}{h} = 264,554 \cdot \frac{2,51 \cdot 10^{-2}}{0,95} = 6,990 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right);$$

Коэффициент теплопередачи K для плоской стенки:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2697,662} + \frac{0,0055}{50} + \frac{1}{6,990}} = 6,9666 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right);$$

Плотность теплового потока:

$$q = K(t_{ж1} - t_{ж2}) = 6,9666 \cdot (80 - 10) = 487,662 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right);$$

Проверка правильности принятия для температур  $t_{c1}$  и  $t_{c2}$  для расчета:

$$t'_{c1} = t_{ж1} - \frac{q}{\alpha_1} = 80 - \frac{487,662}{2697,662} = 79,819(^{\circ}\text{C});$$

$$t'_{c2} = t_{ж2} + \frac{q}{\alpha_2} = 10 + \frac{487,662}{6,990} = 79,766(^{\circ}\text{C});$$

Отклонения:

$$\Theta_1 = \frac{t'_{c1} - t_{c1}}{t'_{c1}} = \frac{79,819 - 75}{79,819} 100\% = 6,04\% < 10\% \Rightarrow \text{допустимо};$$

$$\Theta_2 = \frac{t'_{c2} - t_{c2}}{t'_{c2}} = \frac{79,766 - 75}{79,766} 100\% = 5,97\% < 10\% \Rightarrow \text{допустимо};$$

Таблица 1

## Результаты расчета

$\alpha_1$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)	$\alpha_2$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)	$1/\alpha_1$ , м <sup>2</sup> К/Вт	$1/\alpha_2$ , м <sup>2</sup> К/Вт	$\delta/\lambda_c$ , м <sup>2</sup> К/Вт	R, м <sup>2</sup> К/Вт	K, Вт/(м <sup>2</sup> К)	q, Вт/(м <sup>2</sup> К)
2697,662	6,990	0,0004	0,1431	0,0001	0,1436	6,9666	487,662

2.1. Коэффициенты теплопередачи при изменении каждого из варьируемых факторов:

$$K_{5\alpha_1} = \frac{1}{\frac{1}{5\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{5 \cdot 2697,662} + \frac{0,0055}{50} + \frac{1}{6,990}} = 6,9810;$$

$$K_{10\alpha_1} = \frac{1}{\frac{1}{10\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{10 \cdot 2697,662} + \frac{0,0055}{50} + \frac{1}{6,990}} = 6,9828;$$

$$K_{15\alpha_1} = \frac{1}{\frac{1}{15\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{15 \cdot 2697,662} + \frac{0,0055}{50} + \frac{1}{6,990}} = 6,9834;$$

$$K_{5\alpha_2} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_c} + \frac{1}{5\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2697,662} + \frac{0,0055}{50} + \frac{1}{5 \cdot 6,990}} = 34,3725;$$

$$K_{10\alpha_2} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_c} + \frac{1}{10\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2697,662} + \frac{0,0055}{50} + \frac{1}{10 \cdot 6,990}} = 67,6277;$$

$$K_{15\alpha_2} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_c} + \frac{1}{15\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2697,662} + \frac{0,0055}{50} + \frac{1}{15 \cdot 6,990}} = 99,8191;$$

$$K_{p5F_1} = \frac{1}{\frac{1}{5\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{5 \cdot 2697,662} + \frac{0,0055}{50} + \frac{1}{6,990}} = 6,9810;$$

$$K_{p10F_1} = \frac{1}{\frac{1}{10\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{10 \cdot 2697,662} + \frac{0,0055}{50} + \frac{1}{6,990}} = 6,9828;$$

$$K_{p15F_1} = \frac{1}{\frac{1}{15\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{15 \cdot 2697,662} + \frac{0,0055}{50} + \frac{1}{6,990}} = 6,9834;$$

$$K_{p5F_2} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_c} + \frac{1}{5\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2697,662} + \frac{0,0055}{50} + \frac{1}{5 \cdot 6,990}} = 34,3725;$$

$$K_{p_{10F_2}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_c} + \frac{1}{10\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2697,662} + \frac{0,0055}{50} + \frac{1}{10 \cdot 6,990}} = 67,6277;$$

$$K_{p_{15F_2}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_c} + \frac{1}{15\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2697,662} + \frac{0,0055}{50} + \frac{1}{15 \cdot 6,990}} = 99,8191;$$

$$K_{\lambda_{\lambda}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{\lambda}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2697,662} + \frac{0,0055}{102} + \frac{1}{6,990}} = 6,9693;$$

$$K_{\lambda_{ал}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{ал}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2697,662} + \frac{0,0055}{202} + \frac{1}{6,990}} = 6,9706;$$

$$K_{\lambda_M} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_M} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2697,662} + \frac{0,0055}{393} + \frac{1}{6,990}} = 6,9713;$$

Таблица 2

Результаты расчета

$K_{5\alpha_1}$	$K_{10\alpha_1}$	$K_{15\alpha_1}$	$K_{p_{5F_1}}$	$K_{p_{10F_1}}$	$K_{p_{15F_1}}$	$K_{5\alpha_2}$	$K_{10\alpha_2}$
6,9810	6,9828	6,9834	6,9810	6,9828	6,9834	34,3725	67,6277
Вт/(м²К)							
$K_{15\alpha_2}$	$K_{p_{5F_2}}$	$K_{p_{10F_2}}$	$K_{p_{15F_2}}$	$K_{\lambda_{\lambda}}$	$K_{\lambda_{ал}}$	$K_{\lambda_M}$	
99,8191	34,3725	67,6277	99,8191	6,9693	6,9706	6,9713	
Вт/(м²К)							

2.2. Степень увеличения коэффициента:

$$\sigma_{5\alpha_1} = \frac{K_{5\alpha_1}}{K} = \frac{6,9810}{6,9666} = 1,0021; \quad \sigma_{10\alpha_1} = \frac{K_{10\alpha_1}}{K} = \frac{6,9828}{6,9666} = 1,0023;$$

$$\sigma_{15\alpha_1} = \frac{K_{15\alpha_1}}{K} = \frac{6,9834}{6,9666} = 1,0024; \quad \sigma_{5\alpha_2} = \frac{K_{5\alpha_2}}{K} = \frac{34,3725}{6,9666} = 4,9339;$$

$$\sigma_{10\alpha_2} = \frac{K_{10\alpha_2}}{K} = \frac{67,6277}{6,9666} = 9,7074; \quad \sigma_{15\alpha_2} = \frac{K_{15\alpha_2}}{K} = \frac{99,8191}{6,9666} = 14,3282;$$

$$\sigma_{5F_1} = \frac{K_{p_{5F_1}}}{K} = \frac{6,9810}{6,9666} = 1,0021; \quad \sigma_{10F_1} = \frac{K_{p_{10F_1}}}{K} = \frac{6,9828}{6,9666} = 1,0023;$$

$$\sigma_{15F_1} = \frac{K_{p_{15F_1}}}{K} = \frac{6,9834}{6,9666} = 1,0024; \quad \sigma_{5F_2} = \frac{K_{p_{5F_2}}}{K} = \frac{34,3725}{6,9666} = 4,9339;$$

$$\sigma_{10F_2} = \frac{K_{p_{10F_2}}}{K} = \frac{67,6277}{6,9666} = 9,7074; \quad \sigma_{15F_2} = \frac{K_{p_{15F_2}}}{K} = \frac{99,8191}{6,9666} = 14,3282;$$



$$\sigma_{\lambda_{\text{л}}} = \frac{K_{\lambda_{\text{л}}}}{K} = \frac{6,9693}{6,9666} = 1,0004; \quad \sigma_{\lambda_{\text{ал}}} = \frac{K_{\lambda_{\text{ал}}}}{K} = \frac{6,9706}{6,9666} = 1,0006;$$

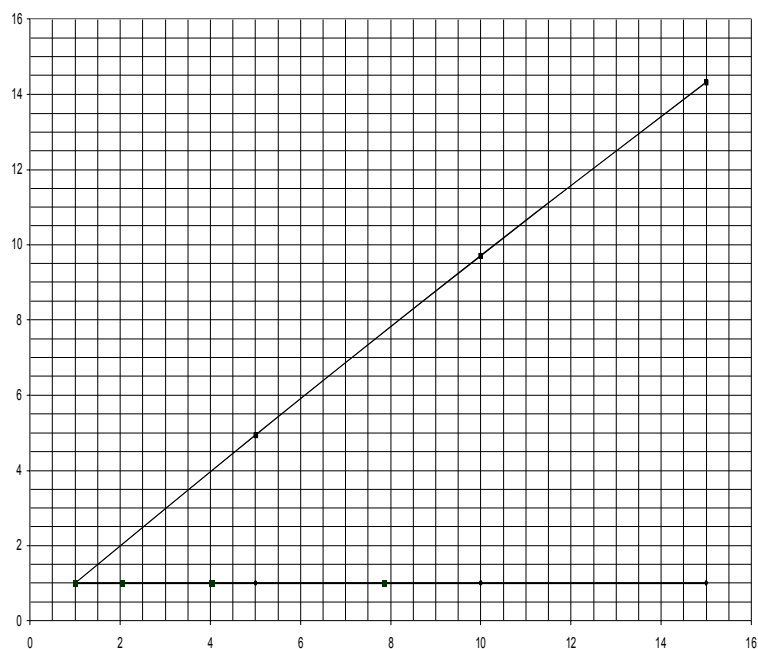
$$\sigma_{\lambda_{\text{м}}} = \frac{K_{\lambda_{\text{м}}}}{K} = \frac{6,9713}{6,9666} = 1,0007;$$

Таблица 3

Результаты расчета

$\sigma_{5\alpha_1}$	$\sigma_{10\alpha_1}$	$\sigma_{15\alpha_1}$	$\sigma_{5F_1}$	$\sigma_{10F_1}$	$\sigma_{15F_1}$	$\sigma_{5\alpha_2}$	$\sigma_{10\alpha_2}$
1,0021	1,0023	1,0024	1,0021	1,0023	1,0024	4,9339	9,7074
$\sigma_{15\alpha_2}$	$\sigma_{5F_2}$	$\sigma_{10F_2}$	$\sigma_{15F_2}$	$\sigma_{\lambda_{\text{л}}}$	$\sigma_{\lambda_{\text{ал}}}$	$\sigma_{\lambda_{\text{м}}}$	
14,3282	4,9339	9,7074	14,3282	1,0004	1,0006	1,0007	

2.3. Графики:  $\sigma_{\alpha_1} = f_1(z)$ ,  $\sigma_{F_1} = f_2(z)$ ,  $\sigma_{\alpha_2} = f_3(z)$ ,  $\sigma_{F_2} = f_4(z)$ ,  $\sigma_{\lambda} = f_5(z)$ .



Наклонная линия характеризует 2 наложенных друг на друга графика функций  $\sigma_{\alpha_2} = f_3(z)$  и  $\sigma_{F_2} = f_4(z)$ . Линия, почти параллельная оси абсцисс, характеризует 3 наложенных друг на друга графика функций  $\sigma_{\alpha_1} = f_1(z)$ ,  $\sigma_{F_1} = f_2(z)$  и  $\sigma_{\lambda} = f_5(z)$ .

#### 2.4. Выводы:

1. из таблицы 1 видно, что величину полного термического сопротивления и коэффициента теплопередачи определяет термическое сопротивление теплоотдачи со стороны стенки, омываемой свободным потоком атмосферного воздуха.

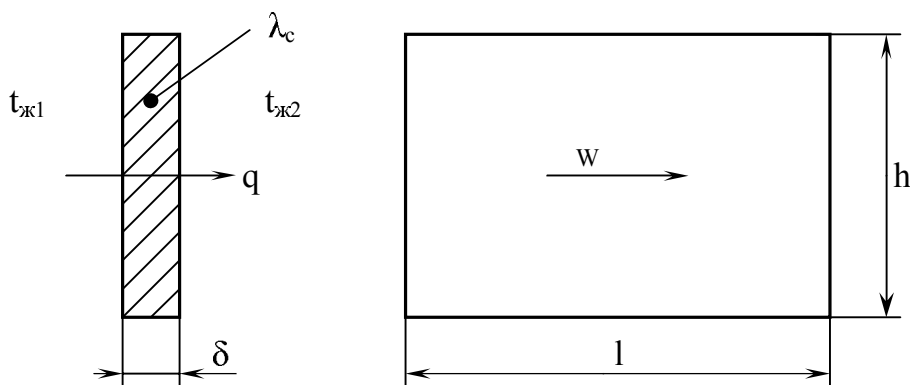
2. из графика, таблиц 2 и 3 видно, что увеличение коэффициента теплоотдачи и поверхности стенки со стороны горячей жидкости, а также изменение материала стенки практически не увеличивают теплопередачу. А увеличение коэффициента теплоотдачи и поверхности стенки со стороны воздуха является эффективным средством ее интенсификации, поскольку термическое сопротивление со стороны стенки, омываемой свободным

потоком атмосферного воздуха, вносит наибольший вклад в полное термическое сопротивление теплопередачи.

3. необходимо уменьшать наибольшее из частных термических сопротивлений, предварительно численно вычислив каждое сопротивление.

#### 6.4. Задачи и упражнения.

В теплообменном аппарате вертикальная плоская стенка толщиной  $\delta$ , мм, длиной  $l$ , м и высотой  $h$ , м выполнена из стали с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_c$ , Вт/(мК) (рис.). С одной стороны она омывается продольным вынужденным потоком горячей жидкости (воды) со скоростью  $w$ , м/с и температурой  $t_{ж1}$ , °С (вдали от стенки), с другой стороны – свободным потоком атмосферного воздуха с температурой  $t_{ж2}$ , °С.



1. Определить плотность теплового потока  $q$ . Лучистым теплообменом пренебречь из-за малых значений  $t_{ж1}$  и  $t_{ж2}$ .

2. Провести расчетное исследование вариантов интенсификации теплопередачи при неизменной разности температур между горячим и холодным теплоносителями.

2.1. Определить коэффициент теплопередачи при:

а) увеличении в 5, 10, 15 раз коэффициентов теплопередачи  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и поверхности стенки  $F$  как со стороны горячей жидкости, так и со стороны воздуха.

б) замене стальной стенки на латунную ( $K_{\lambda_{л}}$ ), алюминиевую ( $K_{\lambda_{ал}}$ ) и медную ( $K_{\lambda_{м}}$ ).

2.2. Определить степень увеличения коэффициента теплопередачи при изменении каждого из варьируемых факторов  $\sigma_i$ .

2.3. Обозначив степень изменения варьируемых факторов через  $z$ , построить в масштабе (на одном рисунке) графики:  $\sigma_{\alpha_1} = f_1(z)$ ,  $\sigma_{F_1} = f_2(z)$ ,  $\sigma_{\alpha_2} = f_3(z)$ ,  $\sigma_{F_2} = f_4(z)$ ,  $\sigma_{\lambda} = f_5(z)$ .

2.4. Проанализировать полученные результаты и сформулировать выводы о целесообразных путях интенсификации теплопередачи.

## Библиографический список.

### Основная литература

1. Каменев, П. Н. Вентиляция : учебник для вузов / П. Н. Каменев, Е. И. Тертичник .— М. : АСВ, 2008 .— 616 с. : ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-93093-436-6 (в пер.) .

2. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пособие для вузов / Б. М. Хрусталева [и др.] ; под общ. ред. Б. М. Хрусталева .— 3-е изд, испр. и доп. — М. : АСВ, 2008 .— 784 с. : ил. — На обл. и корешке указ. три авт. — Библиогр. в конце гл. — ISBN 978-5-93093-394-9 (в пер.) : 627,00.

### Дополнительная литература

1. Еремкин , А. И. Тепловой режим зданий : учеб. пособие для вузов / А. И. Еремкин , Т. И. Королева .— Ростов-н/Д : Феникс, 2008 .— 365 с. : ил .— (Высшее образование) .— Библиогр.: с. 358-360 .— ISBN 978-5-222-12605-9 (в пер.) .

2. Изельт П. Увлажнение воздуха. Системы и применение: (учеб. пособие/ Изельт П., Арндт. У., Вильке М. – М.: Техносфера., 2007. -216с.:ил.- Библиогр. в начале кн.- ISBN 978-5-94836-136-9/в пер./: 512.00.

3. Луканин В.Н. Теплотехника: Учебник для вузов/Луканин В.Н. - 5 изд. стер. - М.: Высшая школа,2006.-671с.:ил.- Библиогр. в конце кн.- ISBN 5-0600-3958-7/в пер./: 364.06.

### Периодические издания

1. журнал "Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика"

### Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. <http://tgv.khstu.ru/lib/learn/> - информационно-справочный сервер кафедры ТТГВ ИСФ ТОГУ

Рассмотрено на заседании кафедры СТС  
Протокол №\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.  
Зав. кафедрой СТС \_\_\_\_\_

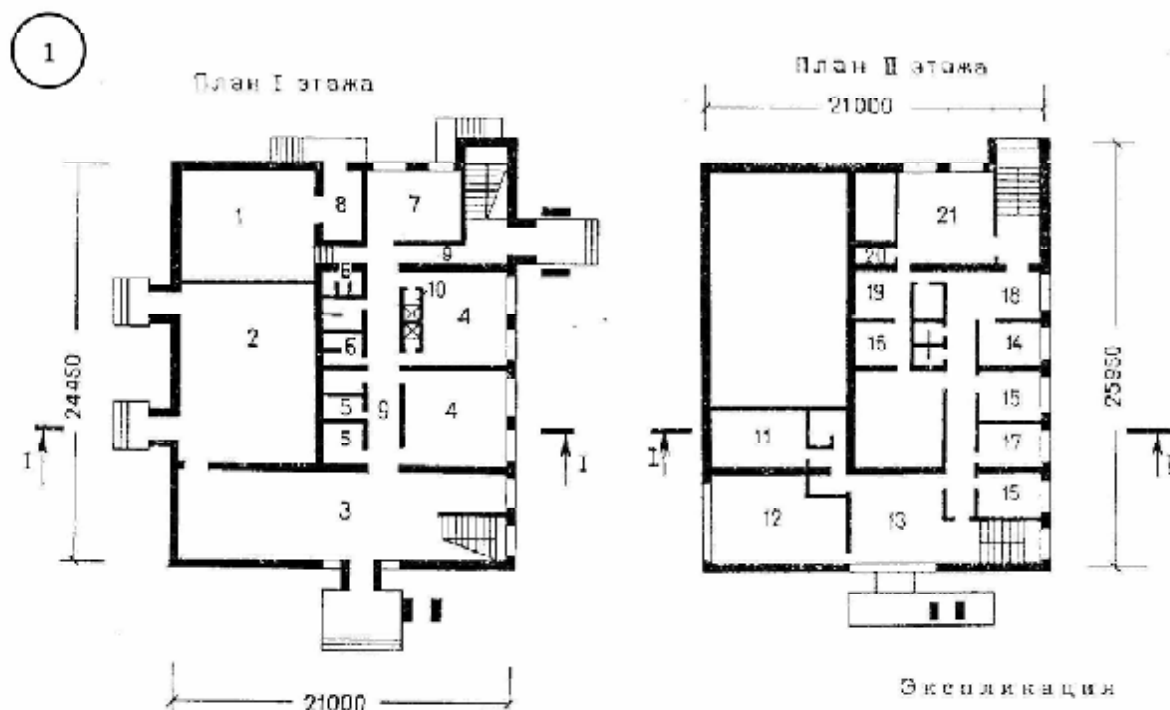
Р.А.Ковалев

## Приложения

## Территориальное расположение объекта

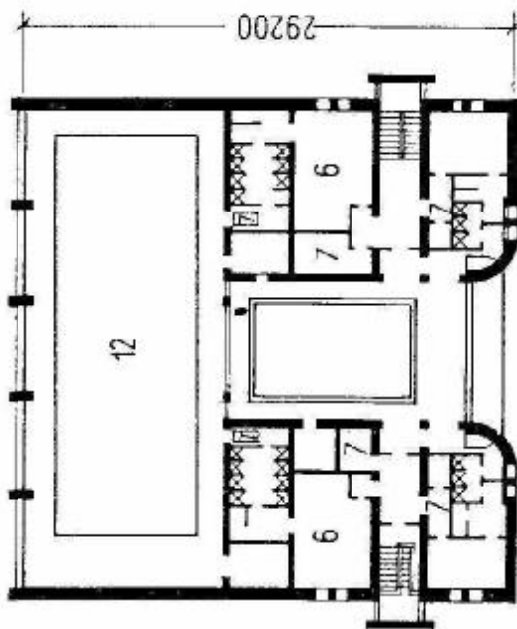
Номер варианта (номер по списку)	Район строительства (город)	Номер варианта (номер по списку)	Район строительства (город)
1	Абакан	31	Саратов
2	Архангельск	32	Самара
3	Астрахань	33	Томск
4	Белгород	34	Тюмень
5	Биробиджан	35	Улан-Удэ
6	Благовещенск	36	Уссурийск
7	Братск, Ирк.	37	Хабаровск
8	Брянск	38	Челябинск
9	Владивосток	39	Чита
10	Владимир	40	Южно-Сахалинск
11	Волгоград	41	Владивосток
12	Вологда	42	Иркутск
13	Воронеж	43	Хабаровск
14	Выборг	44	Новосибирск
15	Зея, Амурской обл.	45	Омск
16	Иваново	46	Тюмень
17	Иркутск	47	Братск
18	Казань	48	Пермь
19	Тверь	49	Екатеринбург
20	Калуга	50	Челябинск
21	Кемерово	51	Оренбург
22	Киров	52	Казань
23	Красноярск	53	Магадан
24	Курган	54	Петрозаводск
25	Курск	55	Санкт-Петербург
26	Липецк	56	Москва
27	Москва	57	Воронеж
28	Мурманск	58	Пенза
29	Нальчик	59	Саратов
30	Новгород	60	Росто-на-Дону

Графическое расположение объекта

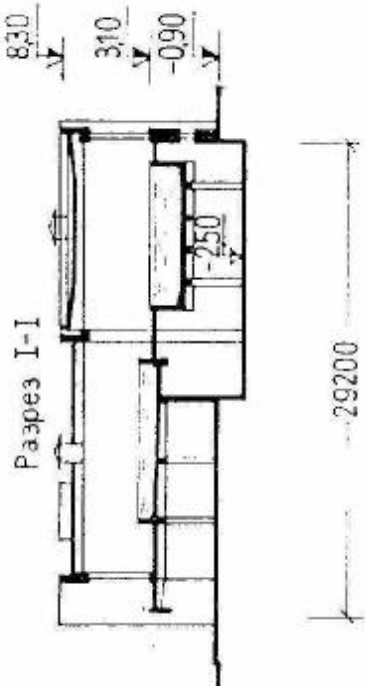


1. Эстрада	58,5 м <sup>2</sup>
2. Зрительный зал	97 »
3. Фойе-вестибюль с гардеробом	103 »
4. Кружковые	74 »
5. Кладовые	11 »
6. Санузлы	19 »
7. Комната политпросвещения	25 »
8. Склад декораций	12 »
9. Тамбуры и коридоры	68 »
10. Душевые	3 »
11. Кинопроекционная с перемоточной	19,5 »
12. Библиотека	46,5 »
13. Холл	32 »
14. Кабинет управляющего	12,5 »
15. Комнаты специалистов	24 »
16. Помещение электросвязи	44 »
17. Комната общественных организаций	12,5 »
18. Вестибюль	16,5 »
19. Обработка почты	13 »
20. Кладовая писем и ценностей	3,5 »
21. Операционный зал почты	32 »

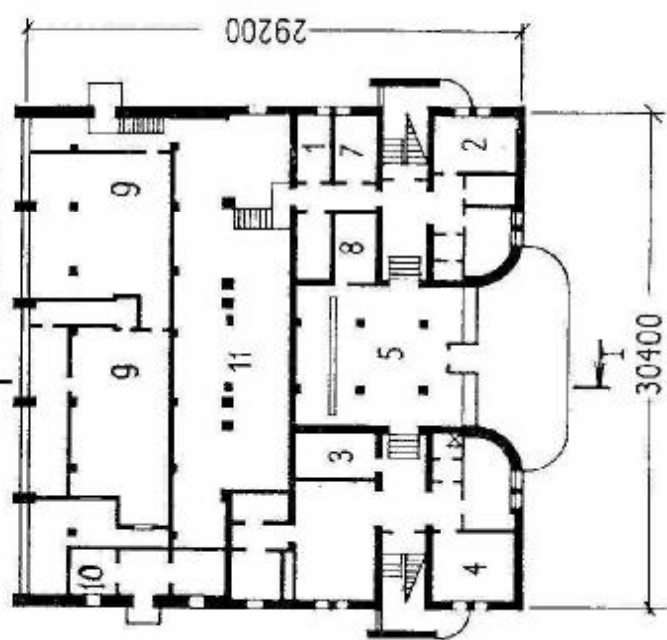
План I этажа



Разрез I-I

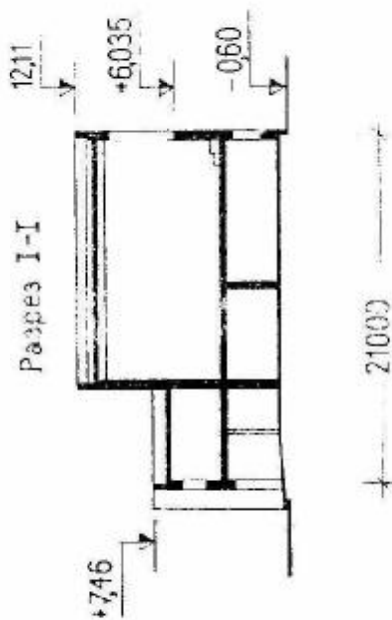
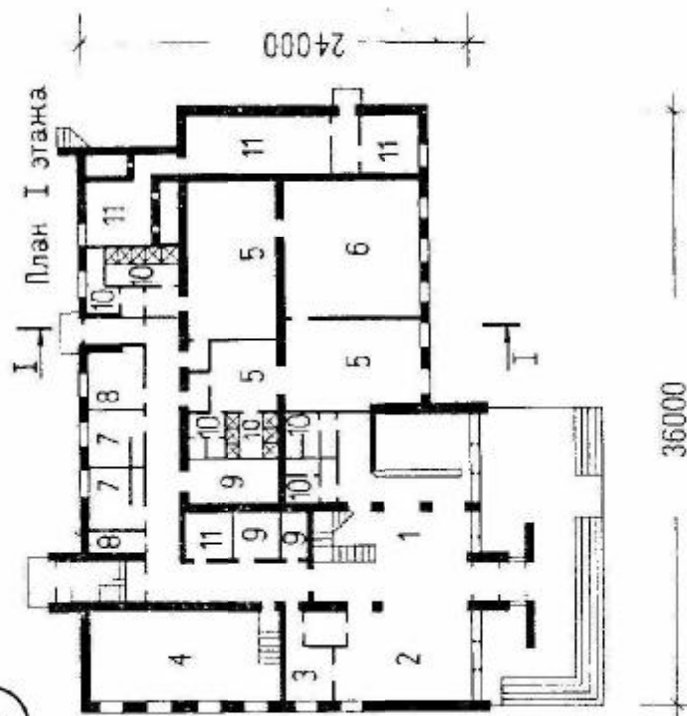


План II этажа



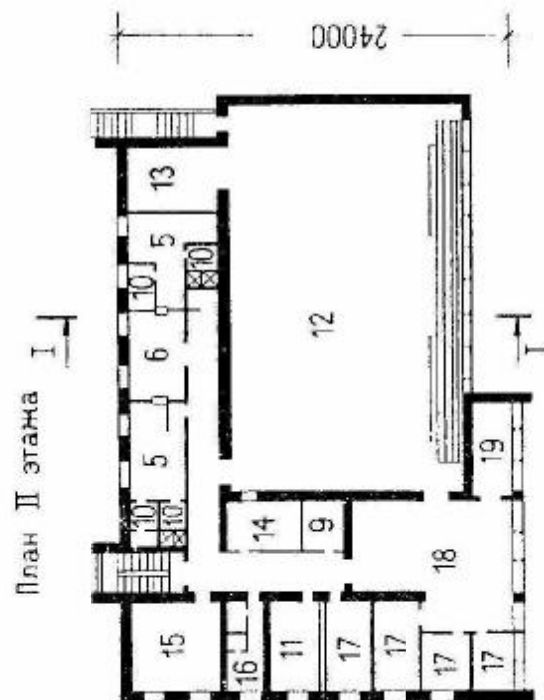
Экспликация

1. Административные помещения	20,5	г
2. Кабинет врача	16	
3. Служебное помещение	11,8	
4. Тренировочная	20,8	
5. Вестибюль с гардеробом	69,7	
6. Раздевалочные для взрослых	2 × 32,5	
7. Хлораторные	7,2	
8. Лаборатория	10,2	
9. Насосно-фильтровая	174,9	
10. Венткамеры	17,3	
11. Бойлерная	79,6	
12. Зал	347,6	

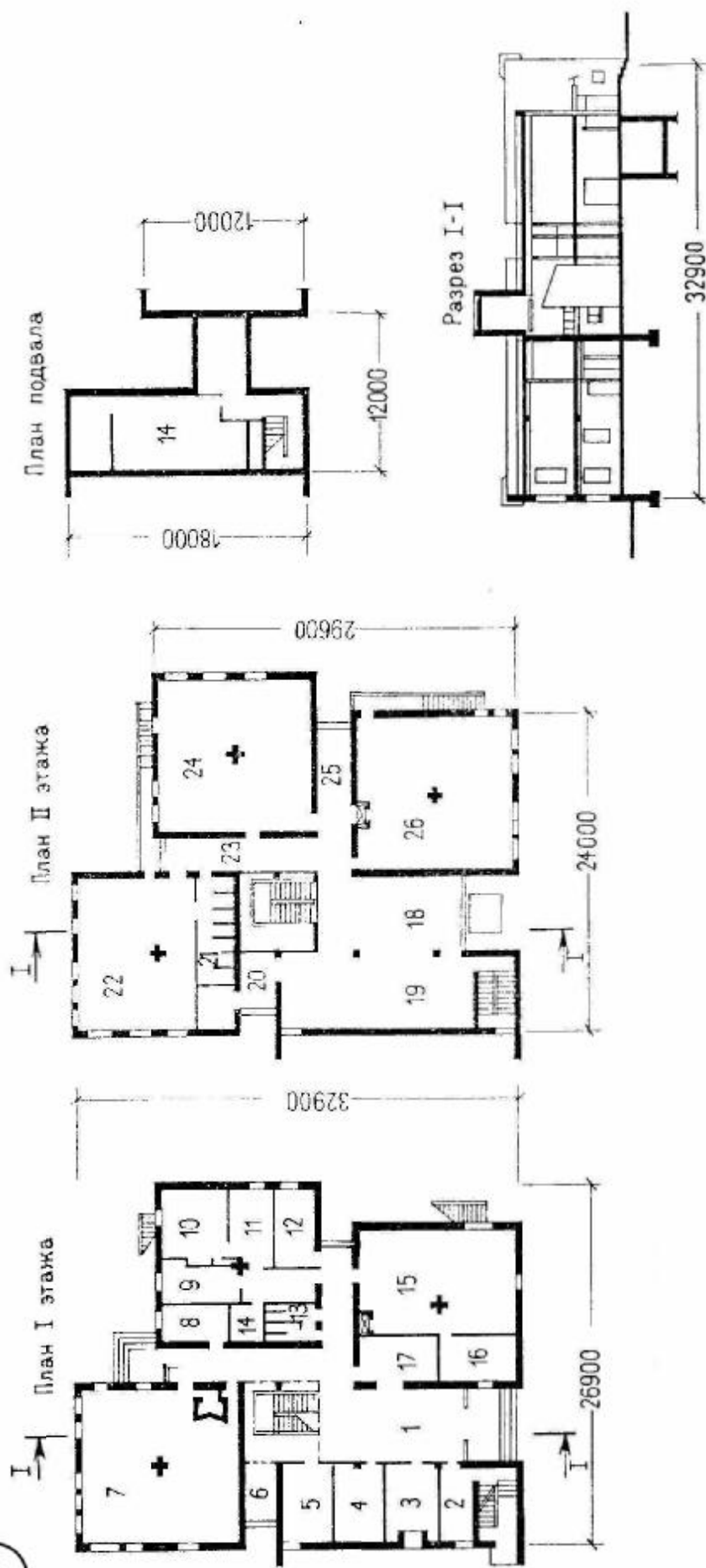


### Экспликация

1. Вестибюль с гардеробом	105,1 м <sup>2</sup>
2. Буфет	46,7
3. Подсобная буфета	18,2
4. Помещение для тяжелой атлетики	65,2
5. Раздевалочные	167,5
6. Гардеробные домашней одежды	84,5
7. Инструкторские	21,2
8. Кабинет врача	11,8
9. Хозяйственные помещения	40,3
10. Сантехнические помещения	83,7
11. Технические помещения	93,6
12. Зал для спортивных игр	344,6
13. Инвентарная	27,5
14. Радиоузел	13,5
15. Методический кабинет (судейская)	30,9
16. Бытовое помещение для рабочих	14
17. Административно-служебные помещения	53
18. Холл	56
19. Курительная	14,4



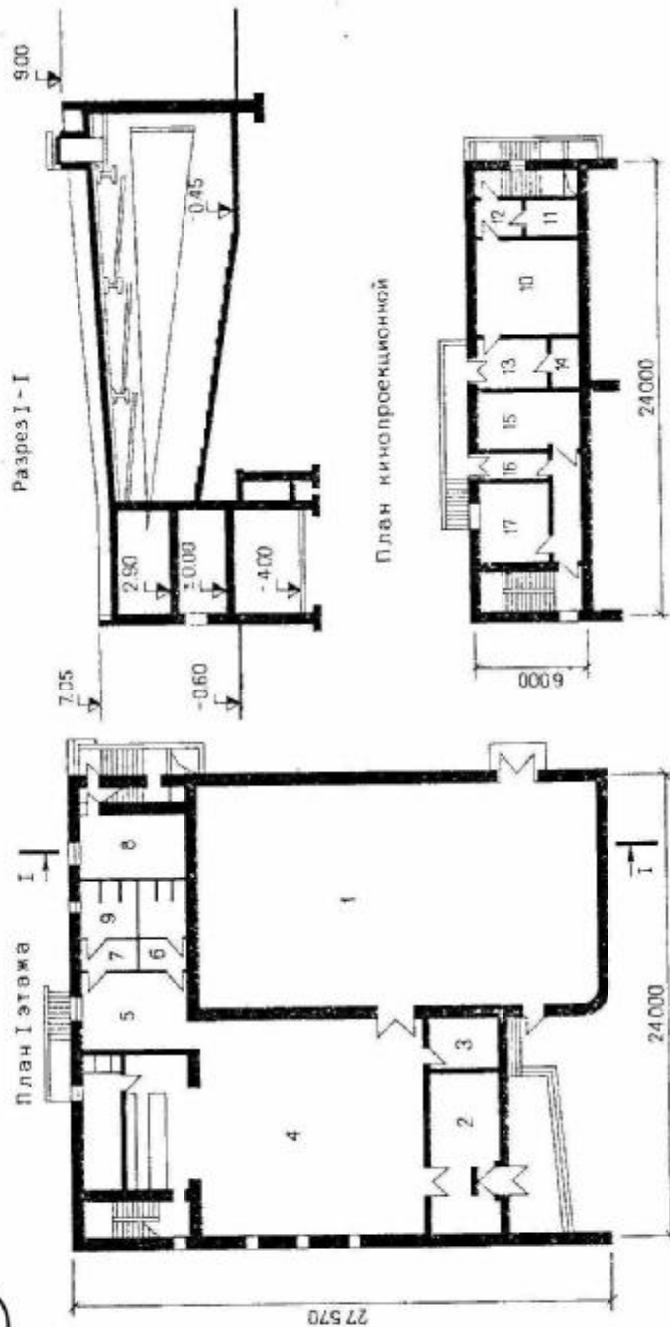




3. Помещение для приема новых поступлений и изолятор	21 м <sup>2</sup>	88 м <sup>2</sup>
4. Хранение памятников культуры	23 »	20
5. Хранение памятников истории и искусства	23 »	21
6. Помещение картотеки	11 »	43
7. Читальные залы для детей	126 »	97
8. Методический кабинет	17 »	8
9. Кабинет заведующего	13 »	25
10. Репрография	25 »	95
11. Производственное помещение библиотеки	31 »	54
12. Курительная	16 »	131
13. Санитарные узлы	12 »	17
14. Технические помещения	100 »	130
15. Основной фонд книгохранения		
16. Декамера		
17. Гардероб		
18. Зал временных выставок		
19. Зал постоянной экспозиции музея		
20. Хозяйственное помещение		
21. Фототека		
22. Читальный зал специализированного обслуживания работников сельского хозяйства		
23. Аванзал		
24. Читальный зал на 44 читательских места с фондом закрытого хранения		
25. Служебное помещение		
26. Зал абонемента		

# ШИРОКОЭКРАННЫЙ КИНОТЕАТР НА 300 МЕСТ

5

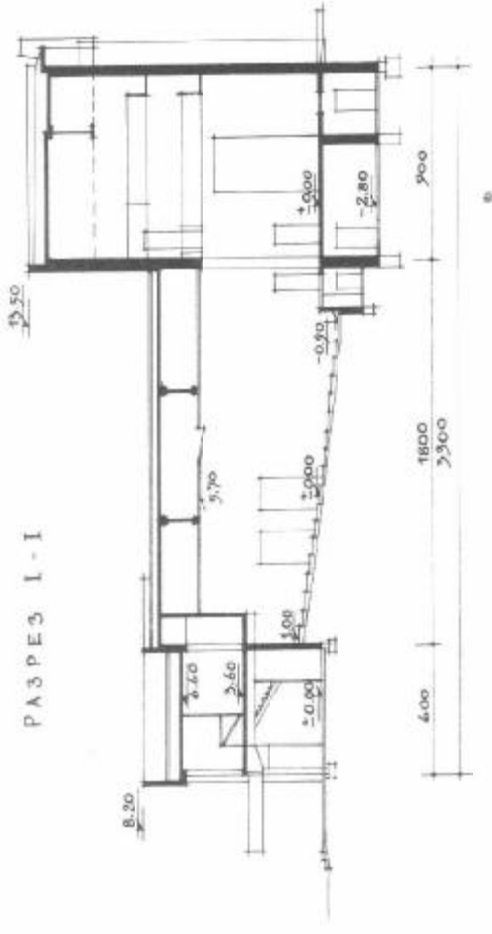
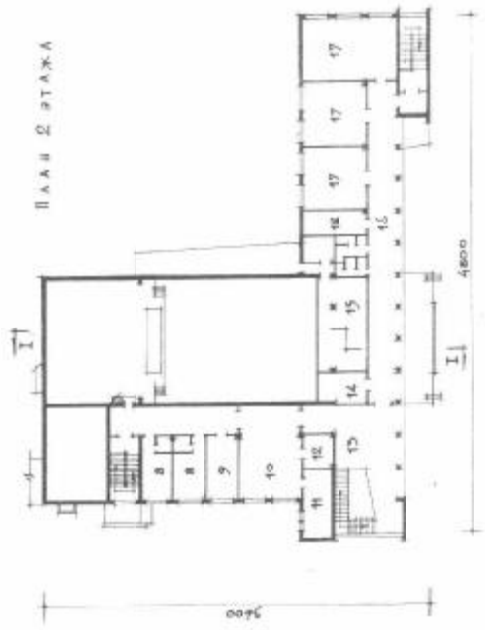
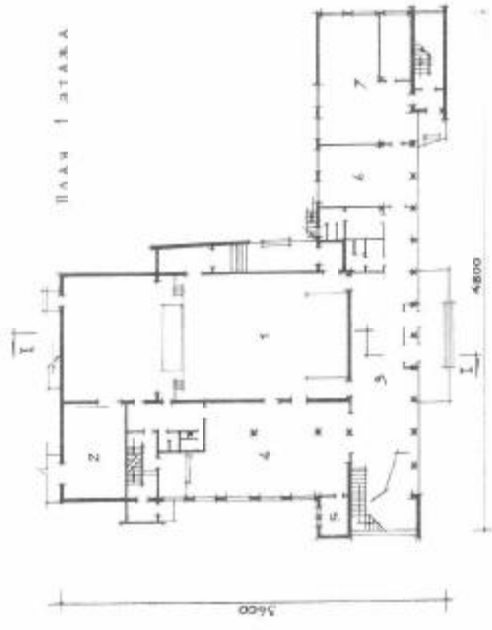


## Экспликация

1. Зрительный зал	230	м <sup>2</sup>
2. Кассовый вестибюль	28	»
3. Комната администратора	9	»
4. Фойе, буфет с подсобной	175	»
5. Курительная	22	»
6. Женский туалет	11	»
7. Мужской туалет	11	»
8. Плакатная	20	»
9. Кладовая — уборочная инвентаря	1	»
10. Кинопроекционная	33,5	»
11. Перемоточная	6	»
12. Тамбур	5	»
13. Комната киномеханика	10,5	»
14. Санитарный узел	2	»
15. Вентиляционная камера	14	»
16. Комната персонала	8,5	»
17. Комната директора, контора	18,5	»

# СЕЛЬСКИЙ ДОМ КУЛЬТУРЫ СО ЗРИТЕЛЬНЫМ ЗАЛОМ НА 300 МЕСТ

6



Состав и площади помещений			
1. Зрительный зал со сценой	298,3 м²	10. Класс музыки и хореографии	50,1 м²
2. Склад	4,4 м²	11. Костюмная	14,0 м²
3. Вестибюль с гардеробом	118,7 м²	12. Хол. кладовая	9,0 м²
4. Фойе с буфетом	132,0 м²	13. Холл-гостинная	39,6 м²
5. Кладовая при фойе	7,5 м²	14. Звукоаппаратная	9,5 м²
6. Игровая	47,6 м²	15. Кино-проспекционная и светотрассовая	34,0 м²
7. Библиотека	97,0 м²	16. Кулуар-выставка	72,0 м²
8. Артистические	34,8 м²	17. Кружковые	115,0 м²
9. Кладовая художника	16,2 м²	18. Фото-лаборатория	15,0 м²

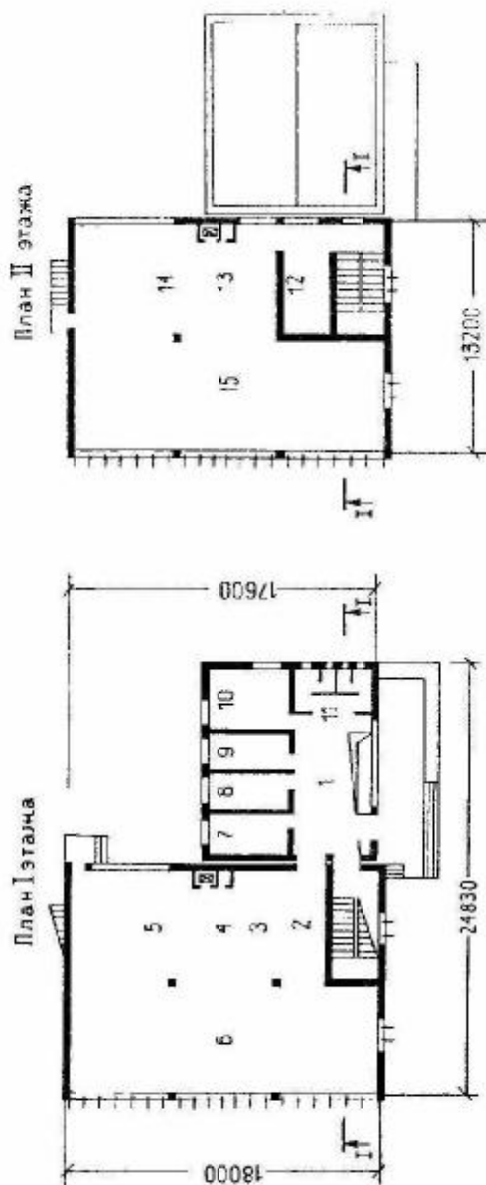
## КЛУБ СО ЗРИТЕЛЬНЫМ ЗАЛОМ НА 300 МЕСТ

# БИБЛИОТЕКА НА 50 ТЫС. ТОМОВ КНИГ

7

## Экспликация

1. Вестибюль	34,8 м:
2. Аванзал	26 »
3. Кафедра выдачи книг	8,2 »
4. Фонд закрытого хранения	23,3 »
5. Служебно-производственные помещения	9,2 »
6. Фонд открытого доступа	137 »
7. Производственно-служебные помещения	10,2 »
8. Кабинет директора	10,2 »
9. Комната группового прослушивания	10,2 »
10. Методический кабинет	15,8 »
11. Санитарные узлы	9,8 »
12. Холл	18,6 »
13. Кафедра выдачи книг	6,3 »
14. Фонд открытого доступа	32,8 »
15. Читальный зал	146,4 »



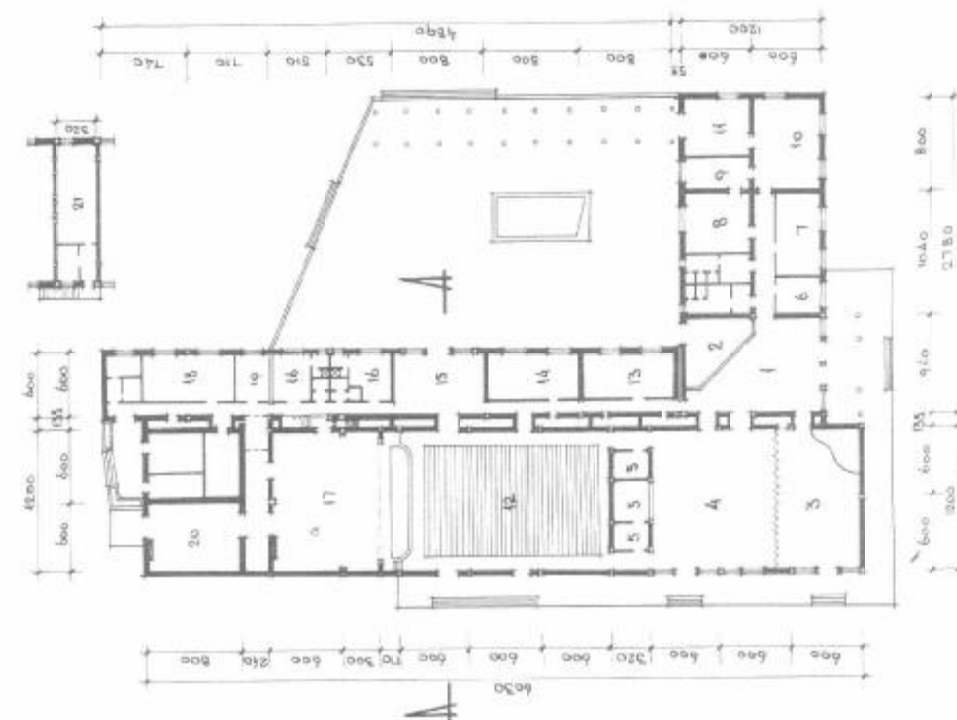
# СЕЛЬСКИЙ ДОМ КУЛЬТУРЫ СО ЗРИТЕЛЬНЫМ ЗАЛОМ НА 300 МЕСТ

С БИБЛИОТЕКОЙ НА 10 ТЫСЯЧ ТОМОВ

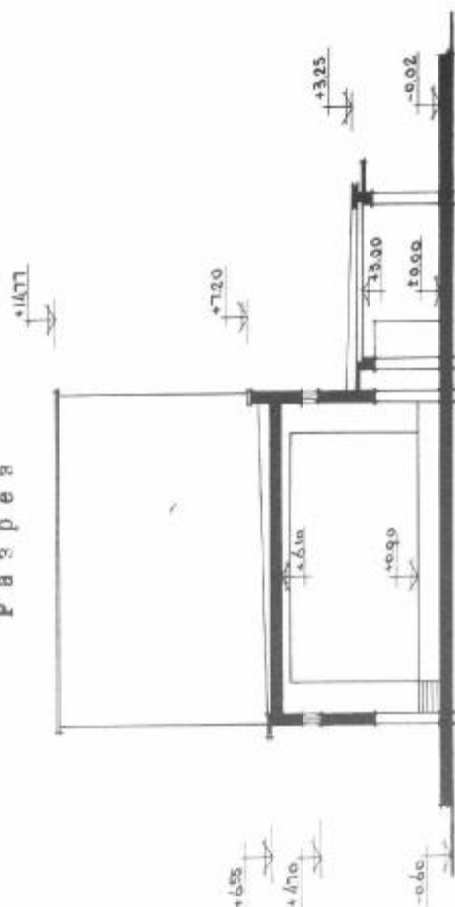
8

ПЛАН СТЕЖ

ПЛАН КИНСПРЕКЦИОННОЙ



Разрез



Состав и площади помещений

1. Вестибюль	80,97 м²	11. Читальный зал	27,15 м²
2. Гардероб	23,63 м²	12. Зрительный зал	189,34 м²
3. Малый зал	81,20 м²	13. Кабинет	30,62 м²
4. Фойе	122,96 м²	14. Кабинет культуры быта	30,62 м²
5. Буфет	14,88 м²	15. Кабинет политического просвещения	30,62 м²
6. Кабинет завклубом	10,52 м²	16. Гостиная	42,67 м²
7. Игровая комната	29,54 м²	17. Артистические	28,02 м²
8. Абонемент для детей	30,62 м²	18. Сцена	105,61 м²
9. Книгохранилище	15,15 м²	19. Иллюстрация	30,62 м²
10. Абонемент для взрослых	42,79 м²	20. Костюмерная	10,93 м²
		21. Склад декораций	42,75 м²

Строительный объем	20306 м³
Полезная площадь	3675 м²
Рабочая площадь	2833 м²
Общая сметная стоимость в том числе стоимости строительно-монтажных работ	62998 тысяч 505,07 *
оборудования и мебели	115,91 *

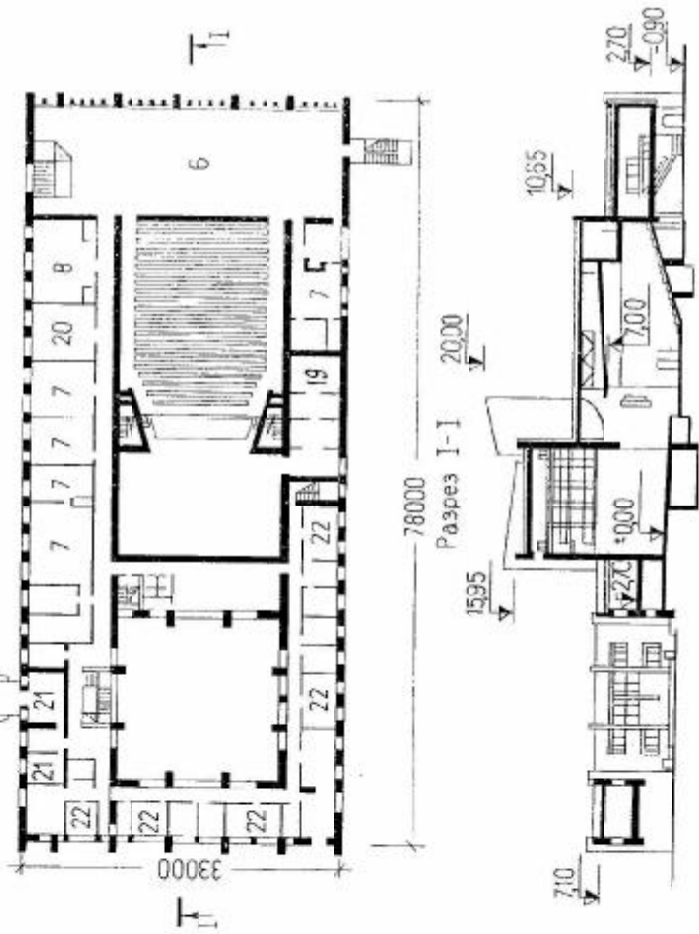
Экспликация

1. Вестибюль	217,4 *
2. Кассовый вестибюль	27,4
3. Гардероб	63,7
4. Туалет	44,4
5. Кабинет директора	17,2
6. Фонс с буфетом	314,5
7. Библиотека	181,7
8. Гостиная-игровая	53,7
9. Кабинет персонала	18,6
10. Кладовая	23,2
11. Зрительный зал	342
12. Игровая площадка	193,5
13. Аргистические	32,1
14. Костюмерная	29
15. Комната художника	28,8
16. Столярная мастерская	20,8
17. Склад объемных декораций	74,1
18. Оркестровая яма	34,2
19. Технические помещения	43
20. Круговые помещения	281,4
21. Поселковый Совет	207,6
22. Управление колхоза и почтовое отделение	255,6

План на отм. -0,90, -0,60, +0,00



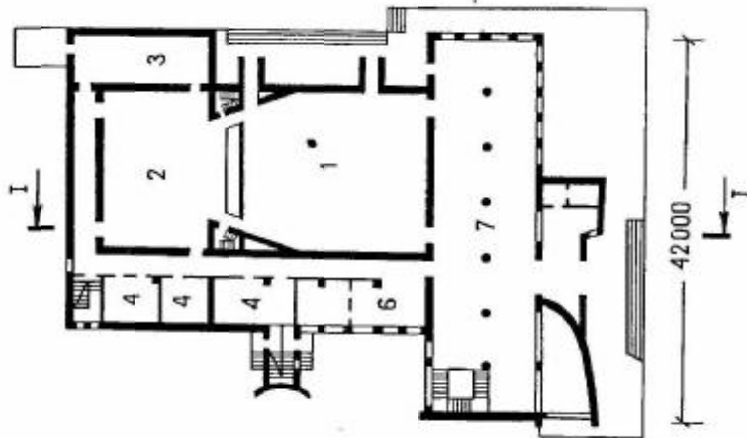
План на отм. +270



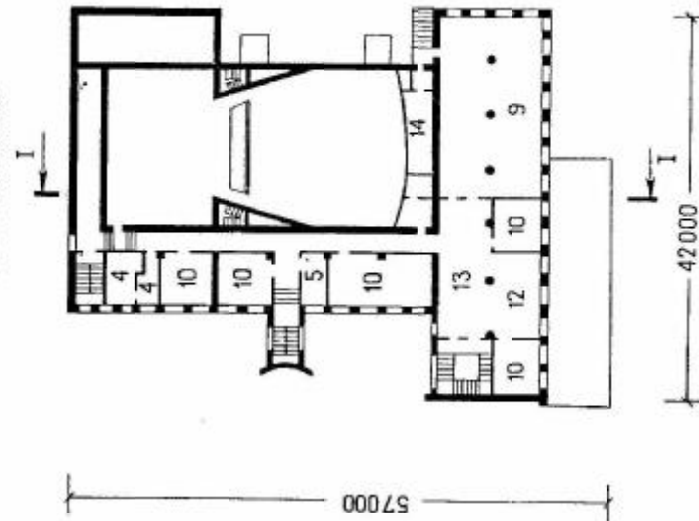
Разрез I-I



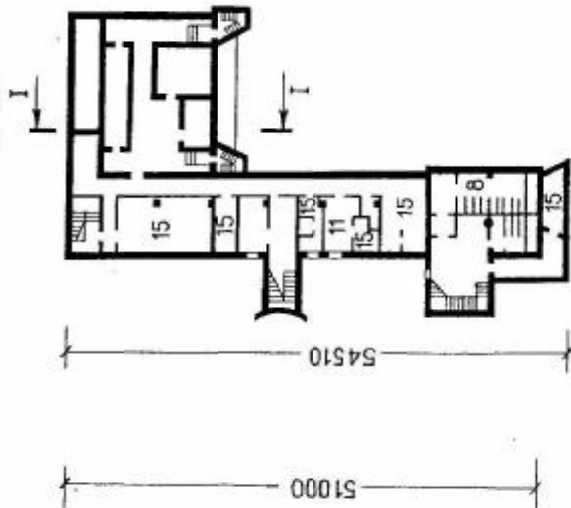
План I этажа



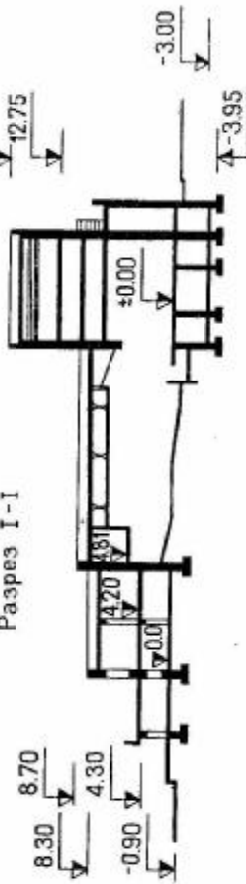
План II этажа



План подвала



Разрез I-I



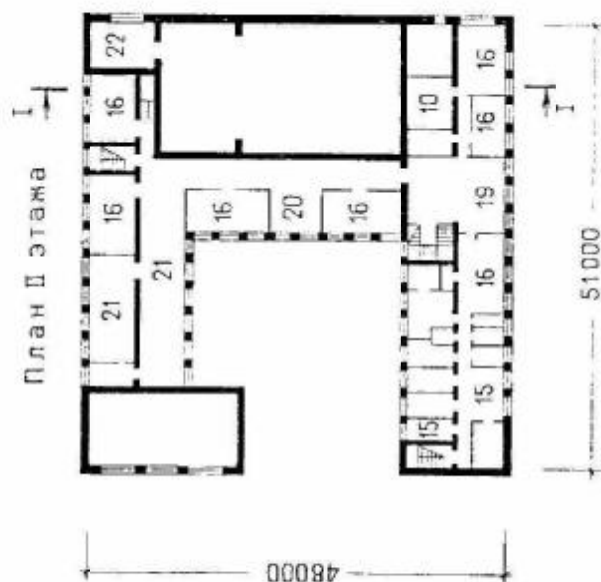
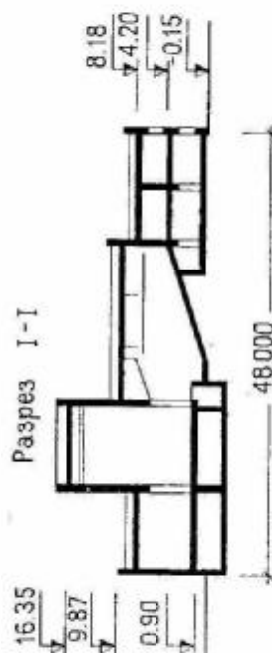
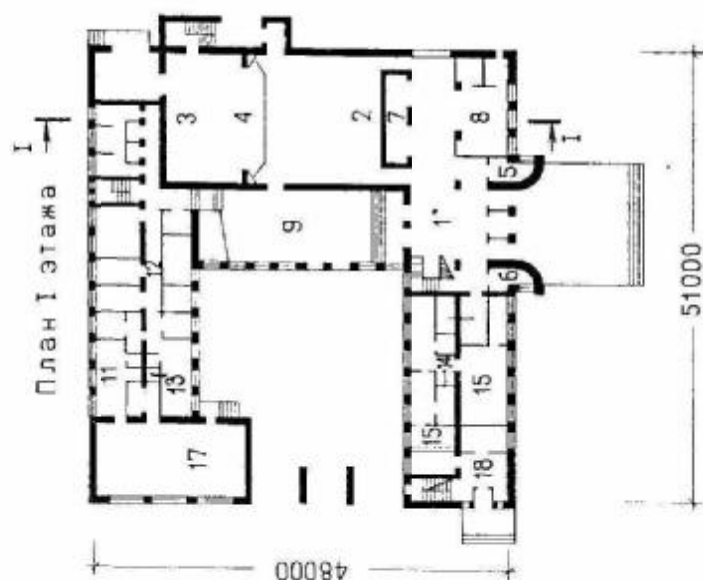
## Технико-экономические показатели

Строительный объем	17850 м <sup>3</sup>
Общая площадь	2882,2 м <sup>2</sup>
Рабочая площадь	2285,3 »
Общая сметная стоимость	465,03 тыс.руб.
В том числе стоимость строительно-монтажных работ	413,71 »

## Экспликация

1. Зрительный зал	396 м <sup>2</sup>
2. Сцена	202,4 »
3. Склад объемных декораций	80,1 »
4. Артистические-кружковые	117,3 »
5. Кабинет директора	18,3 »

6. Буфет	50,6 м <sup>2</sup>
7. Фойе	269,8 »
8. Санузлы для посетителей	75,2 »
9. Библиотека	239,7 »
10. Кружковые комнаты	207,4 »
11. Комната художника	20,5 »
12. Игральная-гостиная	50 »
13. Холл	81,8 »
14. Кинопроекционная	28,7 »
15. Технические помещения	197,7 »



### Экспликация

1. Вестибюль	202,3 м <sup>2</sup>
2. Зрительный зал на 400 мест	251,7 »
3. Сцена	124,7 »
4. Оркестровая яма	33,8 »
5. Касса	11,3 »
6. Кабинет директора	11,3 »
7. Гардеробы	51,6 »
8. Буфет	54,3 »
9. Фойе	198,8 »
10. Технические помещения	89,2 »
11. Раздевалочные	67,9 »
12. Коридоры	197,8 »
13. Душевые	11,6 »
14. Санитарные узлы	51,6 »
15. Помещения административные	179,2 »
16. Студии и кружки	222,3 »
17. Гимнастический зал	151,3 »
18. Вестибюль	32,2 »
19. Холл-гостиная	101,5 »
20. Холл	101,4 »
21. Библиотека	199,6 »
22. Помещение ввода и вентиляционной камеры	74,4 »

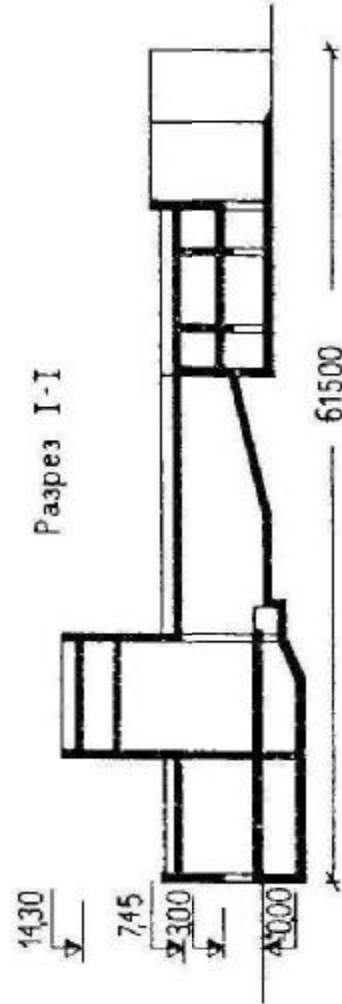
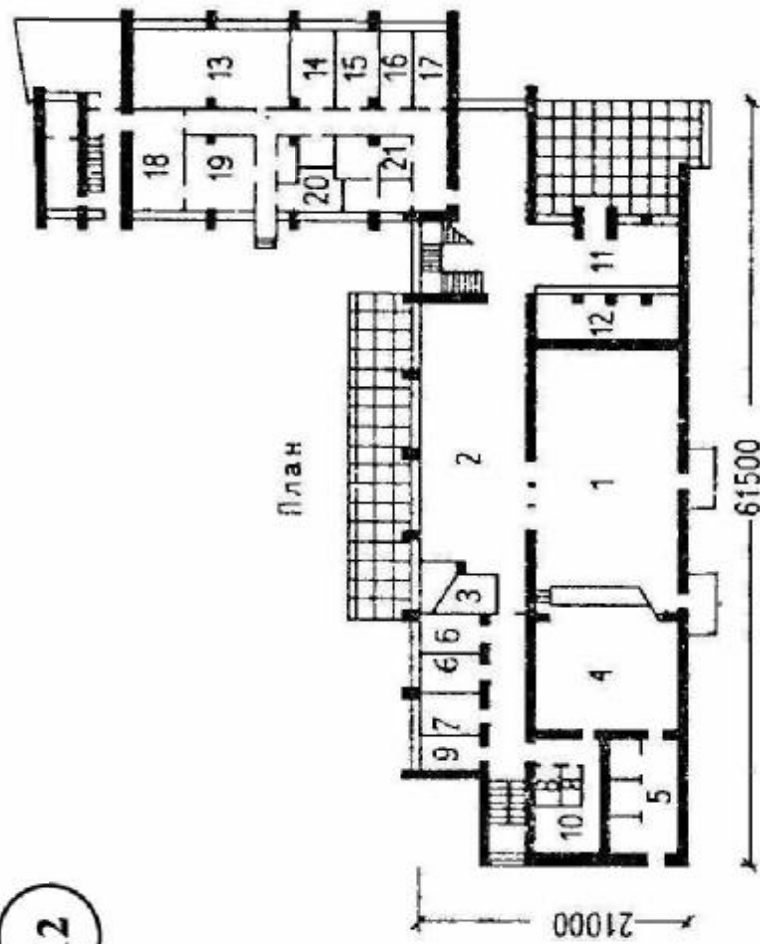


# СЕЛЬСКИЙ ДОМ КУЛЬТУРЫ С ЗАЛОМ НА 300 МЕСТ С АДМИНИСТРАТИВНЫМИ ПОМЕЩЕНИЯМИ

12

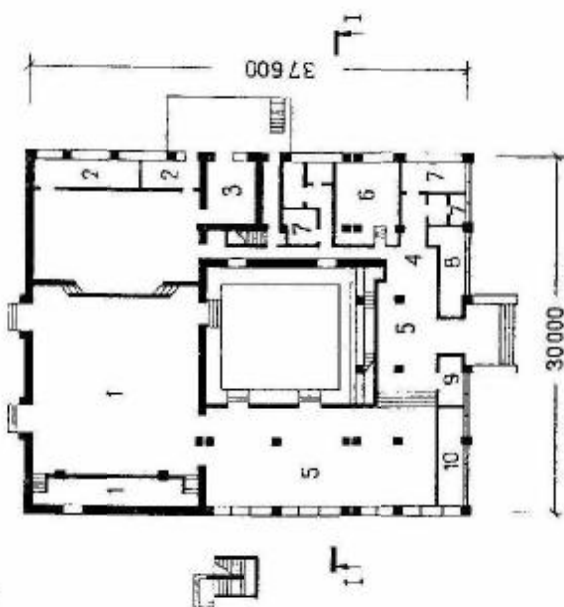
## Экспликация

1.	Зрительный зал	226,8	м <sup>2</sup>
2.	Фойе	171,3	»
3.	Трюм	33,2	»
4.	Игровая площадка	97,7	»
5.	Склад объемных декораций	40,7	»
6.	Артистические	59,2	»
7.	Костюмерная	17,3	»
8.	Уборные при сцене	9,8	»
9.	Хозяйственная кладовая	14,8	»
10.	Столярная мастерская	27,5	»
11.	Вестибюль	99	»
12.	Гардероб	37	»
13.	АТС	63,2	»
14.	Аккумуляторная	10,5	»
15.	Помещение электросвязи	16,9	»
16.	Кабинет директора	14,7	»
17.	Подсобная буфета	14,7	»
18.	Операционный зал	33	»
19.	Помещение обработки почты	22	»
20.	Кладовая	14,5	»
21.	Санитарные узлы	29,9	»

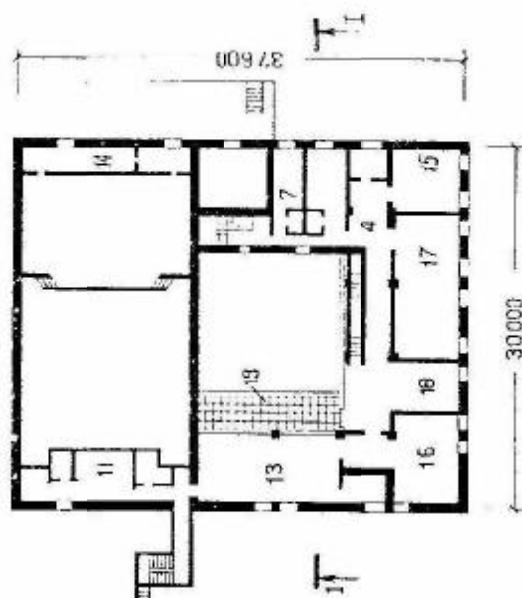


# СЕЛЬСКИЙ КЛУБ С ЗАЛОМ НА 400 МЕСТ

План I этажа



План II этажа

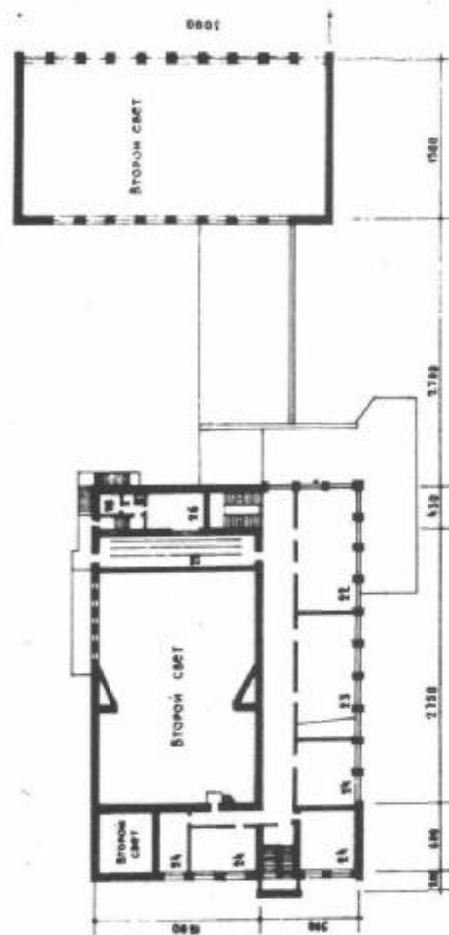


Разрез I-I

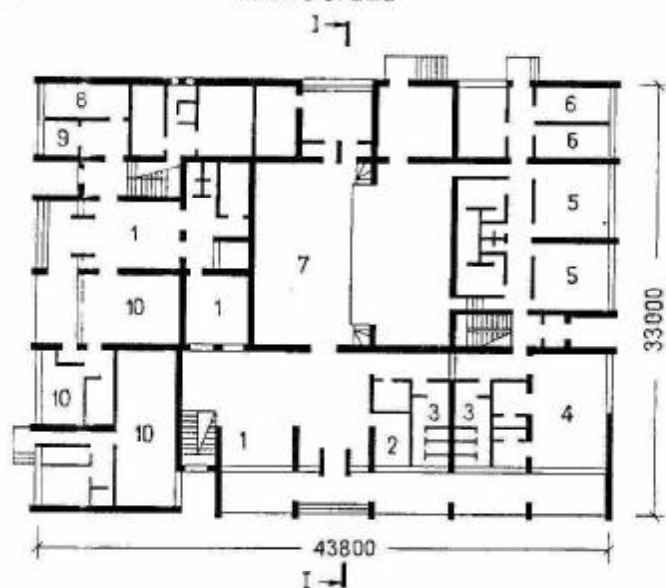


## Экспликация

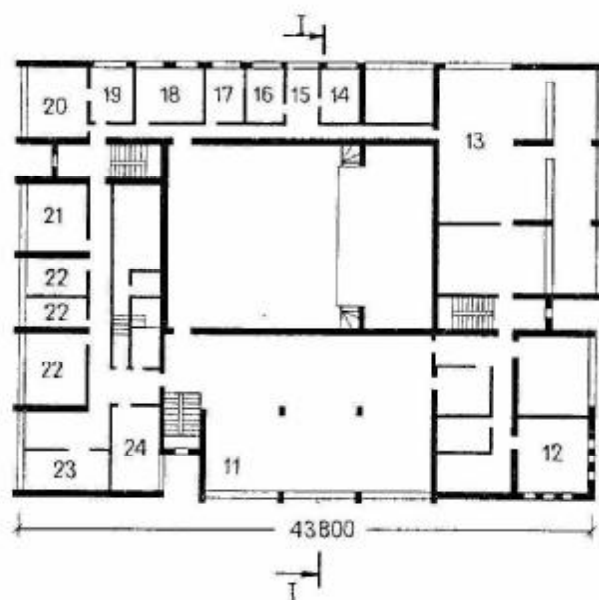
1. Зрительный зал на 400 мест с эстрадой
2. Кладовая инвентарная
3. Склад бутафории
4. Коридоры
5. Вестибюль-фойе
6. Венткамера
7. Санитарные узлы
8. Гардероб
9. Администраторская
10. Эстрада
11. Киноаппаратная со звукоаппаратной
12. Перемогочная
13. Читальный зал
14. Артистические
15. Фотолаборатория
16. Кабинет политического просвещения
17. Класс музыкального и театрального искусства
18. Холл
19. Галерея



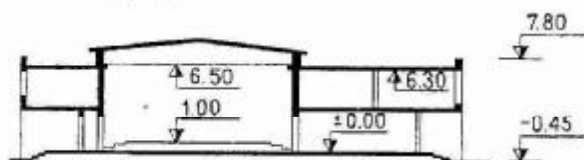
План I этажа



План II этажа

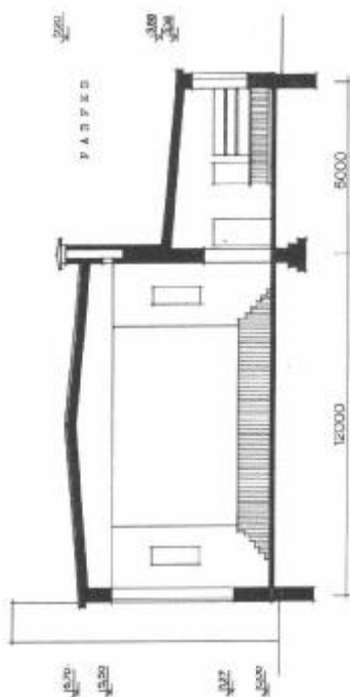
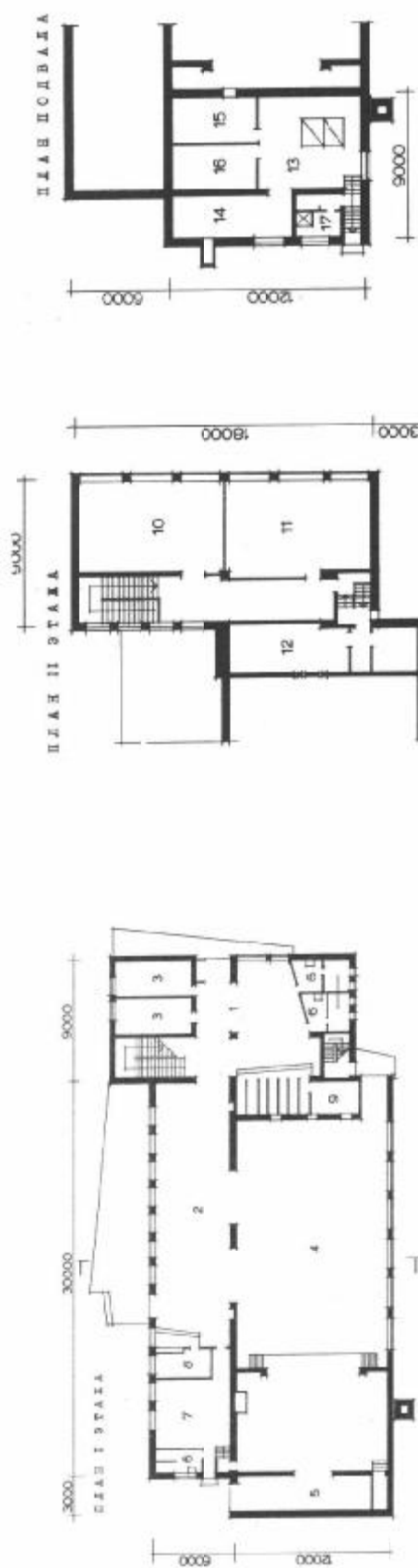


Разрез I-I



Экспликация

1. Вестибюль с гардеробами	199,5 м <sup>2</sup>
2. Комната администратора	11 »
3. Санузлы	41 »
4. Комната занятий хореографией	48 »
5. Кружковые	64 »
6. Мастерские	32 »
7. Зрительный зал с эстрадой	295 »
8. Милиция	16,5 »
9. Военно-учетный стол	8 »
10. Помещения отделения связи	128,5 »
11. Фойе с буфетом	212,5 »
12. Изостудия	32 »
13. Библиотека	97 »
14. Председатель	14 »
15. Комната ожидания	17 »
16. Секретарь	12 »
17. Бухгалтерия	13,5 »
18. Комната депутатов	22 »
19. Загс, архив	12 »
20. Комната совещаний	24 »
21. Агролаборатория	26,5 »
22. Комнаты специалистов	52 »
23. Руководитель хозяйства	18 »
24. Комната общественных организаций	23 »



Состав и площади помещений

1. Вестюбль, гардеробом	91,4 м <sup>2</sup>
2. Помещения для администраторов	15,3 м <sup>2</sup>
3. Фойе с буфетом	112,6 м <sup>2</sup>
4. Зрительный зал с эстрадой	304,0 м <sup>2</sup>
5. Салон декораций	27,4 м <sup>2</sup>
6. Ублюдки актеров	25,1 м <sup>2</sup>
7. Артистическая	32,6 м <sup>2</sup>
8. Кладовая буфета	9,4 м <sup>2</sup>
9. Хозяйственная кладовая	9,6 м <sup>2</sup>
10. Кружковая	48,6 м <sup>2</sup>
11. Помещения кинопроекторной	29,4 м <sup>2</sup>
12. Бюлетенгеа с читальней	50,2 м <sup>2</sup>
13. Котельная	31,2 м <sup>2</sup>
14. Склад топлива	18,4 м <sup>2</sup>
15. Калориферная	13,7 м <sup>2</sup>
16. Электростанция	13,7 м <sup>2</sup>
17. Помещение водопровода	7,2 м <sup>2</sup>

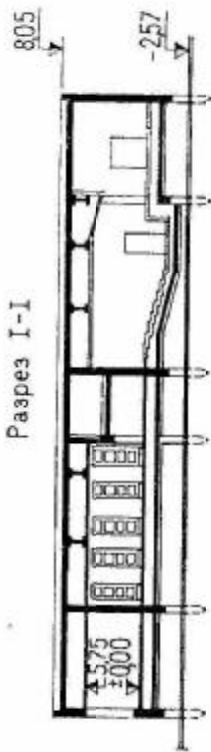
План I этажа



План II этажа



Разрез I-I

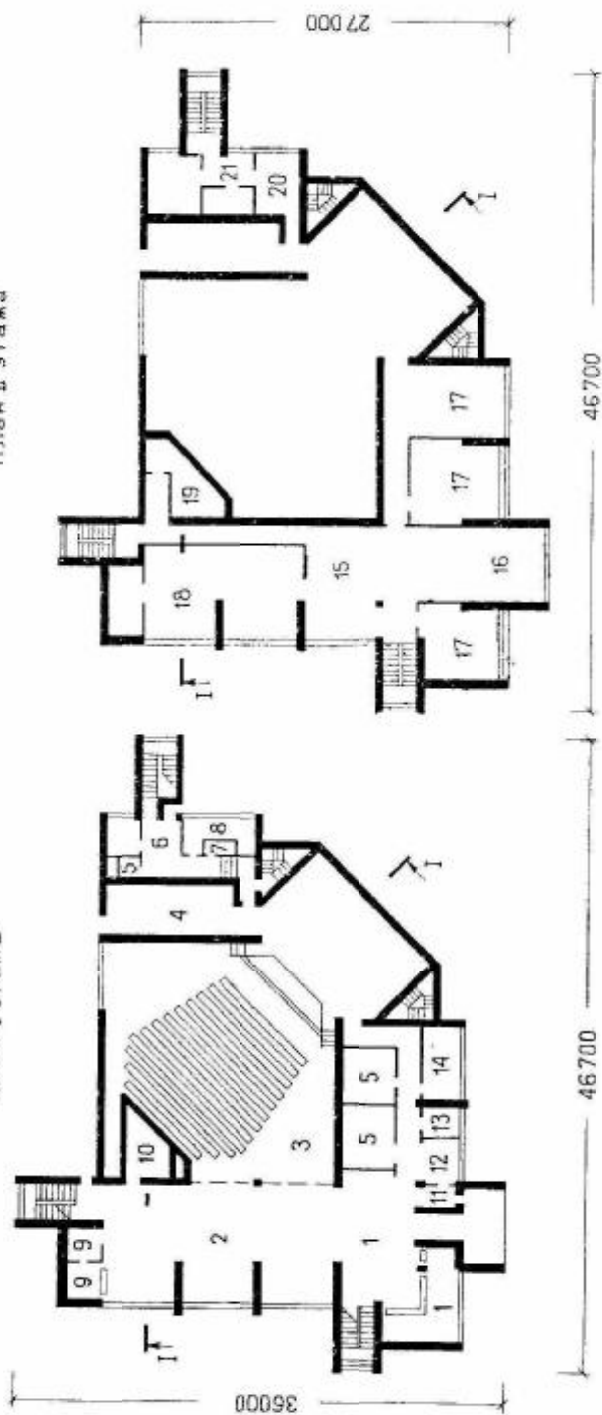


# Экспликация

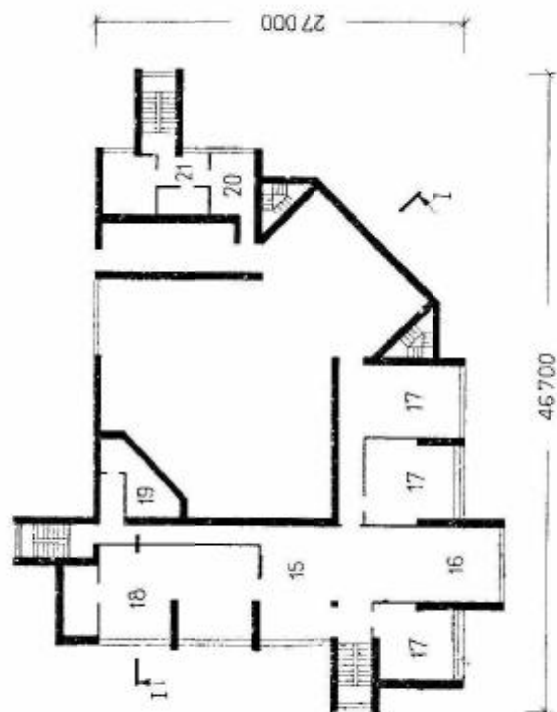
1. Вестибюль с гардеробом	265,6 м <sup>2</sup>
2. Помещение для переодевания	9,5 *
3. Помещение установки воздушной завесы	11,9 *
4. Фойе — зимний сад	236,7 *
5. Гимнастический зал	150,3 *
6. Снарядная	9,1 *
7. Раздевальные для спортсменов	28,7 *
8. Комната инструктора и врача	9,8 *
9. Зрительный зал	213,6 *
10. Эстрада	104,4 *
11. Склад декораций	19,8 *

12. Туалеты для зрителей	23,6 м <sup>2</sup>
13. Комната администрации	19,9 *
14. Артистические	39,8 *
15. Зарядная с кислотной	18,4 *
16. Теплоцентр	19,4 *
17. Электрощитовая	15,1 *
18. Библиотека	125,3 *
19. Кружковые комнаты	109,1 *
20. Кинофотокласс	15,1 *
21. Туалеты	13,3 *
22. Комната киномехаников	8,5 *
23. Звукоаппаратная	13 *
24. Кинопроекторная	20,8 *
25. Перемоточная	5,1 *
26. Венткамеры	24,9 *
27. Помещение кондиционеров	90,9 *

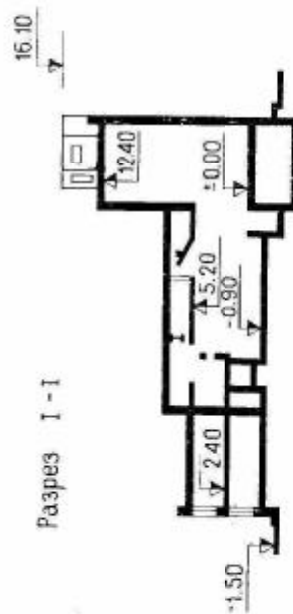
План I этажа



План II этажа

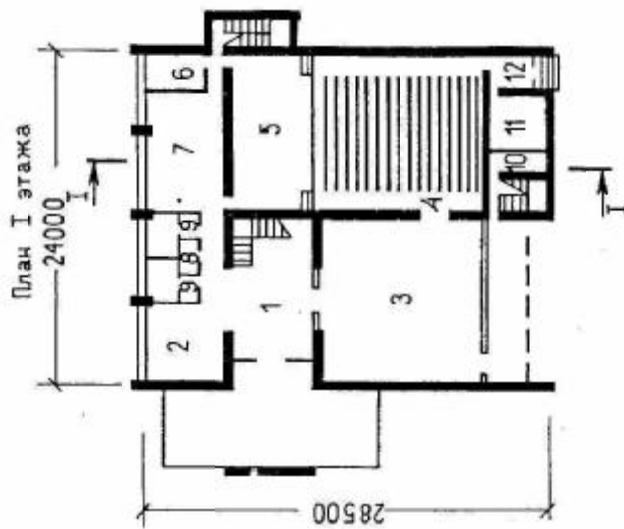


Разрез I-I



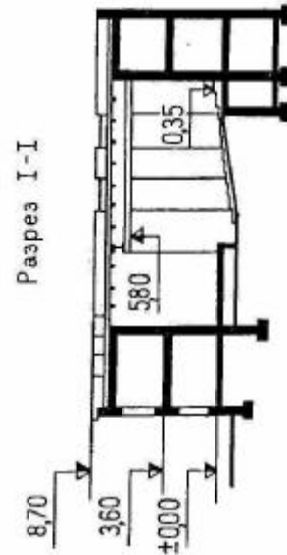
Экспликация

1. Вестибюль с гардеробом	98 м <sup>2</sup>
2. Фойе	147 »
3. Зрительный зал со сценой	233 + 98 »
4. Склады	52 »
5. Санитарные узлы	30 »
6. Служебный вестибюль	12 »
7. Душевая	2 »
8. Артистическая	28 »
9. Доготовочная с мойкой	15 »
10. Звукоаппаратная	16 »
11. Касса	4 »
12. Комната заведующего клубом	9 »
13. Комната художника	8 »
14. Курительная	16 »
15. Гостиная	70 »
16. Игровая	50 »
17. Круглые	133 »
18. Библиотека	98 »
19. Кинопроекторная	34 »
20. Костюмерная	11 »
21. Холл	7 »



Экспликация

1. Вестибюль	48 м <sup>2</sup>
2. Гардероб	30 »
3. Фойе	132 »
4. Зрительный зал	134 »
5. Сцена-эстрада	69 »
6. Склад бутафории и мебели	13 »
7. Круглая артистическая	81 »
8. Хозяйственная кладовая	5 »
9. Санузлы	11 »
10. Кладовая мебели и инвентаря	10 »
11. Щитовая-регуляторная	17 »
12. Тамбур	7 »
13. Гостиная игровая	39 »
14. Библиотека	87 »
15. Закрытый фонд	12 »
16. Тамбур	3 »
17. Перемоточная	5 »
18. Кинопроекционная	20 »
19. Звукоаппаратная	7 »

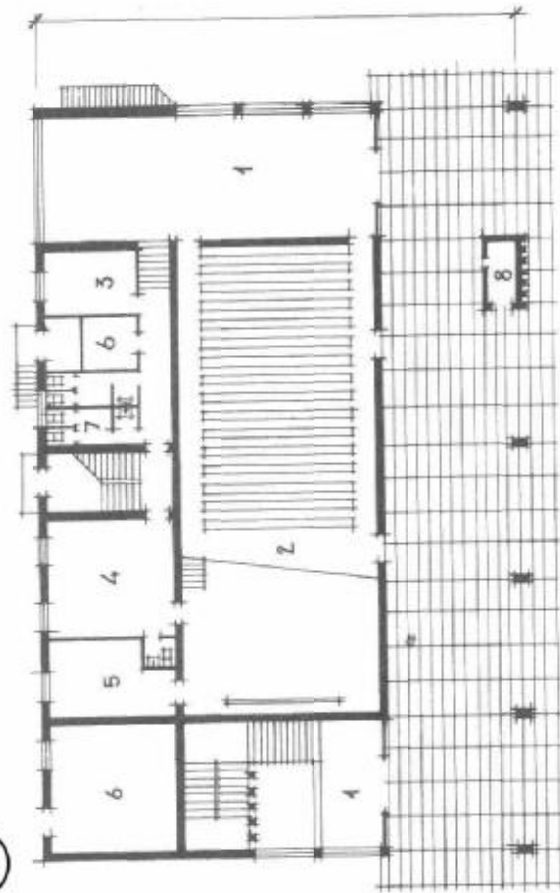




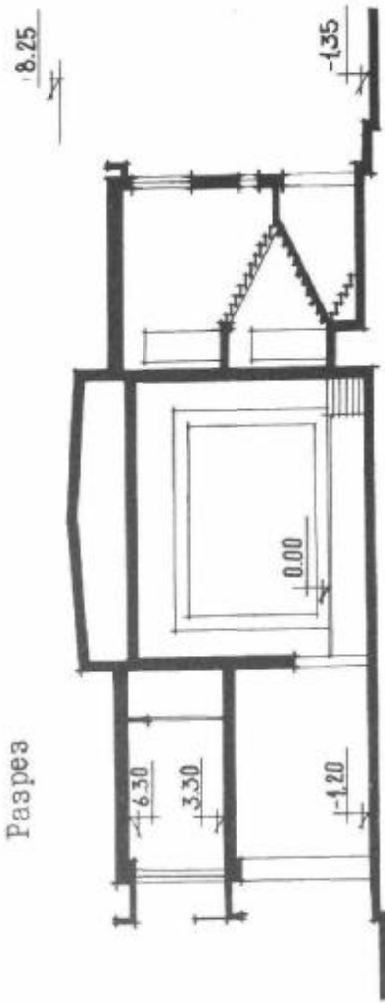
# КЛУБ СО ЗРИТЕЛЬНЫМ ЗАЛОМ НА 200 МЕСТ И АДМИНИСТРАТИВНЫМИ ПОМЕЩЕНИЯМИ

20

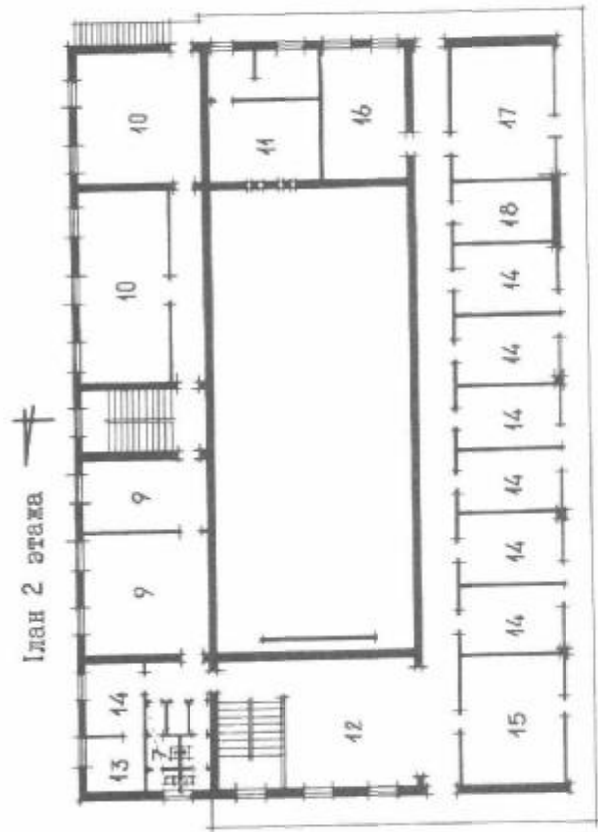
План 1 этажа



Разрез



План 2 этажа



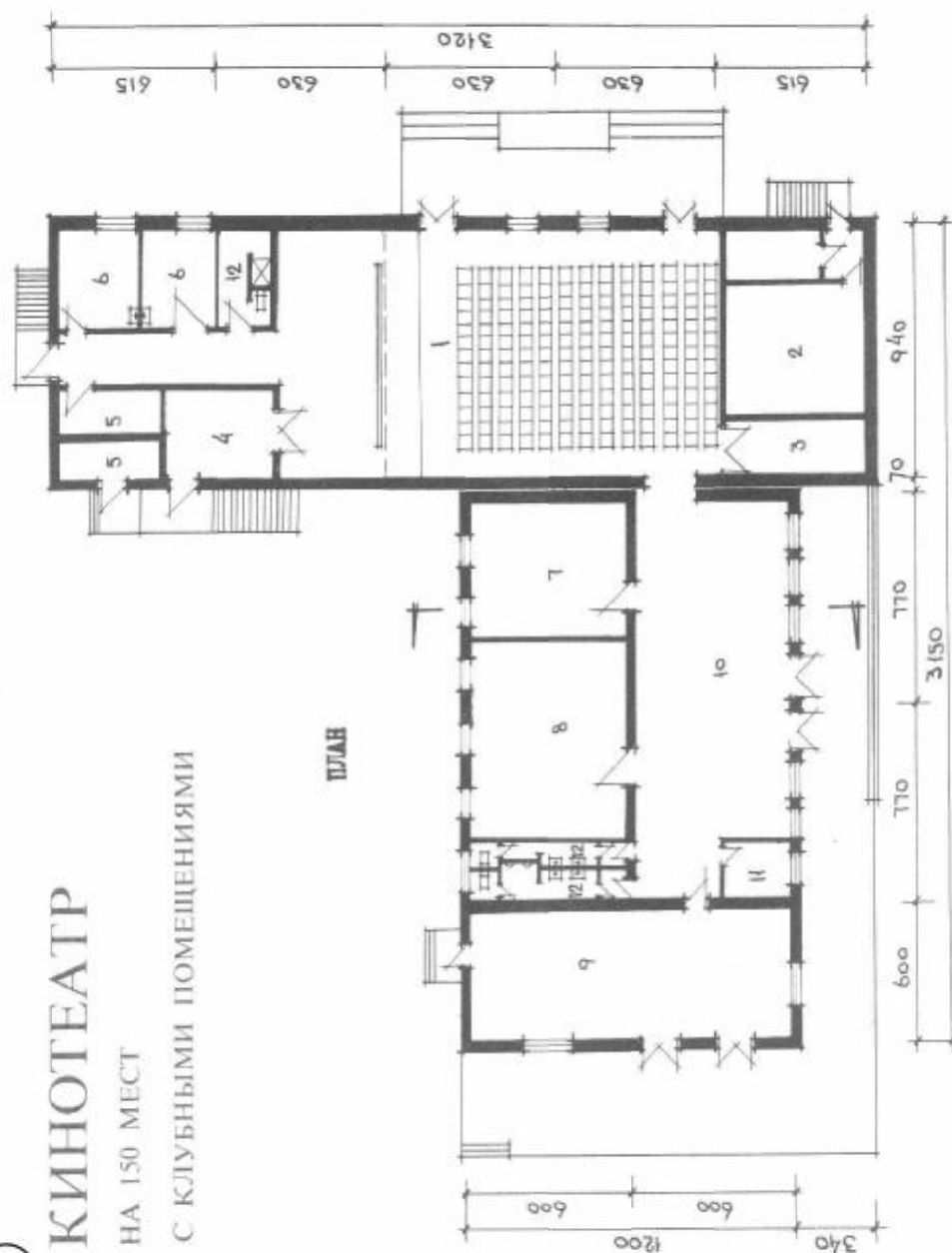
Состав и площади помещений

1. Вестибюль	111,1 м <sup>2</sup>
2. Зрительный зал	177,5 м <sup>2</sup>
3. Комната администратора	12,0 м <sup>2</sup>
4. Артистическая	27,3 м <sup>2</sup>
5. Склад бутафорий	19,3 м <sup>2</sup>
6. Технические помещения	40,5 м <sup>2</sup>
7. Санузлы	23,7 м <sup>2</sup>
8. Касса	3,5 м <sup>2</sup>
9. Библиотека	47,3 м <sup>2</sup>
10. Кужковые	70,5 м <sup>2</sup>
11. Кино-проекторная	25,2 м <sup>2</sup>
12. Фойе	32,1 м <sup>2</sup>
13. Инвентарная	6,0 м <sup>2</sup>
14. Рабочие комнаты правления колхоза	89,8 м <sup>2</sup>
15. Кабинет председателя	25,9 м <sup>2</sup>
16. Кабинет главного агронома	21,9 м <sup>2</sup>
17. Бухгалтерия	27,3 м <sup>2</sup>

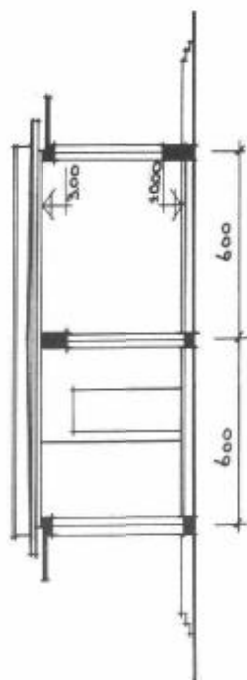
# КИНОТЕАТР

НА 150 МЕСТ

С КЛУБНЫМИ ПОМЕЩЕНИЯМИ



## РАЗРЕЗ



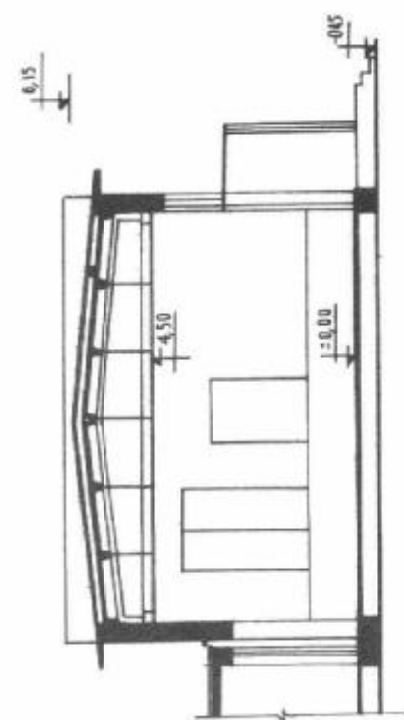
### Состав и площади помещений

1. Зрительный зал с эстрадой	162,0 м²
2. Кино-проеционная	31,8 м²
3. Склад мебели	10,5 м²
4. Склад бутафории	11,1 м²
5. Технические помещения	14,0 м²
6. Артистические	17,5 м²
7. Библиотека	29,7 м²
8. Кухонная	39,2 м²
9. Чайхана	63,7 м²
10. Вестибюль-фойе	65,0 м²
11. Касса и администратор	7,0 м²

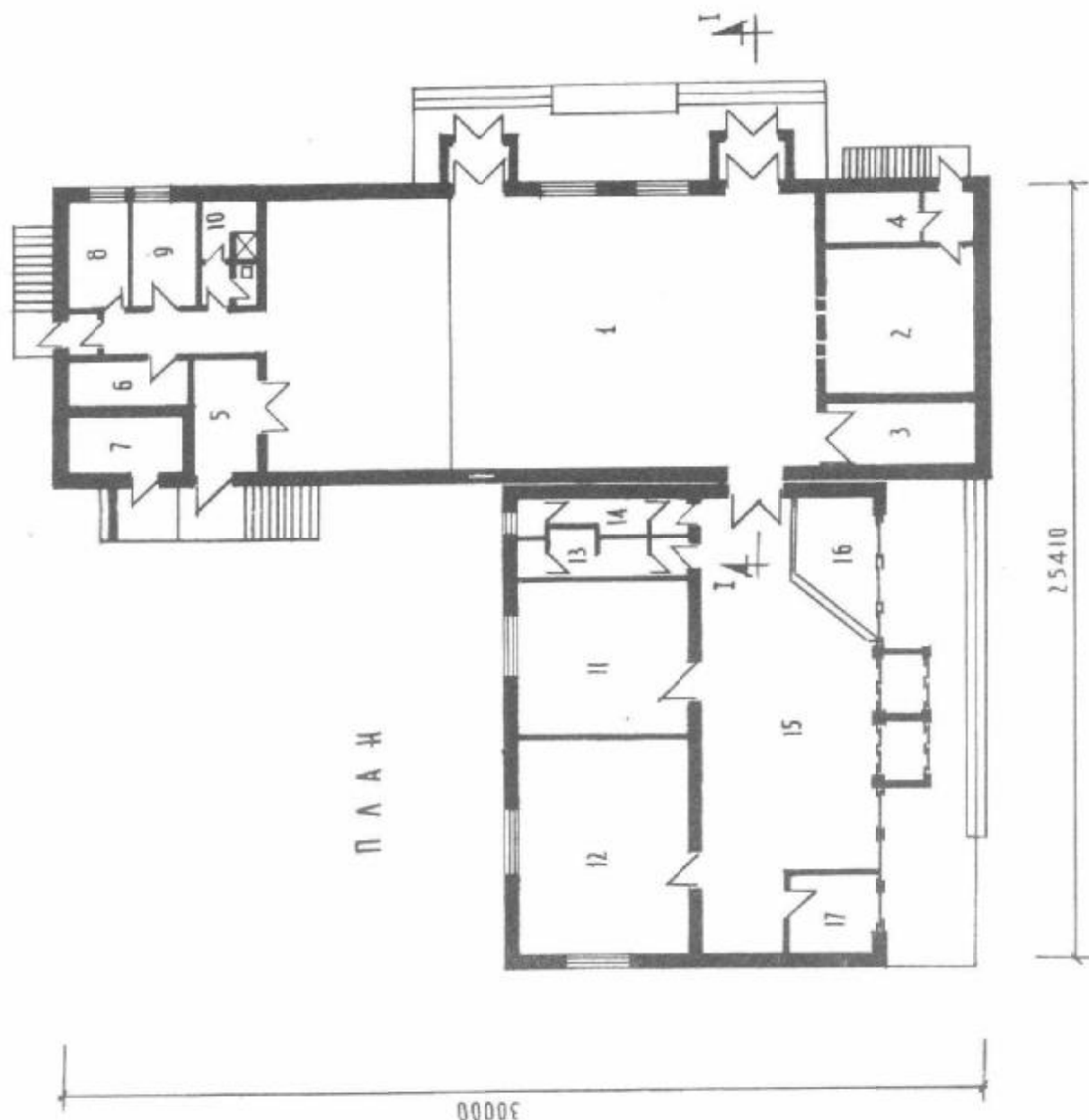
# КИНОТЕАТР НА 150 МЕСТ

С КЛУБНЫМИ ПОМЕЩЕНИЯМИ

РАЗРЕЗ Н-Н



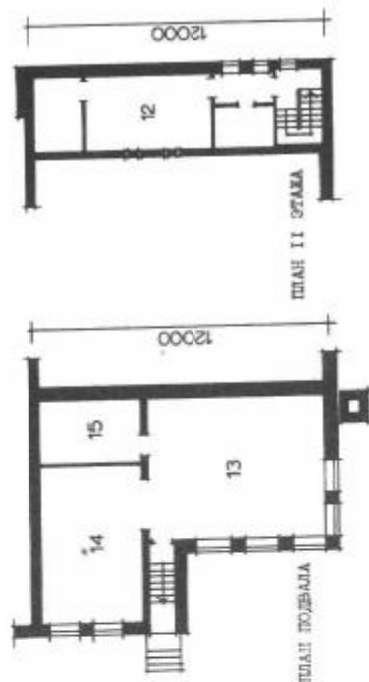
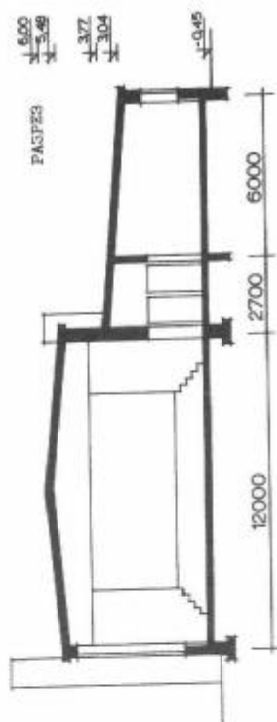
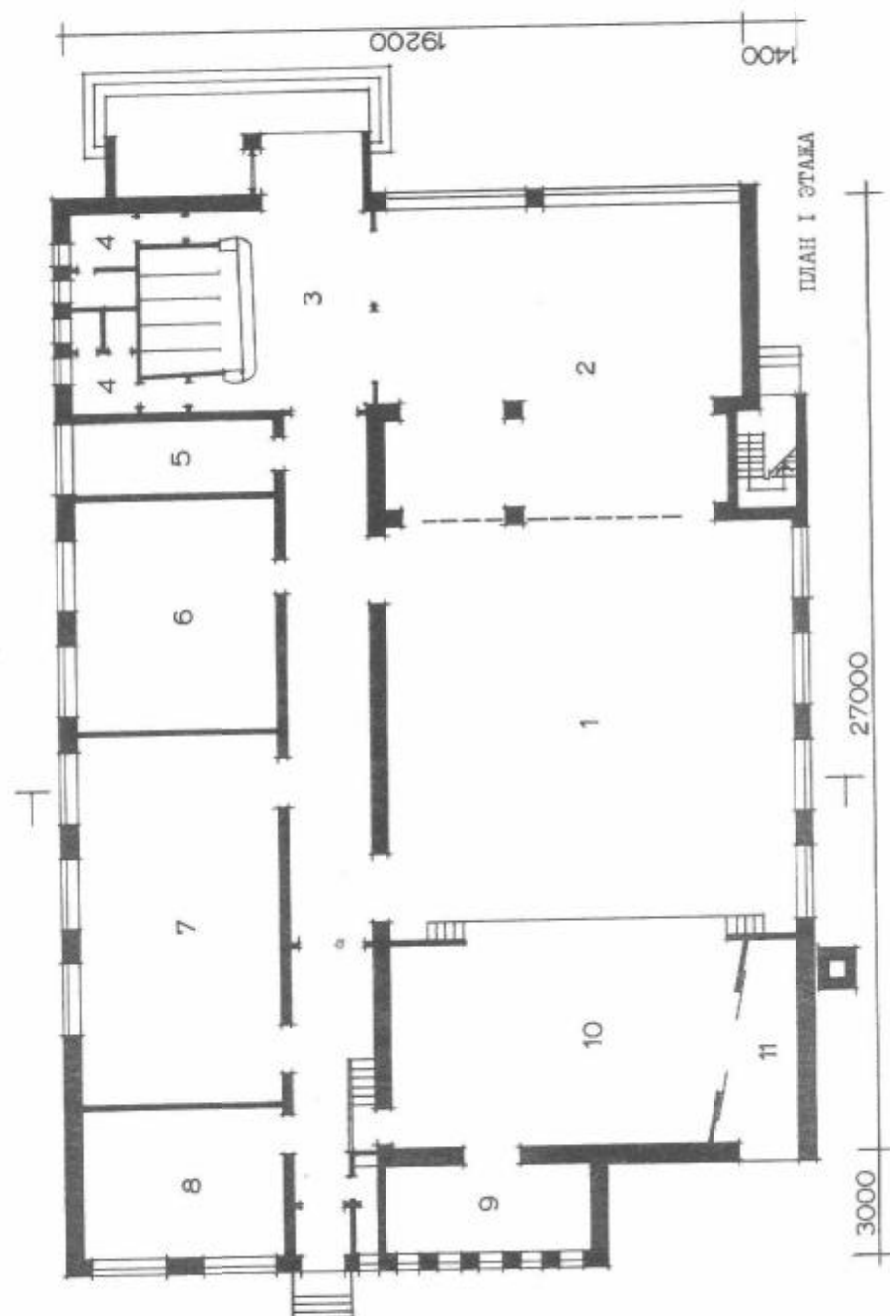
П Л А Н



## Состав и площади помещений

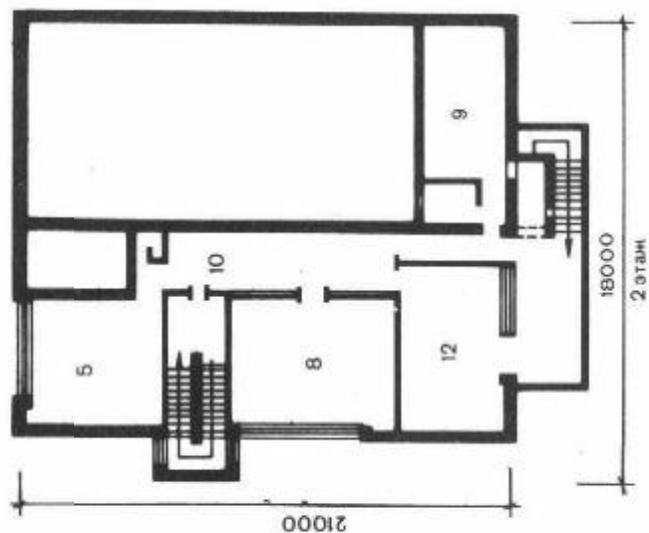
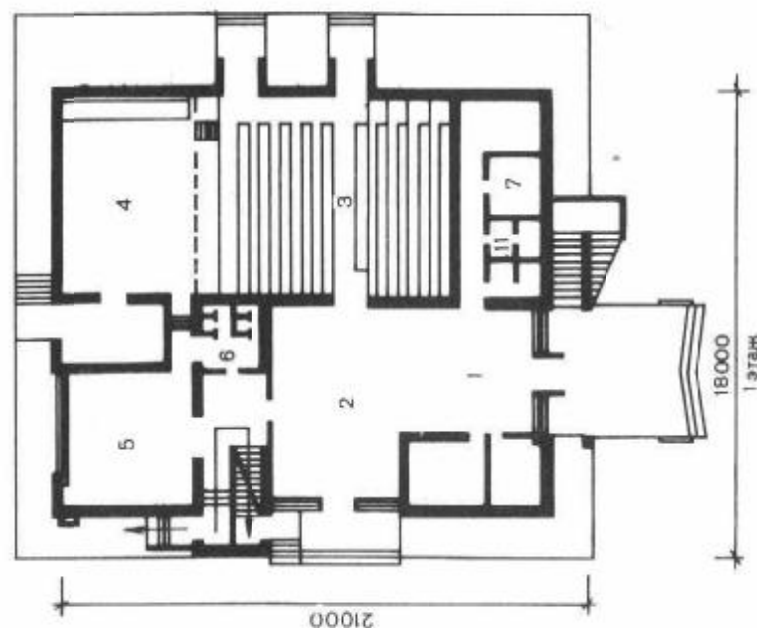
1. Зрительный зал с эстрадой	162,0 м <sup>2</sup>
2. Кино-проекционная	25,1 м <sup>2</sup>
3. Склад спортивного инвентаря и мебели	9,1 м <sup>2</sup>
4. Перемоточная	5,4 м <sup>2</sup>
5. Склад бутафории	10,5 м <sup>2</sup>
6. Щитовая	6,9 м <sup>2</sup>
7. Тепловой пункт	7,1 м <sup>2</sup>
8.—9. Артистические	14,9 м <sup>2</sup>
10. Душевая и санузел	7,1 м <sup>2</sup>
11. Библиотека	30,1 м <sup>2</sup>
12. Круговая	39,3 м <sup>2</sup>
13.—14. Санузлы	12,9 м <sup>2</sup>
15. Вестибюль-фойе	65,0 м <sup>2</sup>
16. Гардероб	11,6 м <sup>2</sup>
17. Касса и комната администратора	7,0 м <sup>2</sup>

# КЛУБ СО ЗРИТЕЛЬНЫМ ЗАЛОМ НА 200 МЕСТ



## Состав и площади помещений

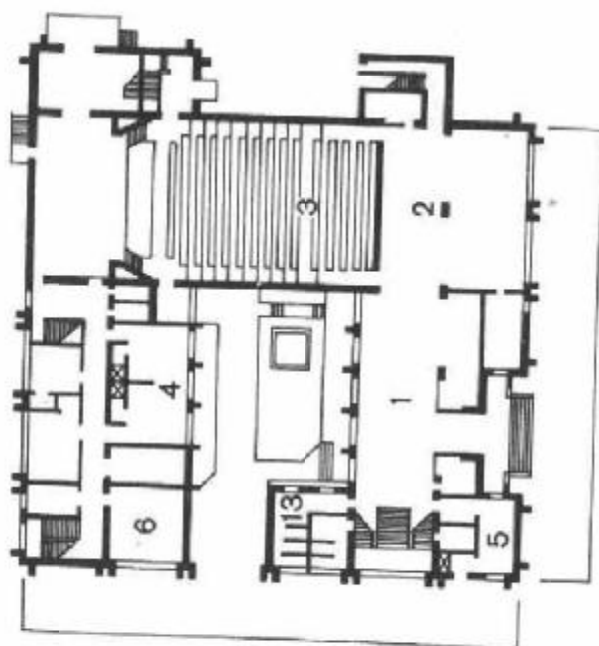
1. Зрительный зал	129,5 м <sup>2</sup>	8. Артистическая	23,6 м <sup>2</sup>
2. Фойе	87,5 м <sup>2</sup>	9. Склад мебели	14,3 м <sup>2</sup>
3. Вестибюль с гардеробом	34,5 м <sup>2</sup>	10. Эстрада	58,4 м <sup>2</sup>
4. Уборные для зрителей	6,5 м <sup>2</sup>	11. Склад для декораций	11,3 м <sup>2</sup>
5. Помещение для администратора	11,3 м <sup>2</sup>	12. Помещение кинопроекторной	25,0 м <sup>2</sup>
6. Библиотека-читальня	38,0 м <sup>2</sup>	13. Котельная	36,6 м <sup>2</sup>
7. Кружковая	58,5 м <sup>2</sup>	14. Склад для топлива	24,7 м <sup>2</sup>
		15. Электрошитовая	10,3 м <sup>2</sup>



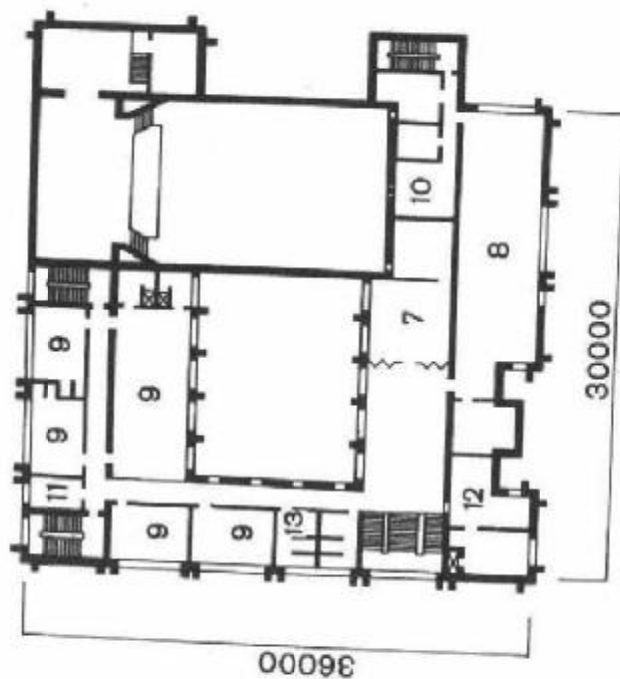
- 1 — вестибюль
- 2 — фойе
- 3 — зрительный зал
- 4 — эстрада
- 5 — кружковые
- 6 — артистическая
- 7 — кинофотолаборатория
- 8 — библиотека
- 9 — кинопроекторная
- 10 — холл
- 11 — санузлы
- 12 — комната политического просвещения

## СЕЛЬСКИЙ КЛУБ С ЗАЛОМ НА 150 МЕСТ

1 этаж

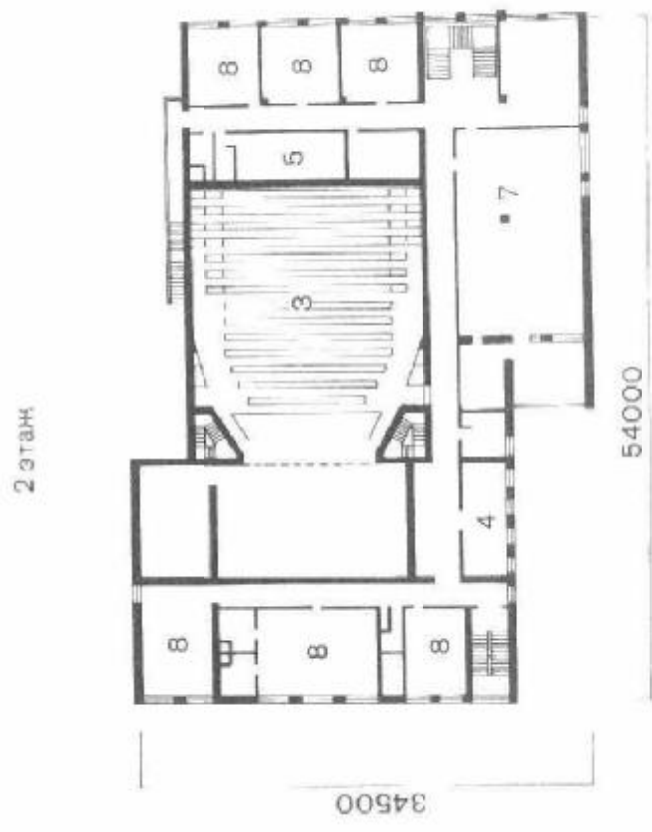


2 этаж



- 1 — вестибюль
- 2 — фойе
- 3 — зрительный зал
- 4 — артистические
- 5 — администрация
- 6 — мастерские
- 7 — гостиная
- 8 — библиотека
- 9 — кружковые
- 10 — кинопроекторная
- 11 — кинофотолаборатория
- 12 — буфет
- 13 — санузлы

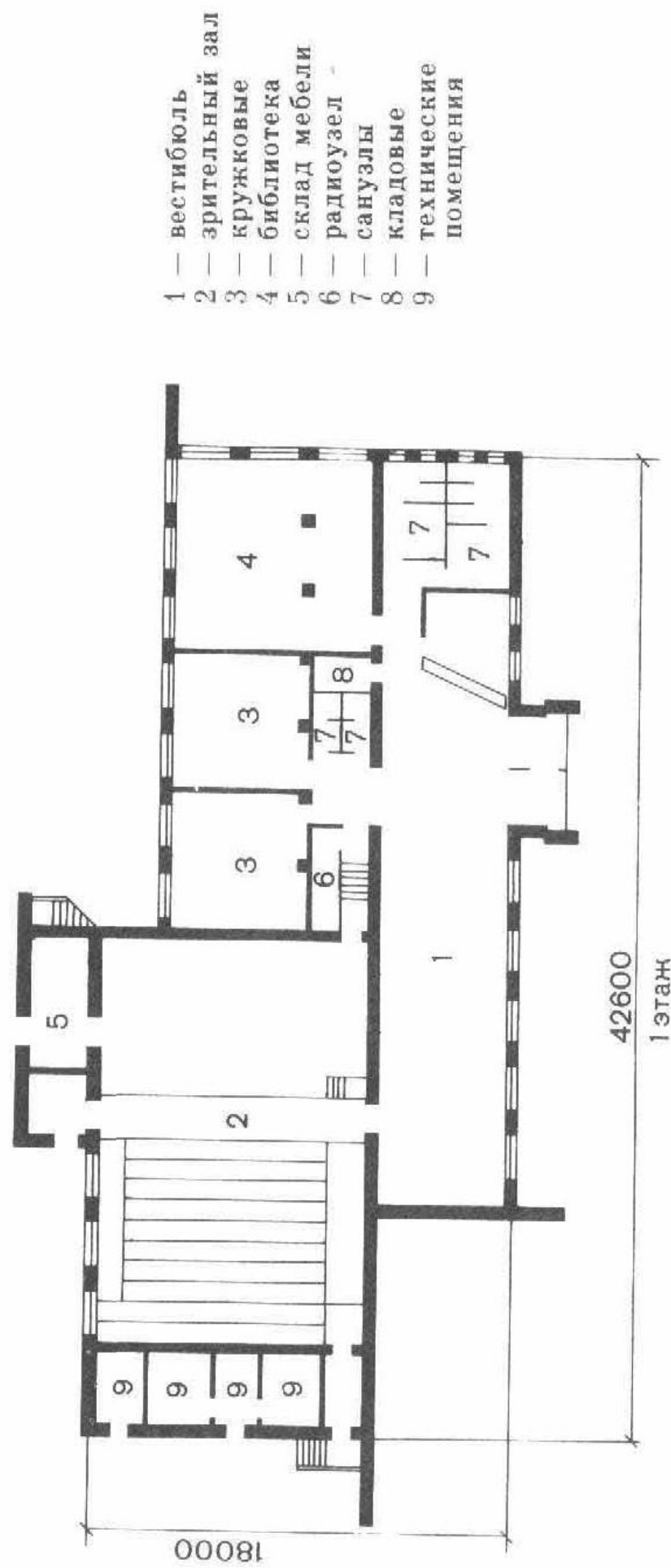
## СЕЛЬСКИЙ ДОМ КУЛЬТУРЫ С ЗАЛОМ НА 300 МЕСТ



- 1 — аудитория
- 2 — фойе
- 3 — зрительный зал
- 4 — буфет
- 5 — кинопроекционная
- 6 — кинофотолаборатория
- 7 — библиотека
- 8 — кружковые
- 9 — мастерские
- 10 — санузлы

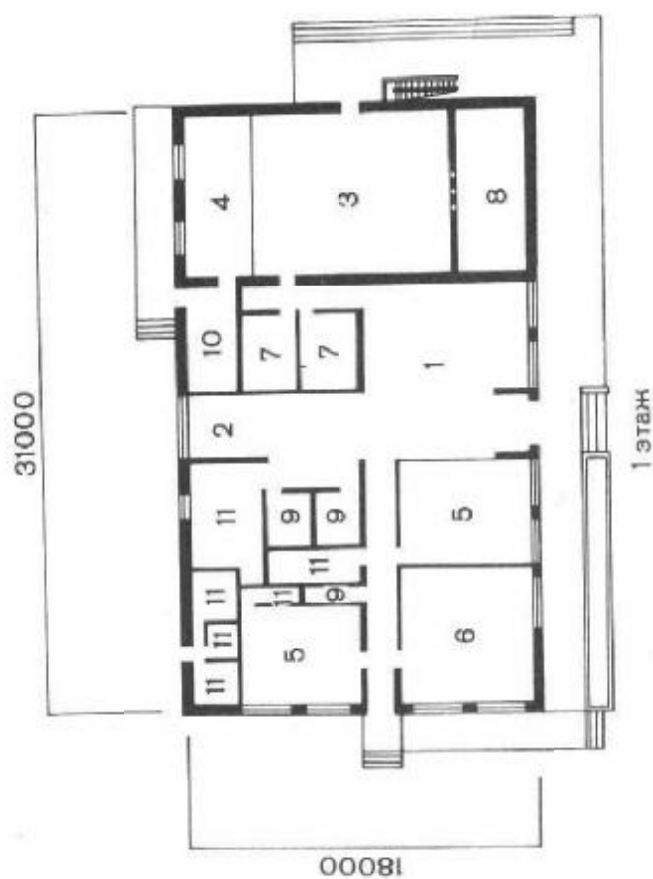
# СЕЛЬСКИЙ ДОМ КУЛЬТУРЫ С ЗАЛОМ НА 500 МЕСТ

# КЛУБ С ЗАЛОМ НА 200 МЕСТ



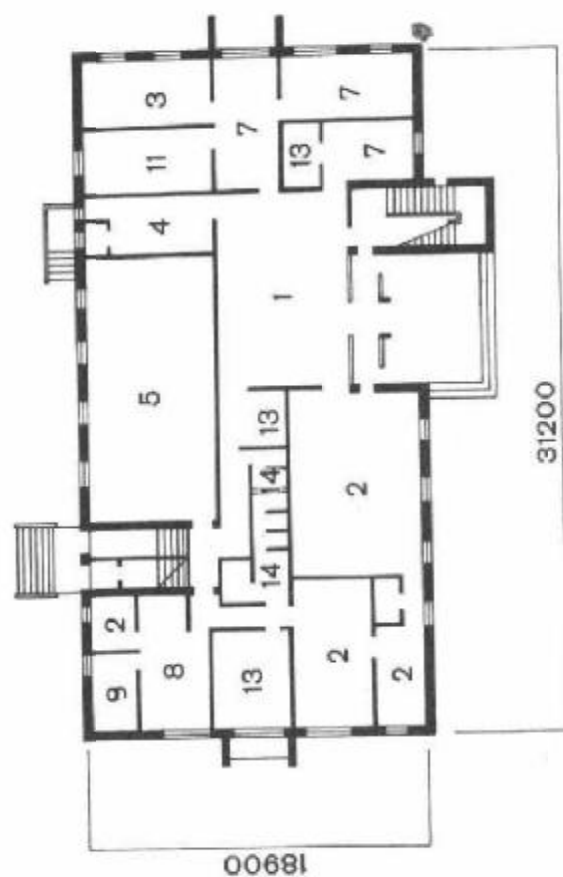


# СЕЛЬСКИЙ КЛУБ СО ЗРИТЕЛЬНЫМ ЗАЛОМ НА 150 МЕСТ



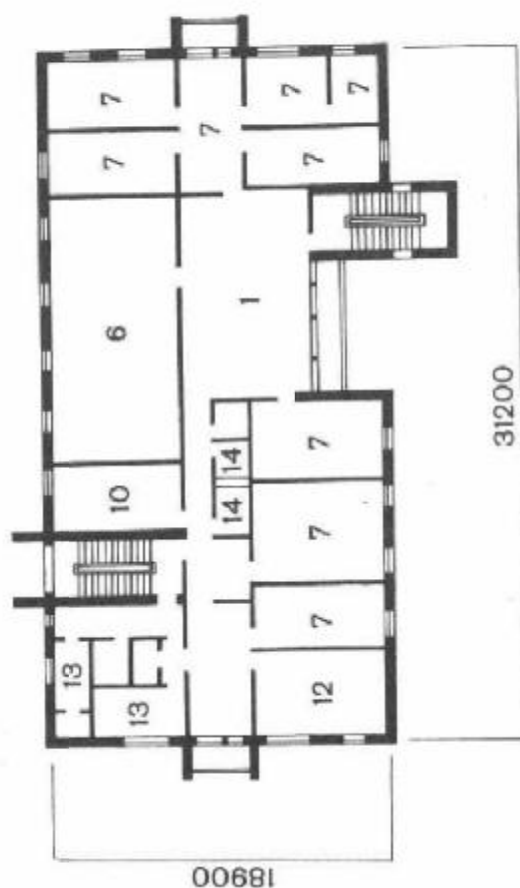
- 1 — вестибюль
- 2 — гардероб
- 3 — зрительный зал
- 4 — эстрада
- 5 — кружковые
- 6 — библиотека
- 7 — артистические
- 8 — кинопроекторная
- 9 — санузлы
- 10 — кладовые
- 11 — технические помещения

# 1 этаж



- 1 — вестибюль, холл  
2 — отделение связи  
3 — помещение сельсовета  
4 — милиция  
5 — АТС

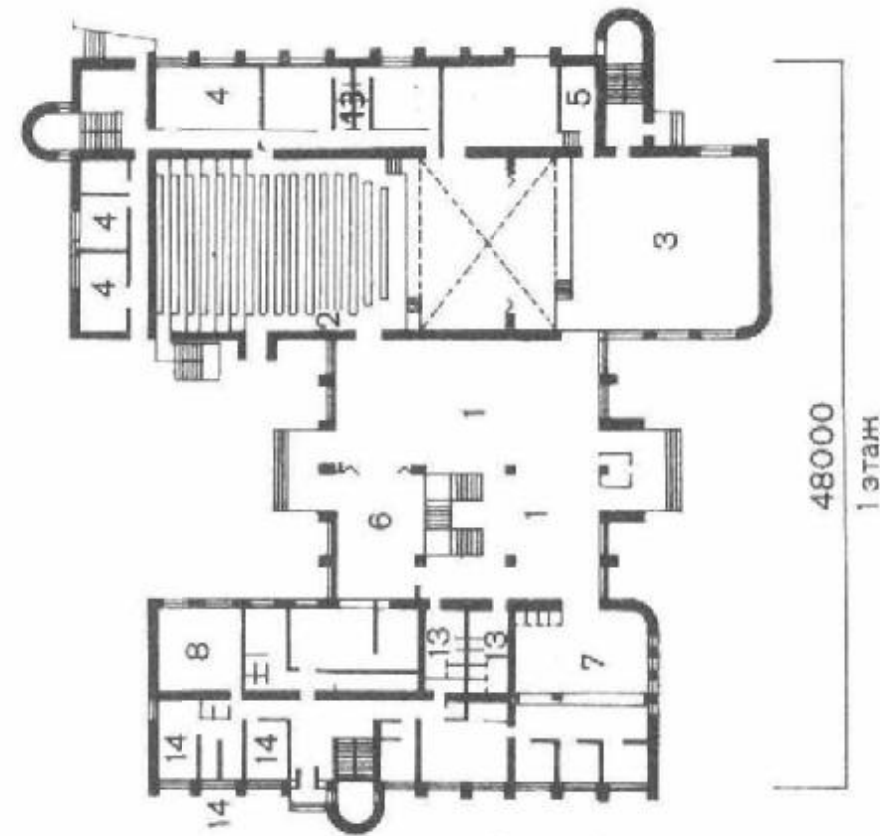
2 этаж



- 10 — помещения земельного устройства  
11 — бухгалтерия  
12 — аудитория  
13 — технические помещения  
14 — санузлы

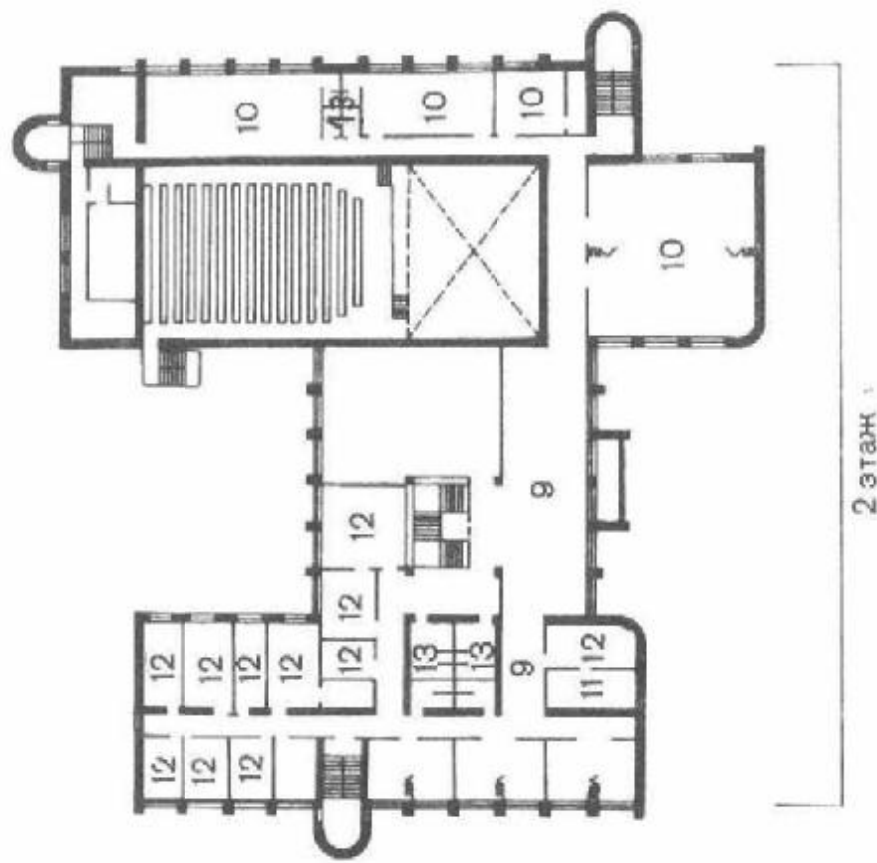
- 6 — зал заседаний  
7 — административные  
помещения  
8 — агролаборатория  
9 — кабинет агронома

Сельский Дом культуры с залом на 300 мест



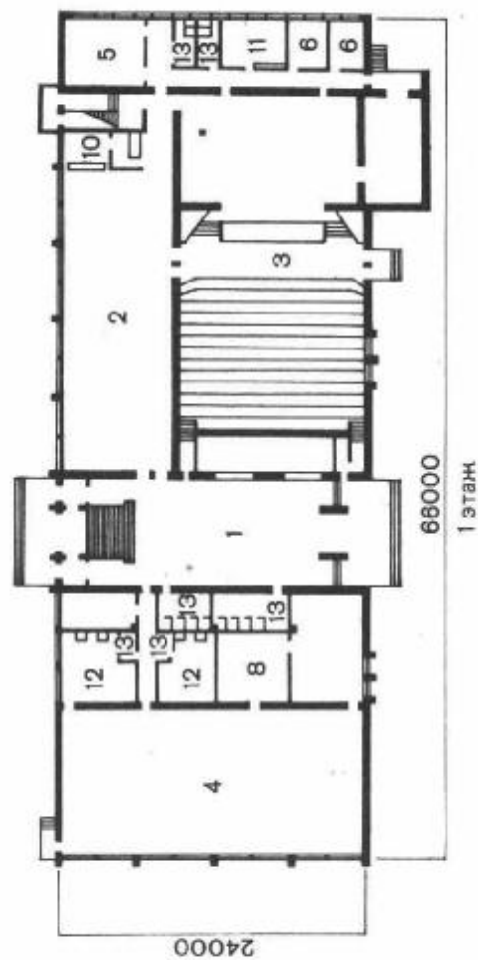
- 1 — вестибюль
- 2 — зрительный зал
- 3 — зал универсального назначения
- 4 — мастерские
- 5 — кладовые
- 6 — кафе

- 7 — почта
- 8 — АТС
- 9 — помещения универсального назначения (холл, гостиная, залы выставочные и бракосочетания)

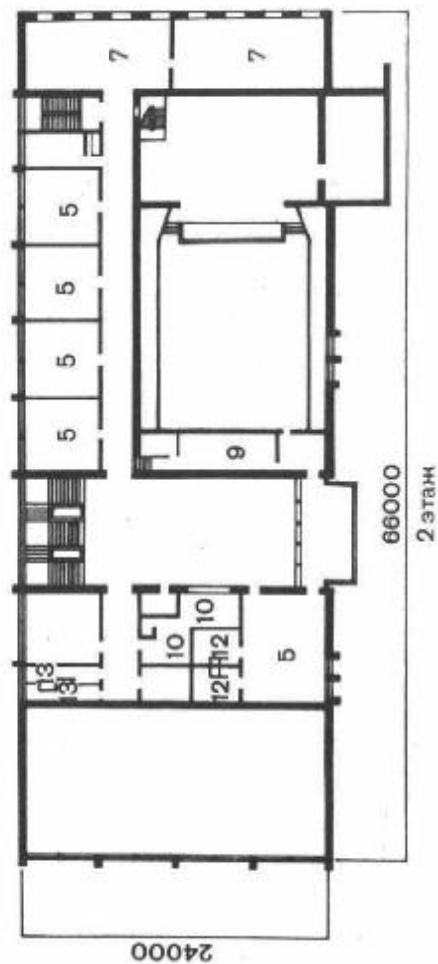


- 10 — кружковые
- 11 — кабинет председателя сельсовета
- 12 — кабинеты
- 13 — санузлы
- 14 — технические помещения

Сельский Дом культуры на 400 мест со спортзалом



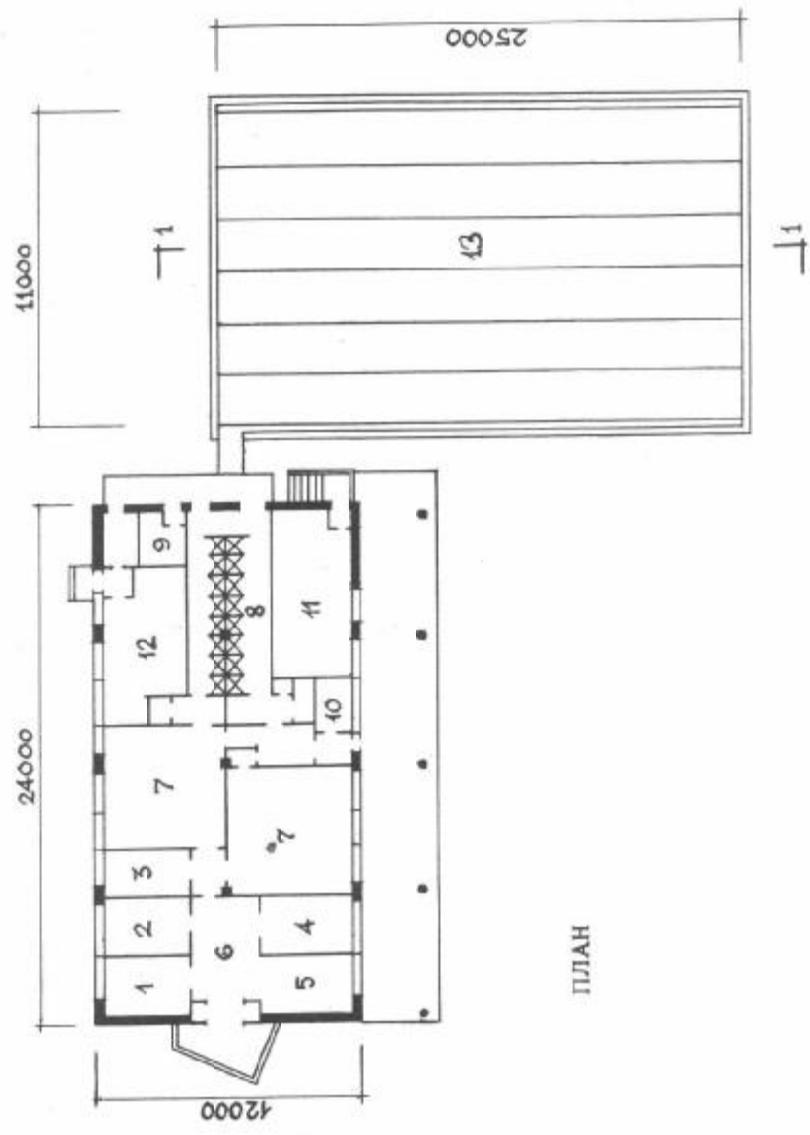
- 1 — вестибюль
- 2 — фойе
- 3 — зрительный зал
- 4 — спортивный зал
- 5 — кружковые
- 6 — мастерские
- 7 — библиотека



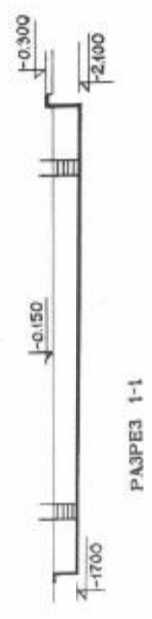
- 8 — сценная
- 9 — кинопроекторная
- 10 — буфеты
- 11 — костюмерная
- 12 — раздевалки
- 13 — санузлы

# ОТКРЫТЫЙ ПЛАВАТЕЛЬНЫЙ БАССЕЙН

С ВАННОЙ 25 × 16 м



ПЛАН

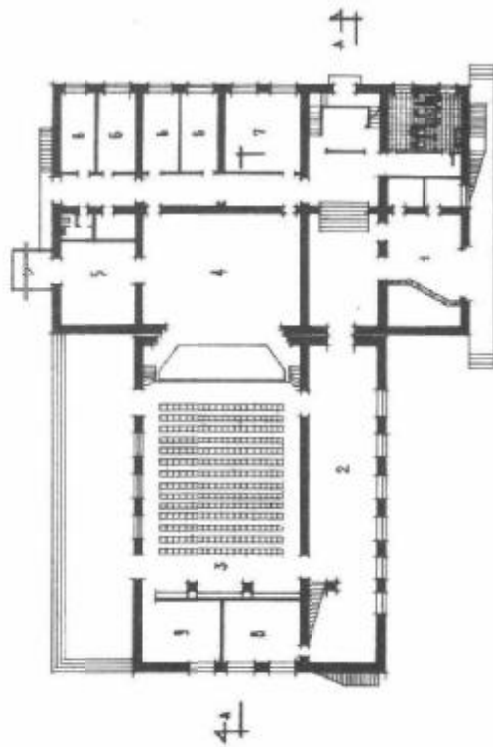


Состав и площади помещений

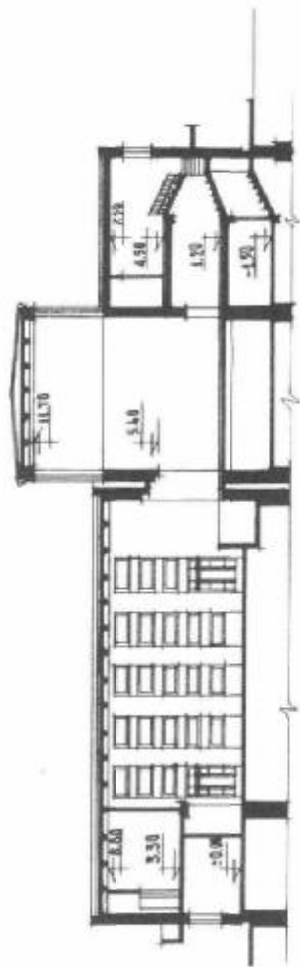
1. Комната администратора	11,40 м²
2. Комната прача	11,40 м²
3. Комната персонала	9,10 м²
4. Комната инструктора	11,40 м²
5. Гардероб	11,40 м²
6. Вестибюль	14,20 м²
7. Раздевальные	67,40 м²
8. Душевые	25,80 м²
9. Хлоратория	4,10 м²
10. Лаборатория	4,40 м²
11. Помещение фильтров	28,70 м²
12. Венткамера и бойлерная	22,60 м²
13. Ванна на 6 дорожек	

# КЛУБ СО ЗРИТЕЛЬНЫМ ЗАЛОМ НА 300 МЕСТ

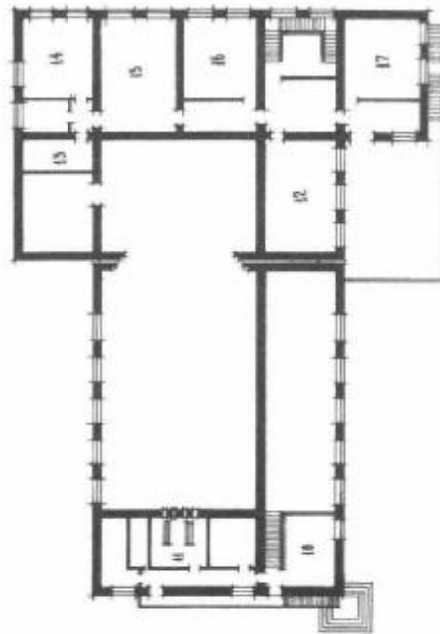
ПЛАН I ЭТАЖА



РАЗРЕЗ ПО А-А



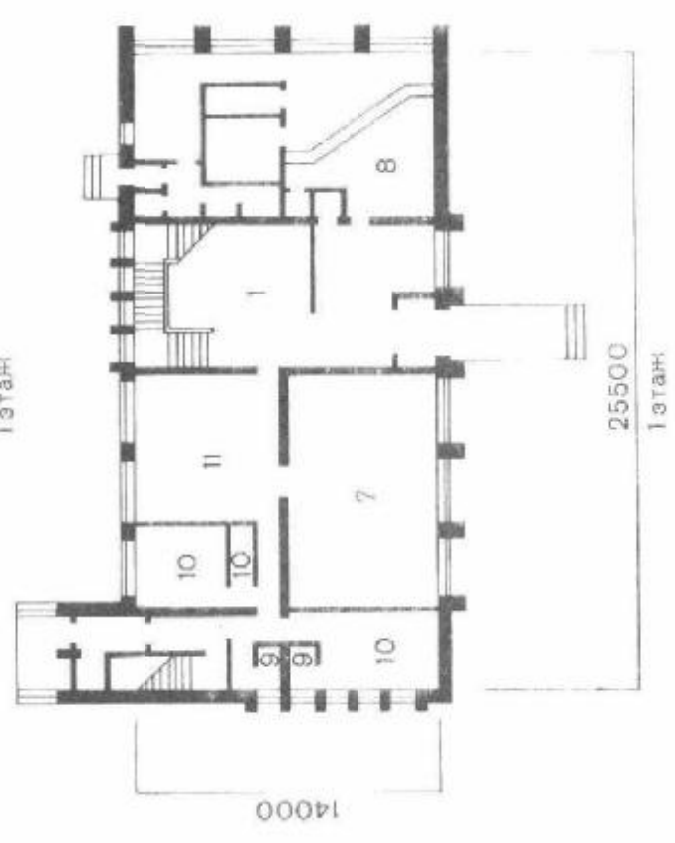
ПЛАН II ЭТАЖА



## Состав и площади помещений

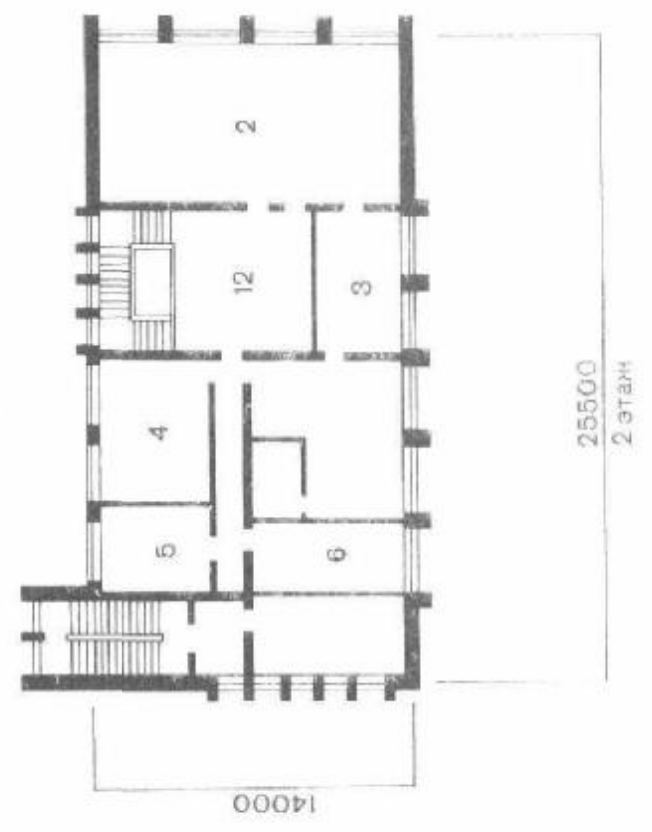
1. Вестибюль	99 м <sup>2</sup>
2. Фойе	129 м <sup>2</sup>
3. Зрительный зал	220 м <sup>2</sup>
4. Сцена	99 м <sup>2</sup>
5. Склад декораций	35 м <sup>2</sup>
6. Артистическая	4 + 17 м <sup>2</sup>
7. Класс театрального искусства	35 м <sup>2</sup>
8. Гостиная	27 м <sup>2</sup>
9. Склад стульев	27 м <sup>2</sup>
10. Буфет	27 м <sup>2</sup>
11. Киноаппаратная	43 м <sup>2</sup>
12. Класс музыкального искусства	47 м <sup>2</sup>
13. Фотолаборатория	11 м <sup>2</sup>
14. Читальный зал	35 м <sup>2</sup>
15. Абонement	48 м <sup>2</sup>
16. Кабинет передового опыта	35 м <sup>2</sup>

1 этаж



- 1 — вестибюль
- 2 — зал заседаний
- 3 — кабинет председателя
- 4 — отдел ЗАГСа
- 5 — комната общественных организаций
- 6 — бухгалтерия

2 этаж



- 7 — АТС
- 8 — почта
- 9 — санузлы
- 10 — технические помещения
- 11 — узел связи
- 12 — фойе

Сельский Совет

# РАЙОННЫЙ ДОМ ПИОНЕРОВ И ШКОЛЬНИКОВ

Рисунок 1. Этажи



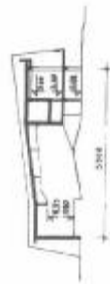
План II. Этажа



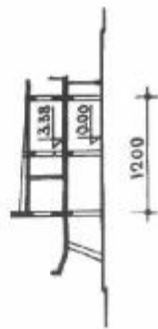
РАЗРЕЗ



РАЗРЕЗ

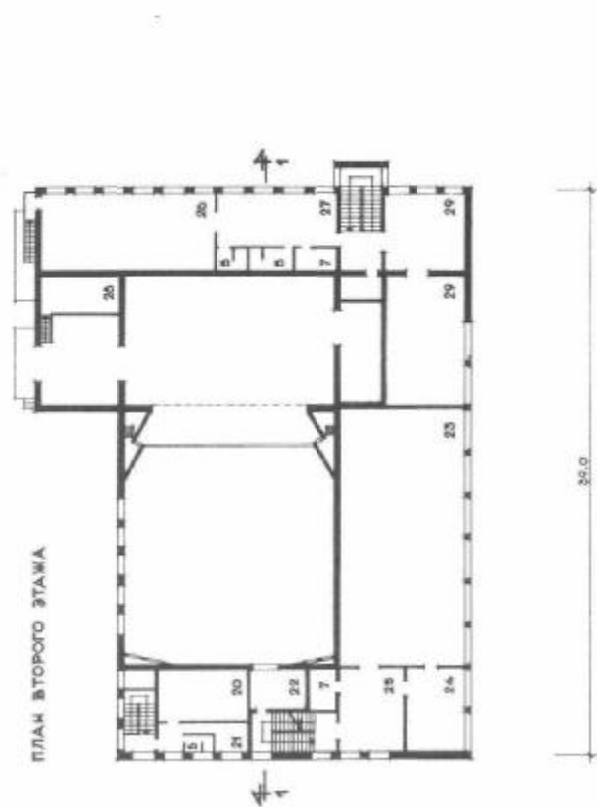
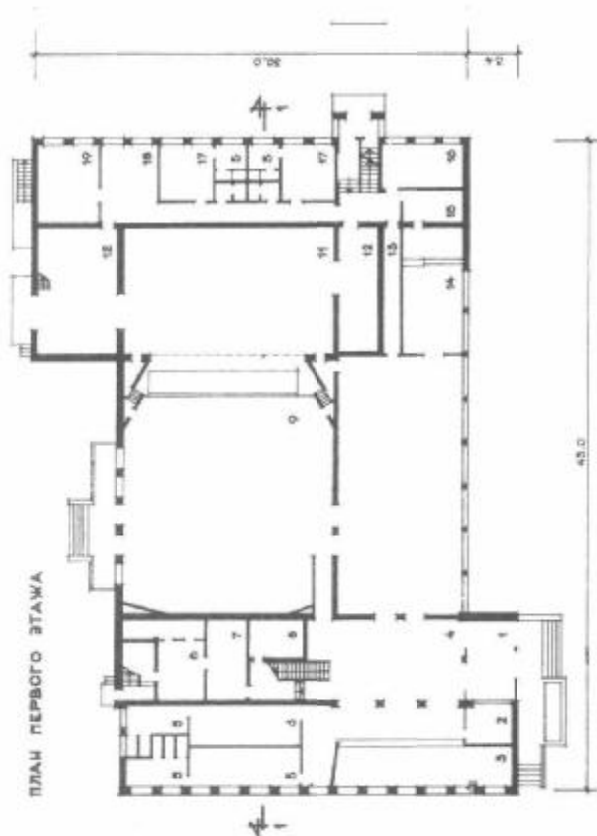


РАЗРЕЗ



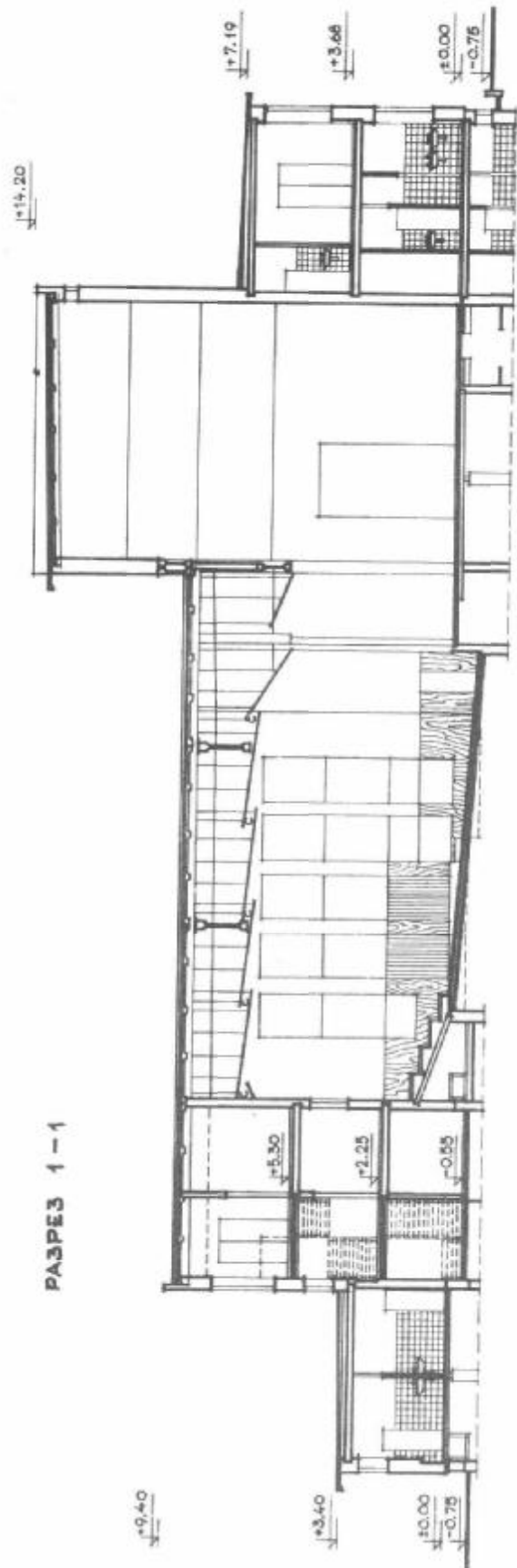
Состав и площади помещений			
1. Вестибюль и зимний сад	190,20 м²	17. Радиотехническая лаборатория	30,30 м²
2. Вестибюль	170,00 м²	18. Круг	98,80 м²
3. Студия ИЗО	66,35 м²	19. Методический кабинет	20,85 м²
4. Игровая младших школьников	35,40 м²	20. Спортивный зал	273,75 м²
5. Автогараж	48,30 м²	21. Спортивная	24,85 м²
6. Уголок живой природы	19,80 м²	22. Бульвар	10,20 м²
7. Слесарная мастерская	29,75 м²	23. Кабинет директора	19,60 м²
8. Столовая	40,65 м²	24. Кабинет тренера и врача	9,85 м²
9. Комната туризма с посудобой	30,95 м²	25. Буфет с посудобойными помещениями	86,48 м²
10. Библиотека-читальный зал	53,90 м²	26. Антресоли для зрителей	63,25 м²
11. Ленинский зал	48,30 м²	27. Фото-лаборатория	36,30 м²
12. Круг	48,30 м²	28. Музыкальный кружок	46,20 м²
13. Аппарат	48,30 м²	29. Драмкружок	33,50 м²
14. Лаборатория общей биологии	34,95 м²	30. Зрительный зал на 400 мест	277,50 м²
15. Кабинет растениеводства и цветоводства	40,85 м²	31. Эстрада	139,85 м²
16. Шахматный кружок	30,30 м²	32. Склад объемных декораций	28,50 м²
		33. Артистическая	13,55 м²
		34. Костюмерная	11,60 м²
		35. Комната персонала	8,00 м²
		36. Фойе-выставка	151,20 м²
		37. Фойе	188,50 м²
		38. Насосная	16,10 м²





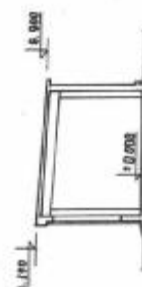
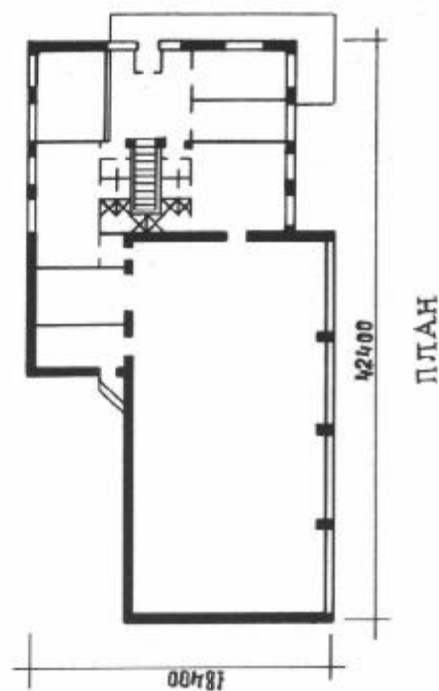
Состав и площади помещений

1. Кассовый вестибюль	18,17 м <sup>2</sup>
2. Касса	8,66 м <sup>2</sup>
3. Гардероб	32,91 м <sup>2</sup>
4. Вестибюль	129,92 м <sup>2</sup>
5. Санузлы	99,32 м <sup>2</sup>
6. Венткамера	17,66 м <sup>2</sup>
7. Склад	46,76 м <sup>2</sup>
8. Автотрансформаторная	9,10 м <sup>2</sup>
9. Зрительный зал	216,25 м <sup>2</sup>
10. Фойе	161,03 м <sup>2</sup>
11. Сцена	155,36 м <sup>2</sup>
12. Склад декораций	72,19 м <sup>2</sup>
13. Коридор	89,19 м <sup>2</sup>
14. Буфет	39,82 м <sup>2</sup>
15. Подсобная буфета	9,44 м <sup>2</sup>
16. Администрация	19,35 м <sup>2</sup>
17. Артистическая	31,12 м <sup>2</sup>
18. Ожидающая артистов	22,61 м <sup>2</sup>
19. Гриммерная	23,93 м <sup>2</sup>
20. Кинопроекторная	21,16 м <sup>2</sup>
21. Перемоточная	4,62 м <sup>2</sup>
22. Регуляторная	9,10 м <sup>2</sup>
23. Библиотека	161,23 м <sup>2</sup>
24. Подсобная библиотеки	26,27 м <sup>2</sup>
25. Вестибюль библиотеки	25,45 м <sup>2</sup>
26. Малый зал	69,40 м <sup>2</sup>
27. Кулуары	31,95 м <sup>2</sup>
28. Антресоль	13,49 м <sup>2</sup>
29. Круговая	130,70 м <sup>2</sup>



## СПОРТИВНЫЙ КОРПУС

СО СПОРТЗАЛОМ 24 × 12 И БЛОКОМ-РАЗДЕВАЛЬНЫМИ

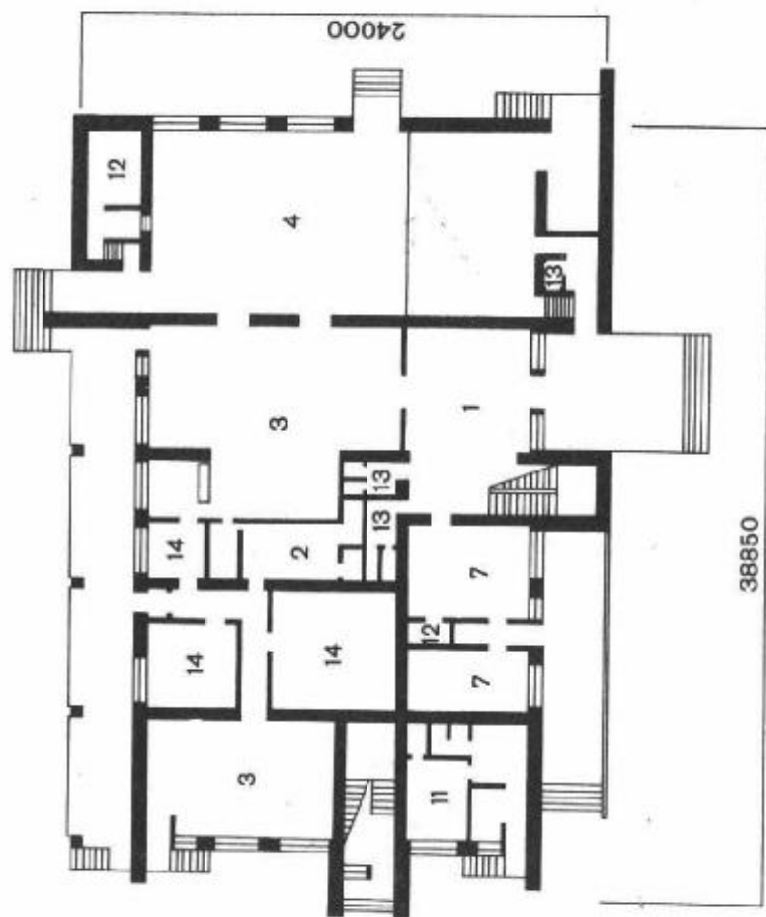


ПЛАН С БЛОКОМ - РАЗДЕВАЛЬНЫМИ

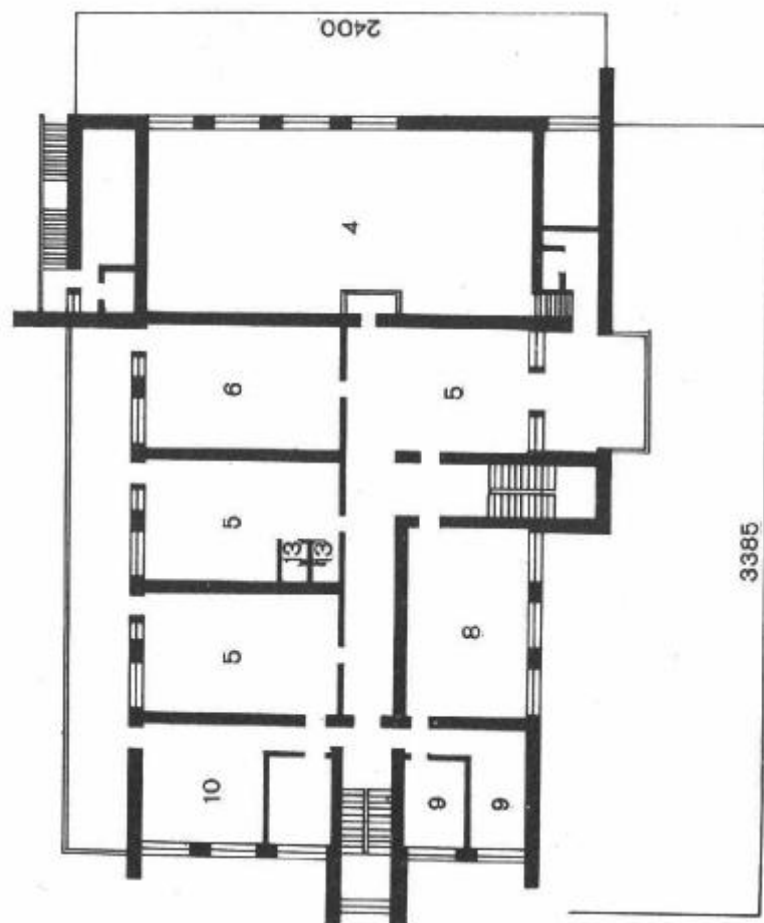
РАЗРЕЗ 1-1

Состав и площадь помещений		без блока раздевален	
1. Спортзал	272,10 м²	272,10 м²	
2. Сантехническое помещение	16,50 м²	16,50 м²	
3. Кладовая спортивного инвентаря	20,30 м²	20,30 м²	
4. Раздевальная женская	104,90 м²	30,60 м²	
5. Раздевальная мужская	104,20 м²	29,90 м²	
6. Комнаты персонала	35,30 м²	27,60 м²	
7. Санузлы	42,70 м²	8,40 м²	
8. Вестибюль	65,30 м²	27,40 м²	
9. Гардероб	58,70 м²	20,80 м²	

1 этаж



2 этаж



- 1 — вестибюль
- 2 — административно-бытовые помещения
- 3 — торговые залы магазина и буфета
- 4 — зрительный зал
- 5 — клубные помещения
- 6 — библиотека
- 7 — почта

- 8 — АТС
- 9 — кабинеты
- 10 — комната общественных организаций
- 11 — медпункт
- 12 — кладовые
- 13 — санузлы
- 14 — подсобные помещения

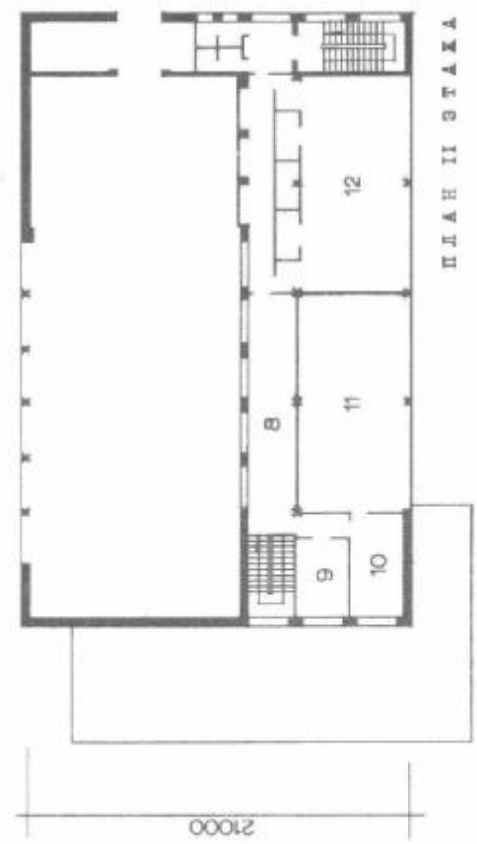
## ОБЩЕСТВЕННЫЙ ЦЕНТР ПОСЕЛКА НА 500 ЖИТЕЛЕЙ

# КЛУБ СО ЗРИТЕЛЬНОМ ЗАЛОМ НА 400 МЕСТ

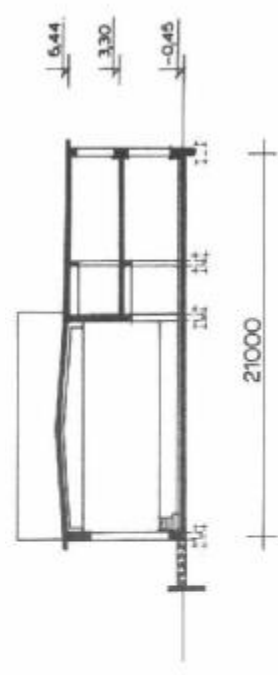
ПЛАН I ЭТАЖА



ПЛАН II ЭТАЖА



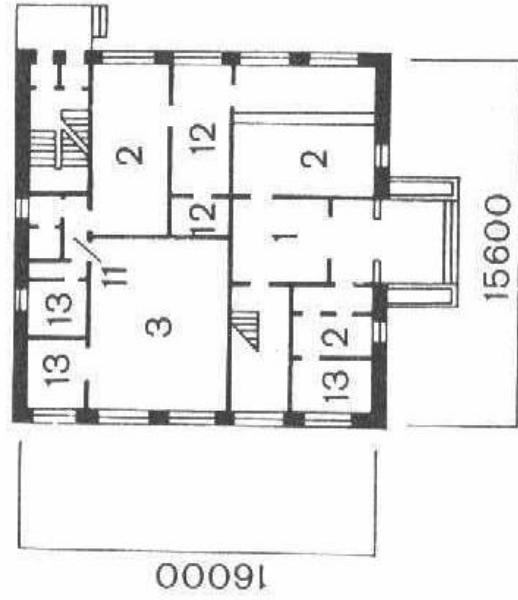
РАЗРЕЗ



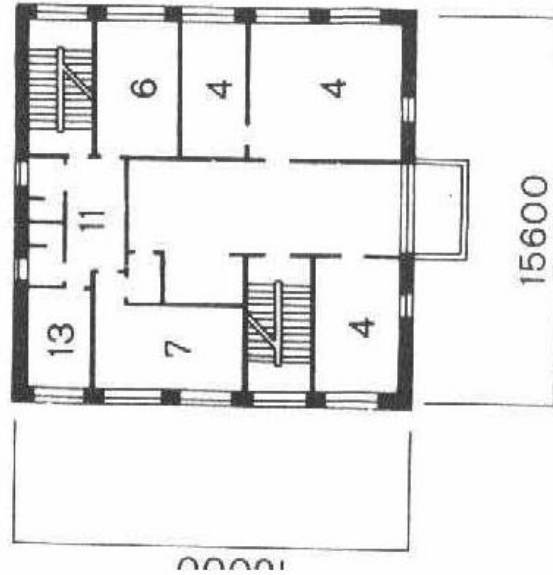
## Состав и площади помещений

1. Зрительный зал с эстрадой	323,3 м <sup>2</sup>
2. Фойе	163,5 м <sup>2</sup>
3. Вестибюль с гардеробом	80,7 м <sup>2</sup>
4. Администратор и кассы	9,1 м <sup>2</sup>
5. Артистическая	33,9 м <sup>2</sup>
6. Склад декораций	25,4 м <sup>2</sup>
7. Помещения кинопроекторной и радиоула клуба	25,8 м <sup>2</sup>
8. Кулуары выставок	34,2 м <sup>2</sup>
9. Вспомогательное помещение для библиотеки клуба	12,6 м <sup>2</sup>
10. Рабочая комната для библиотеки	16,6 м <sup>2</sup>
11. Библиотека-читальня	72,5 м <sup>2</sup>
12. Круговые помещения	73,3 м <sup>2</sup>
13. Электронитовая	17,8 м <sup>2</sup>
14. Вентиляционная камера	10,8 м <sup>2</sup>
15. Тепловой узел	102,0 м <sup>2</sup>
16. Помещения буфетной	17,5 м <sup>2</sup>
17. Кладовая	

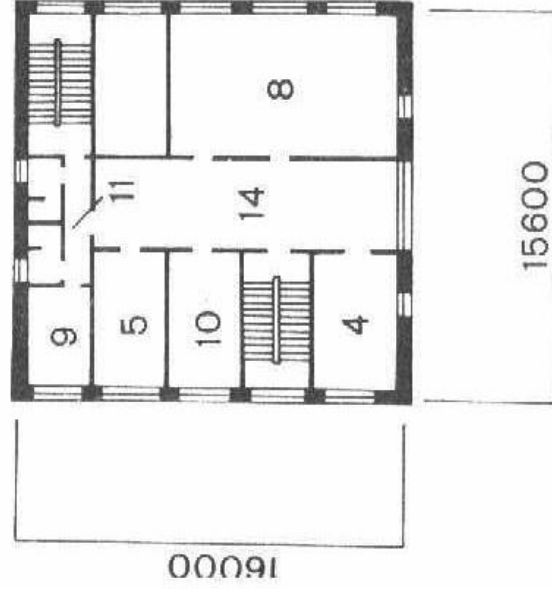
1 этаж



2 этаж

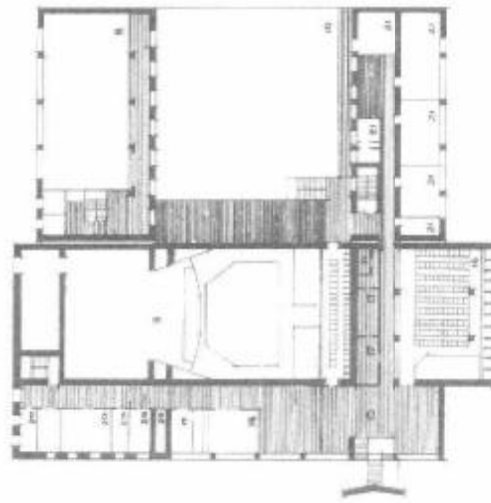
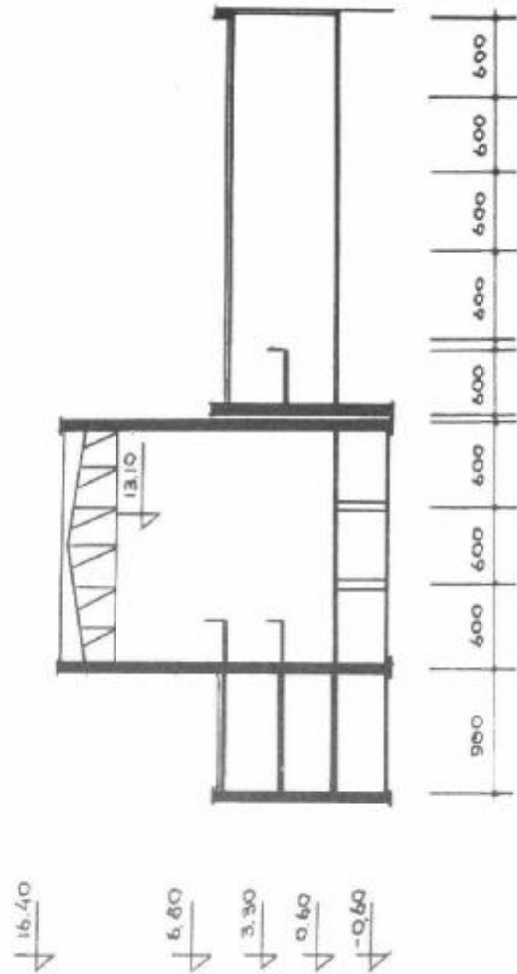


3 этаж



- 1 — вестибюль
- 2 — почта
- 3 — АТС
- 4 — кабинеты
- 5 — комнаты военкомата
- 6 — милиция
- 7 — бухгалтерия
- 8 — зал заседаний
- 9 — радиоузел
- 10 — отдел ЗАГСа
- 11 — санузлы
- 12 — кладовые
- 13 — технические помещения
- 14 — фойе

# СЕЛЬСКИЙ СОВЕТ

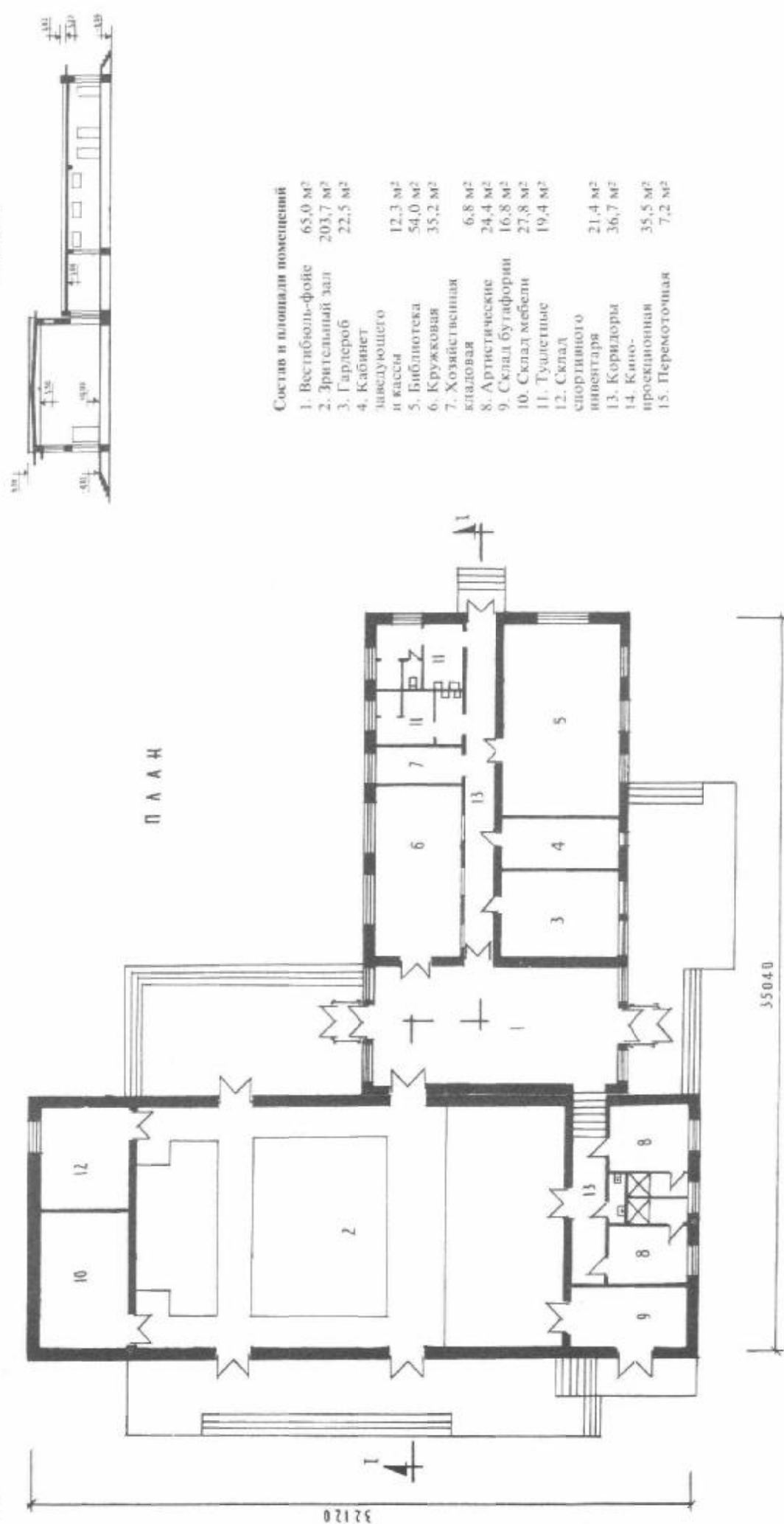


### Состав и площадь помещений

Состав и площади помещений		
1. Вестибюль с гардеробом	260,65 м <sup>2</sup>	13. Подсобные помещения Библиотеки
2. Фойе	200,80 м <sup>2</sup>	14. Кассы, коридоры
3. Зрительный зал со сценой	601,30 м <sup>2</sup>	15. Холл, гостиная, выставка
4. Буфет (в фойе)		16. Конференцзал
5. Туалеты	35,10 м <sup>2</sup>	17. Кино-проеционные помещения
6. Артистические	69,00 м <sup>2</sup>	18. Буфет
7. Складские помещения	78,60 м <sup>2</sup>	19. Подсобные буфета
8. Спортивный зал	272,35 м <sup>2</sup>	20. Подсобные помещения
9. Раздевальная	49,65 м <sup>2</sup>	театральной части
10. Зимний сад	720,00 м <sup>2</sup>	21. Кружковые помещения
11. Читальный зал	150,00 м <sup>2</sup>	
12. Детское отделение библиотеки		
	30,25 м <sup>2</sup>	
		128,00 м <sup>2</sup>
		360,00 м <sup>2</sup>

# ПЛАН ЭКСПЛИКАТИВНОГО ЗАЛЮМ НА 200—250 МЕСІ І БІБЛІОТЕКОЇ НА 5000 ТОМОВ

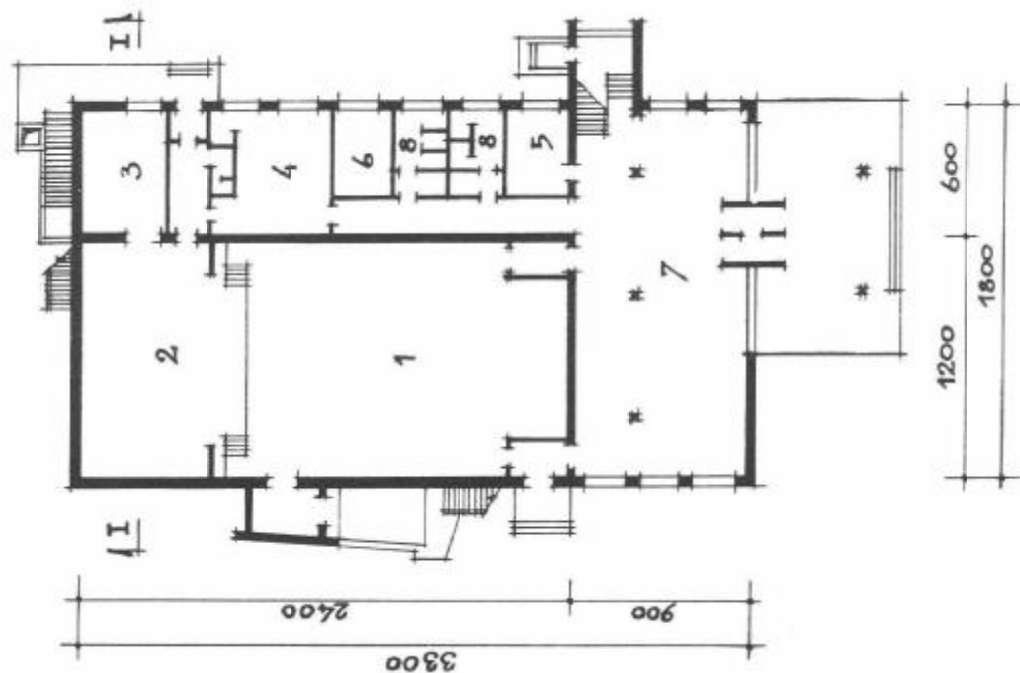
43



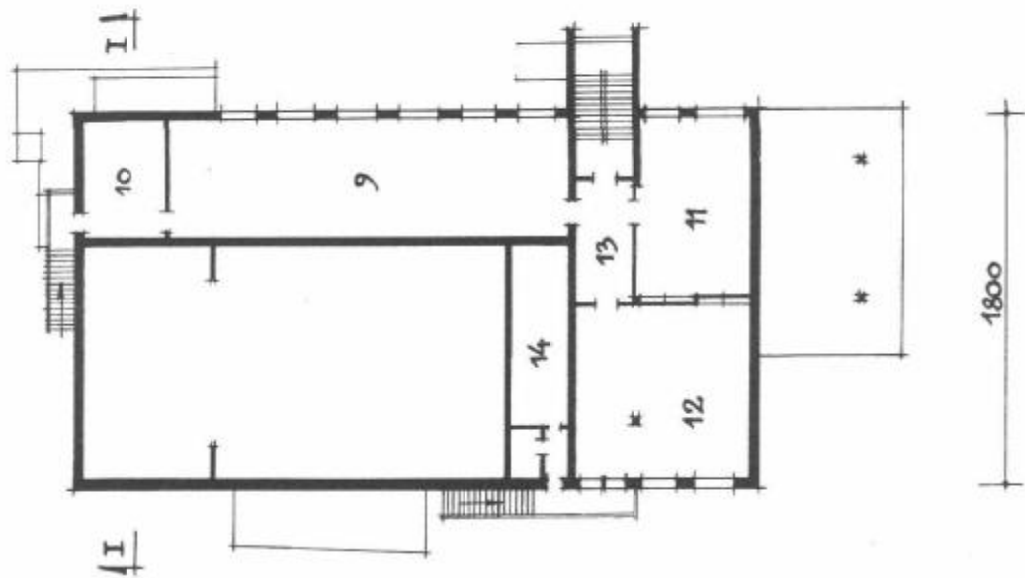
# КЛУБ С ЗРИТЕЛЬНЫМ ЗАЛОМ НА 300 МЕСТ

44

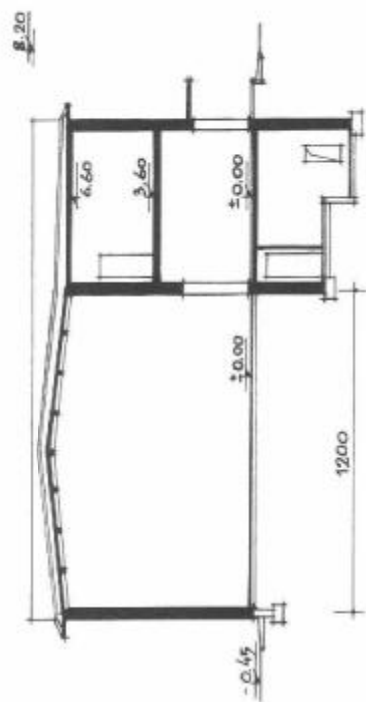
ПЛАН 1 ЭТАЖА



ПЛАН 2 ЭТАЖА



РАЗРЕЗ I-I

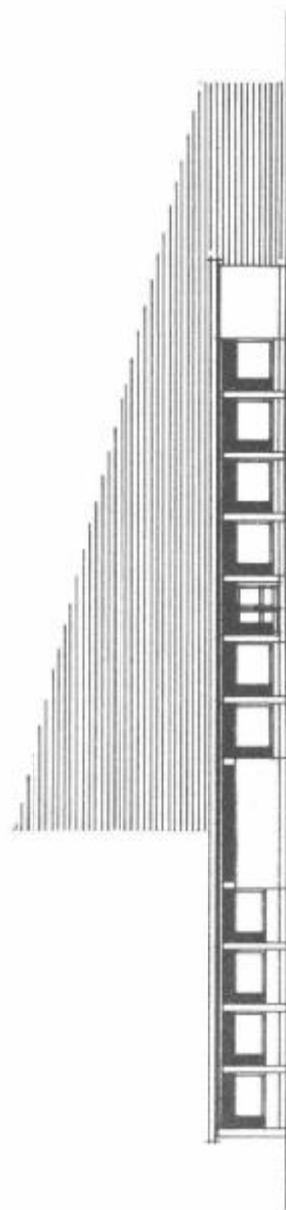
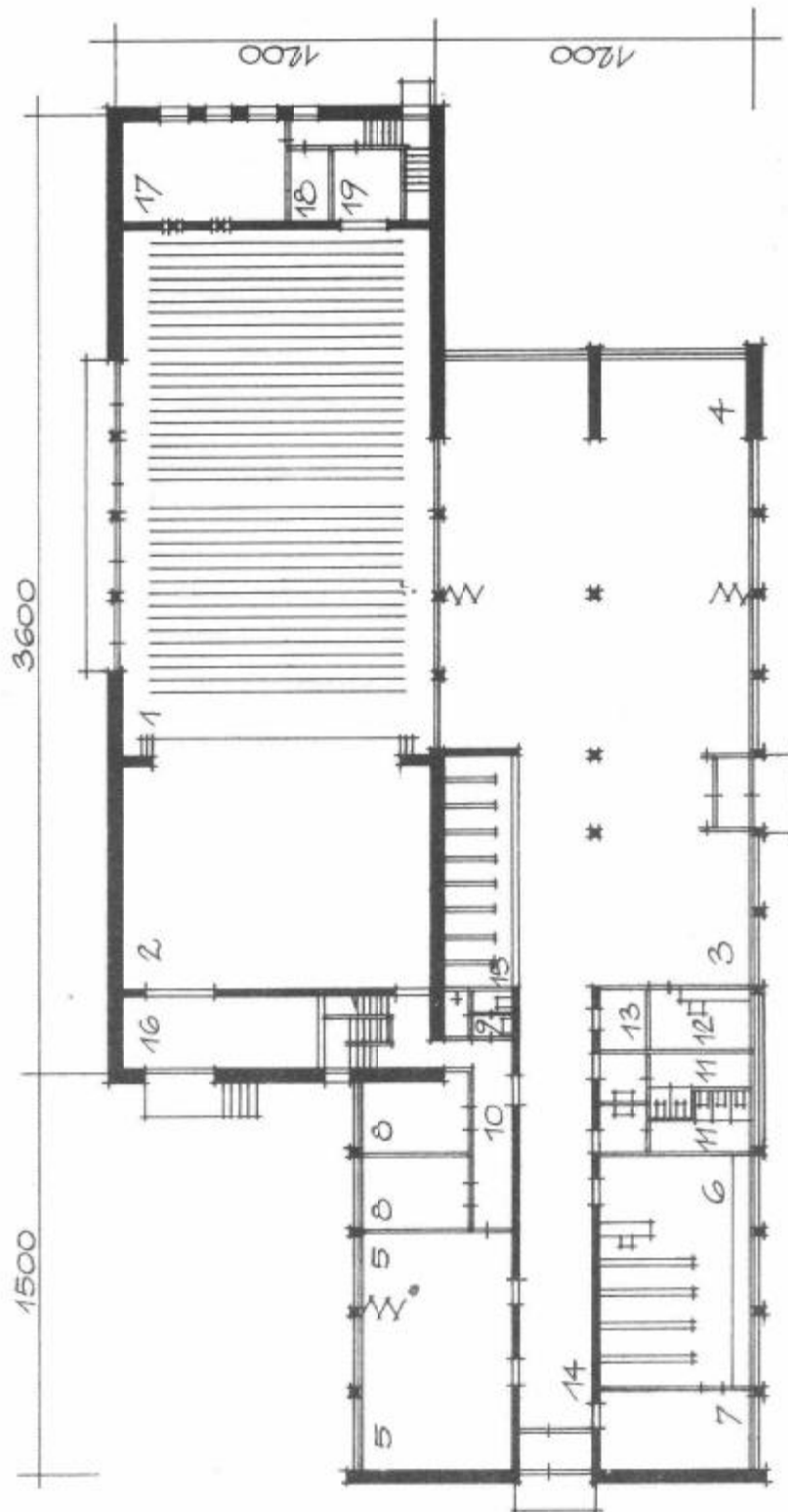


## Состав и площадь помещений

1. Зрительный зал	170,50 м²
2. Эстрада	85,42 м²
3. Склад при эстраде	21,50 м²
4. Кухонная артистическая	32,10 м²
5. Кабинет директора	11,90 м²
6. Кладовая	10,10 м²
7. Фойе-вестибюль с гардеробом и буфетной стойкой	140,50 м²
8. Санузлы	24,50 м²
9. Библиотека	106,80 м²
10. Книго-хранение	17,92 м²
11. Кухонная	50,70 м²
12. Игровая-гостиная	75,20 м²
13. Холл	16,70 м²
14. Кино-проеционная	26,60 м²
15. Технический подвал	

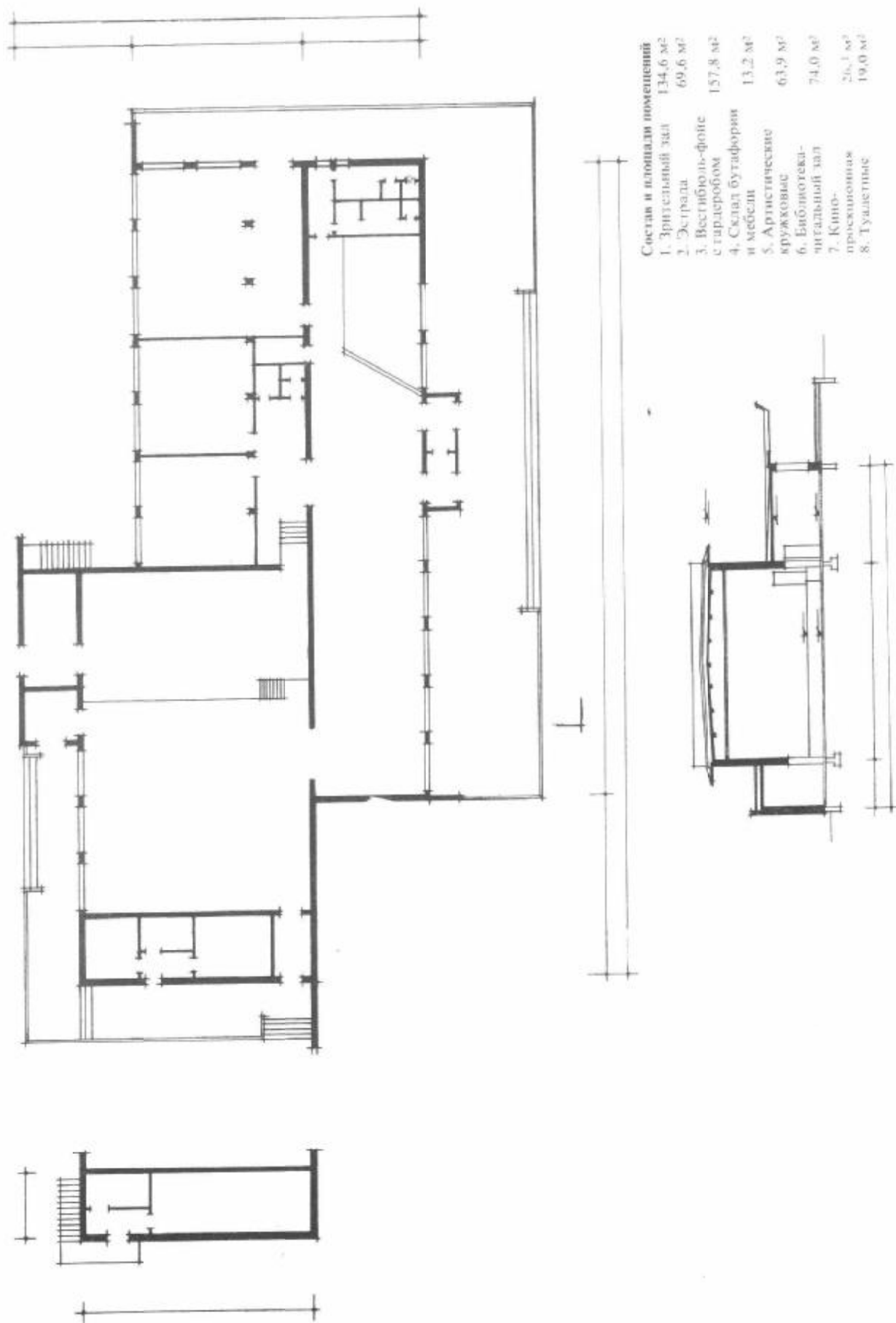


# КЛУБ СО ЗРИТЕЛЬНЫМ ЗАЛОМ НА 400 МЕСТ И БИБЛИОТЕКОЙ



Состав и площади помещений	
1. Зрительный зал	226,6 м <sup>2</sup>
2. Сцена	108,1 м <sup>2</sup>
3. Вестибюль	108,5 м <sup>2</sup>
4. Фойе	135,5 м <sup>2</sup>
5. Кухонные комнаты	50,0 м <sup>2</sup>
6. Библиотека-читальня	49,2 м <sup>2</sup>
7. Рабочая комната	16,7 м <sup>2</sup>
8. Артистические	22,9 м <sup>2</sup>
9. Санузел	5,6 м <sup>2</sup>
10. Передняя	7,2 м <sup>2</sup>
11. Санузлы	22,8 м <sup>2</sup>
12. Кафе	8,5 м <sup>2</sup>
13. Шитовая	3,1 м <sup>2</sup>
14. Коридор	47,8 м <sup>2</sup>
15. Гардероб	25,0 м <sup>2</sup>
16. Склад	20,2 м <sup>2</sup>
17. Кино-просекционная	22,8 м <sup>2</sup>
18. Перемоточная	3,7 м <sup>2</sup>
19. Радиоузел	6,2 м <sup>2</sup>

# КЛУБ СО ЗРИТЕЛЬНОМ ЗАЛОМ НА 200 МЕСТ



2 этаж



- 1 — вестибюль  
2 — зрительный зал  
3 — буфет

- 4 — кладовые  
5 — кинопроекторные  
6 — кружковые

- 7 — библиотека  
8 — почта  
9 — АТС  
10 — кабинет пол.

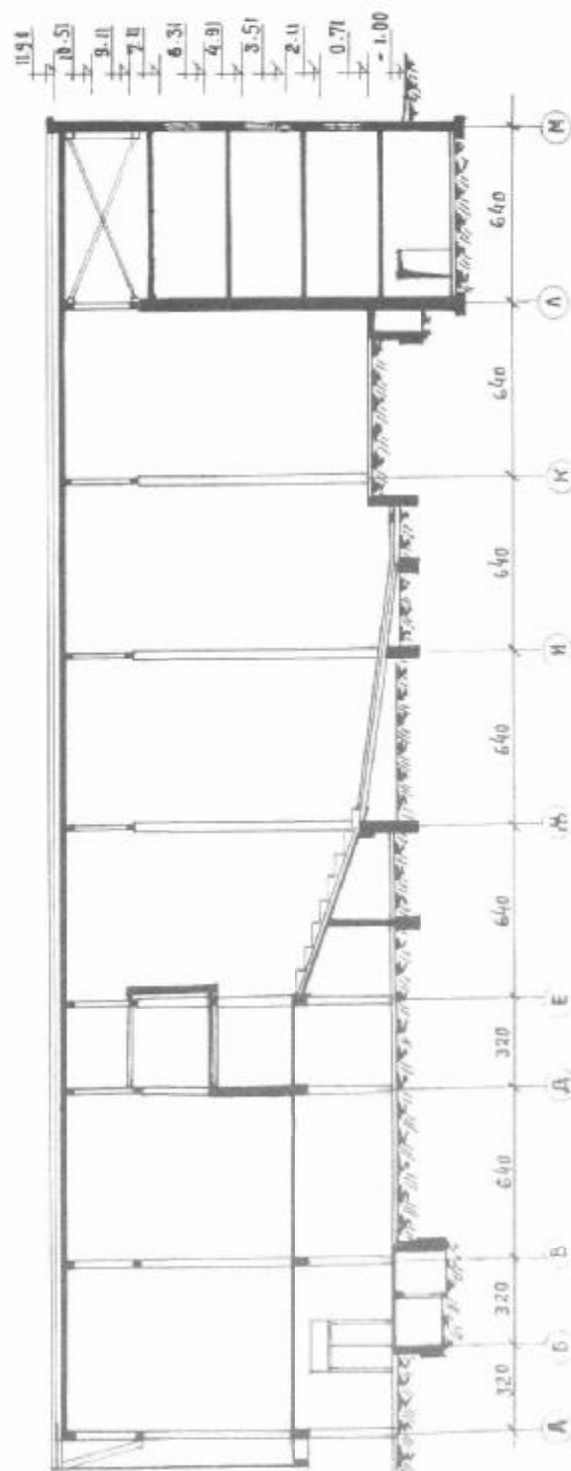
- 11 — милиция  
12 — кабинеты  
13 — зал заседаний  
14 — санузлы

# КЛУБ СО ЗРИТЕЛЬНЫМ ЗАЛОМ НА 500 МЕСТ



## Состав и площади помещений

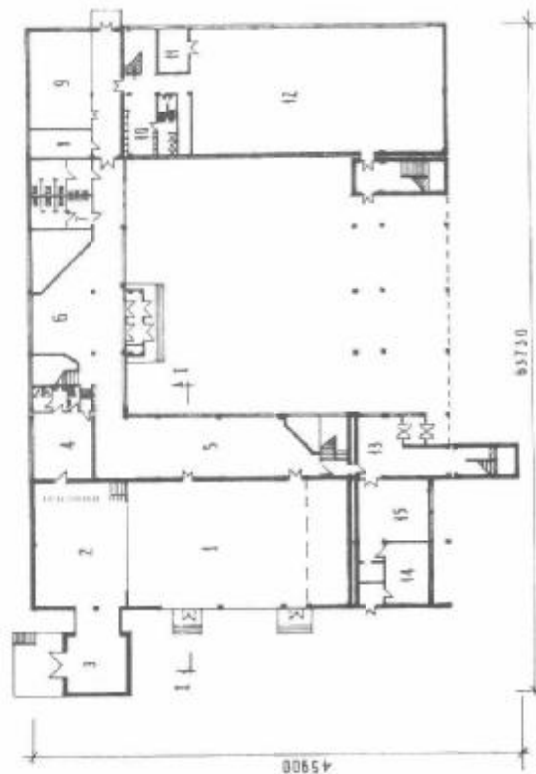
1. Вестибюль	273,00 м <sup>2</sup>
2. Гардероб	44,40 м <sup>2</sup>
3. Зрительный зал	311,60 м <sup>2</sup>
4. Фойе	221,40 м <sup>2</sup>
5. Кружковые комнаты	122,00 м <sup>2</sup>
6. Читальный зал с кино-хранилищами	122,00 м <sup>2</sup>
7. Спортзал	277,80 м <sup>2</sup>
8. Артистические помещения	91,36 м <sup>2</sup>
9. Помещения кино-аппараторной	46,90 м <sup>2</sup>



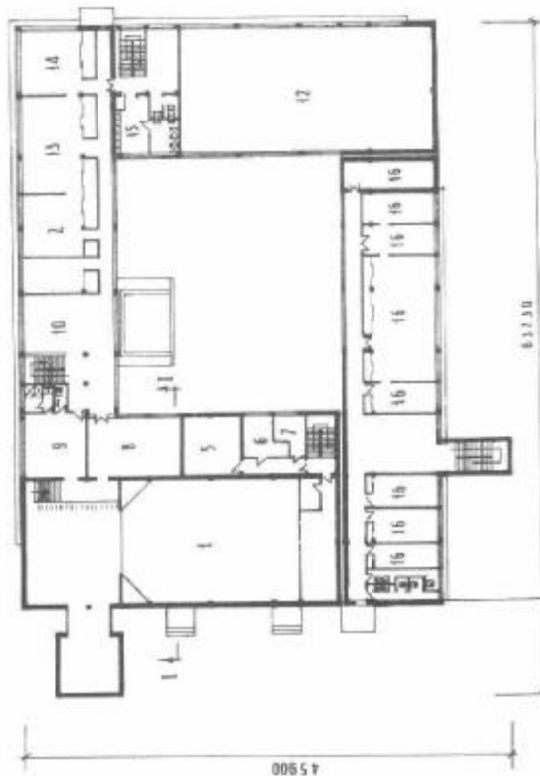
# КЛУБ СО ЗРИТЕЛЬНОМ ЗАЛОМ НА 300 МЕСТ

49

ПЛАН 1 ЭТАЖА

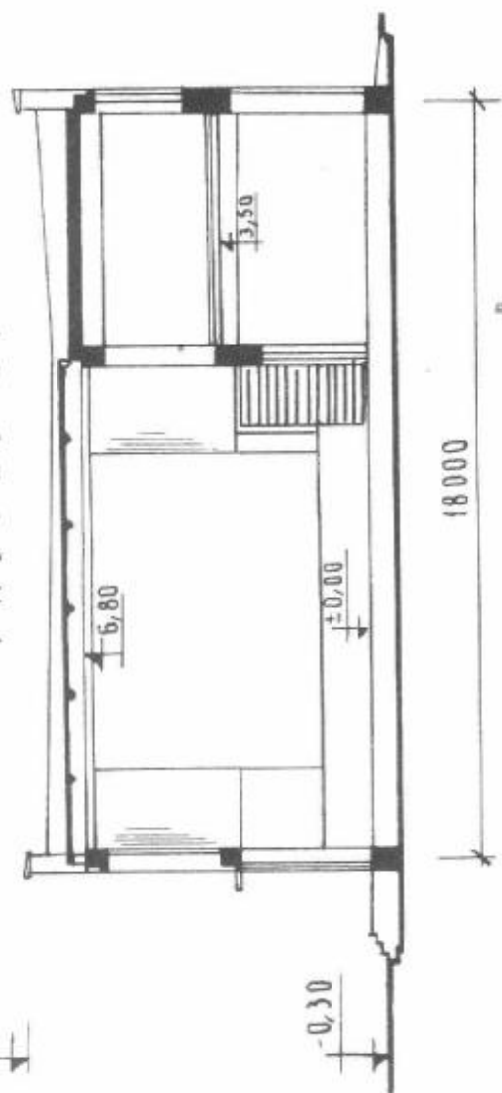


ПЛАН 2 ЭТАЖА



8,00

РАЗРЕЗ I-I



Состав и площади помещений

1-й этаж

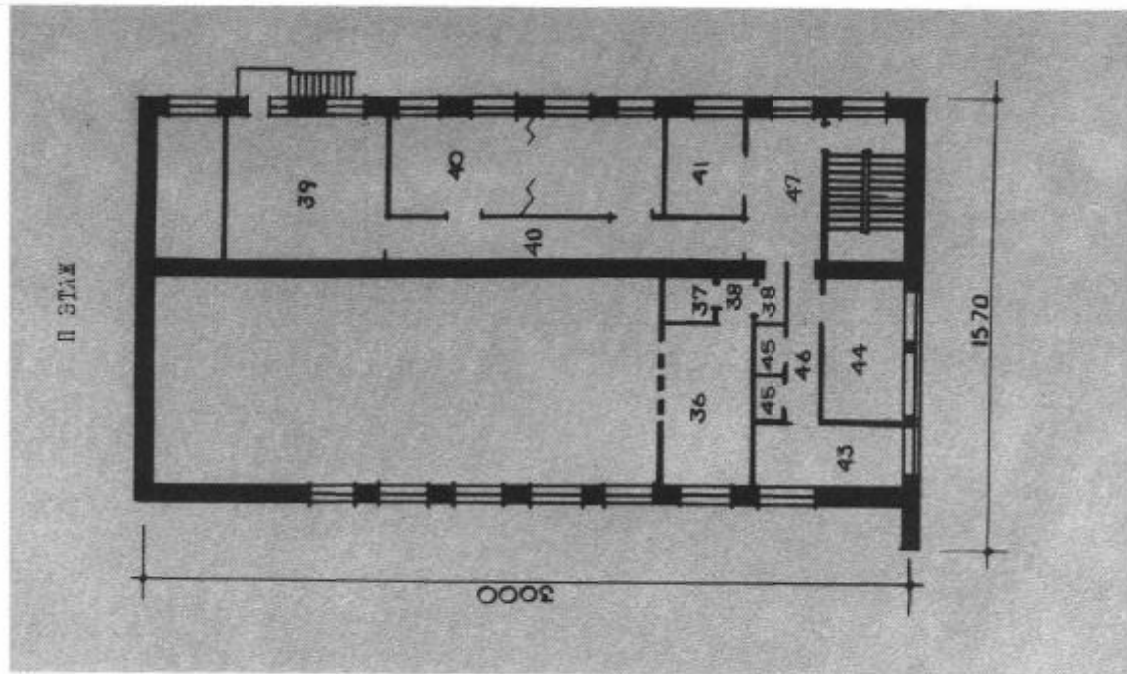
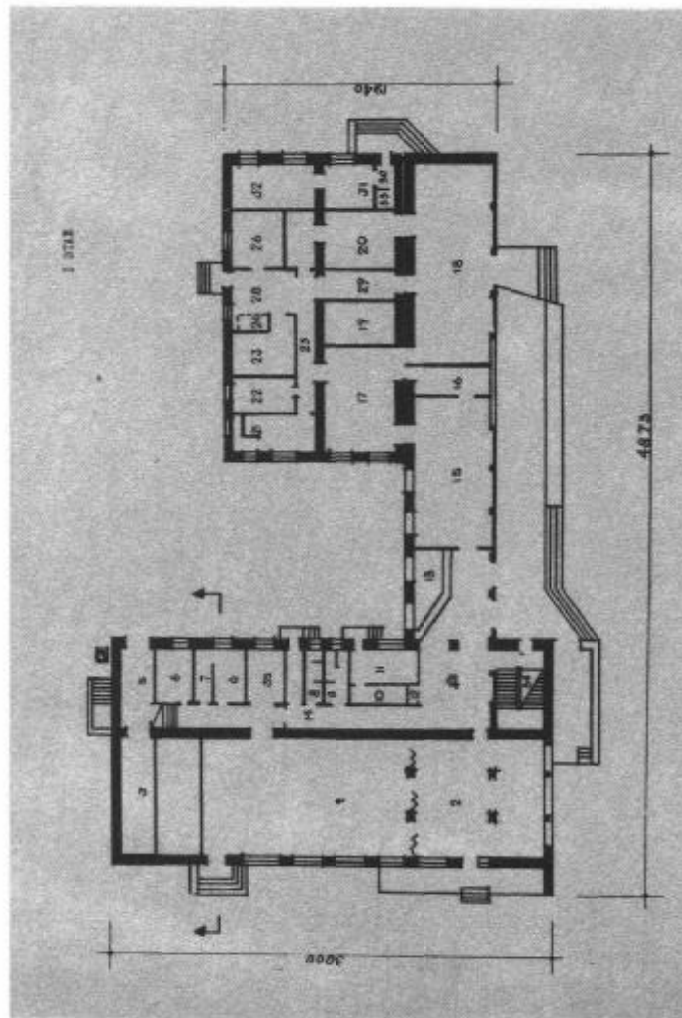
1. Зрительный зал	238,0 м²
2. Сцена	100,0 м²
3. Склад бутафории и мебели	36,0 м²
4. Артистическая с душевой	45,0 м²
5. Фойе	130,0 м²
6. Вестибюль с гардеробом	100,0 м²
7. Санузлы	32,0 м²
8. Инструкторская	18,0 м²
9. Зал борьбы, бокса, настольного тенниса	54,0 м²
10. Раздевалка с душевой	28,8 м²

2-й этаж

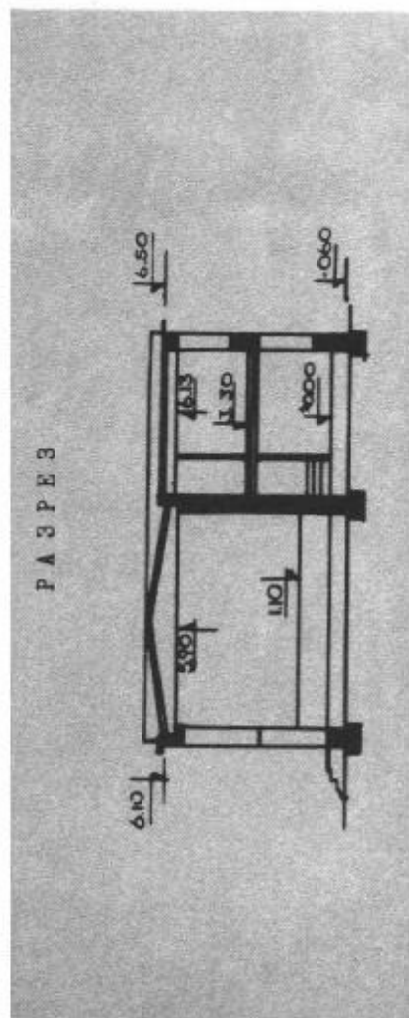
1. Второй свет зрительного зала	12,0 м²
2. Второй свет склада бутафории	288,0 м²
3. Кинопроекторная	40,0 м²
4. Перемоточная	40,0 м²
5. Венткамера	30,0 м²
6. Щитовая, аккумуляторная	30,0 м²

7. Радиоузел	13,8 м²
8. Комната прослушивания	50,0 м²
9. Артистическая с душевой	45,0 м²
10. Холл при библиотеке	50,0 м²
11. Закрытый фонд	20,0 м²
12. Детское отделение при библиотеке	36,0 м²
13. Абонемент открытого фонда	50,0 м²
14. Читальный зал	36,0 м²
15. Раздевалка и душевая	28,8 м²
16. Помещения сельсовета	240,0 м²

# ОБЩЕСТВЕННЫЙ ЦЕНТР ДЛЯ ПОСЕЛКА



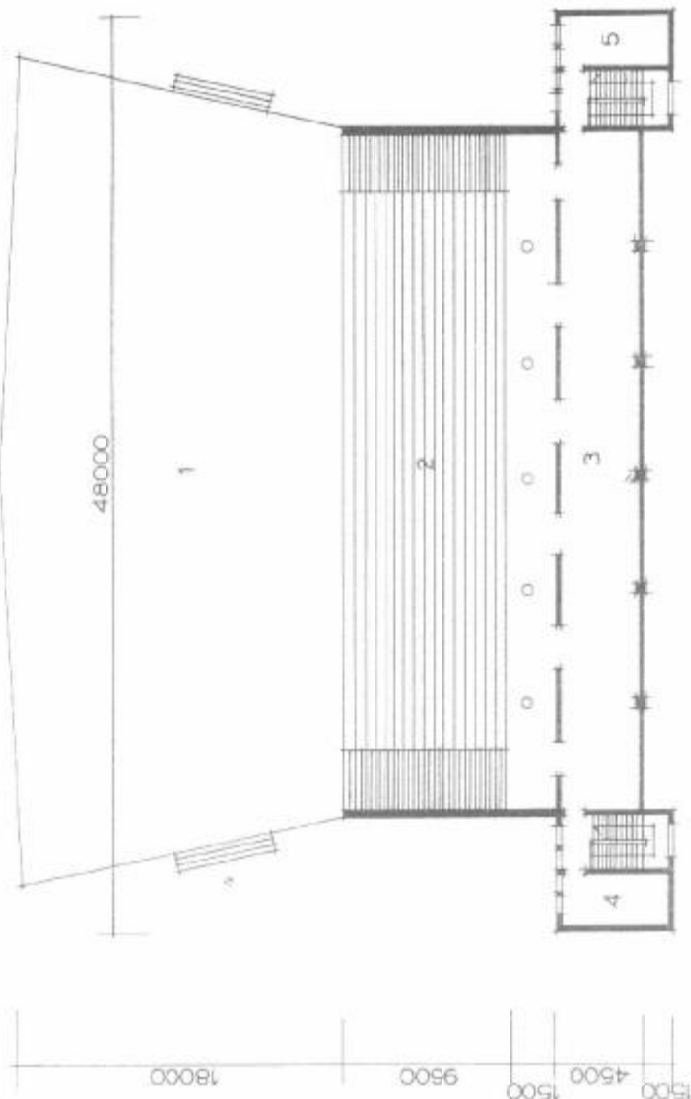
9. Санузел	7,0 м²
10. Кладовая	5,9 м²
11. Почта	15,0 м²
12. Телефонная будка	1,1 м²
13. Гардеробная	10,0 м²
14. Коридор	20,0 м²
15. Торговый зал	65,5 м²
16. Мойка	11,8 м²
17. Кухня	49,0 м²
18. Магазин	79,7 м²
19. Склад продовольствия	20,1 м²
20. Склад промтоваров	23,6 м²
21. Комната персонала	
с душевой и санузелом	14,2 м²
22. Койтора	11,9 м²
23. Охлаждающая камера с душевой и санузелом	14,2 м²
24. Фронтонная камера	3,5 м²
25. Коридор	10,8 м²
26. Кладовая	
суточного запаса	14,0 м²
27. Распакеточная	9,2 м²
28. Загрузочная	17,7 м²
29. Коридор	8,8 м²
30. Вестибюль	3,9 м²
31. Комната для ожидания	
32. Приемная	10,8 м²
33. Санузел	18,3 м²
34. Касса	2,9 м²
35. Склад спортивного инвентаря	8,0 м²
36. Кинопроекторная	12,5 м²
37. Перемоточная	21,8 м²
38. Тамбуры 2 × 2,04	3,2 м²
39. Библиотека	4,1 м²
40. Круглая	37,2 м²
41. Администратор	48,8 м²
42. Коридор	10,6 м²
43. Бухгалтерия	19,1 м²
44. Комната бригадира	14,3 м²
45. Шкафы 2 × 2,4	17,4 м²
46. Коридор	4,8 м²
47. Холл	7,4 м²
	21,8 м²



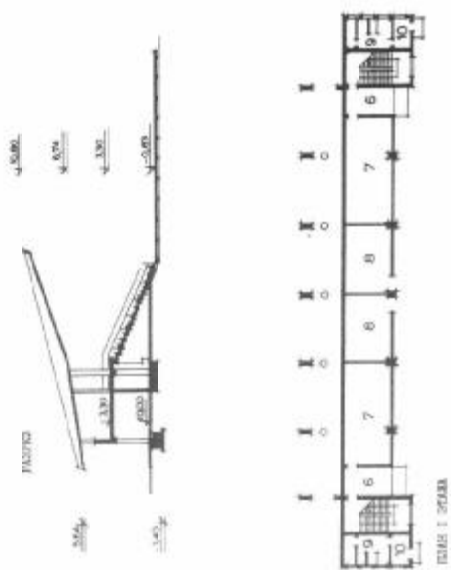
РАЗРЕЗ

# ЭСТРАДА

ИНДЕЛ ВОЗНИКЪВЪЩЕ



TOTAL 11 STAKA

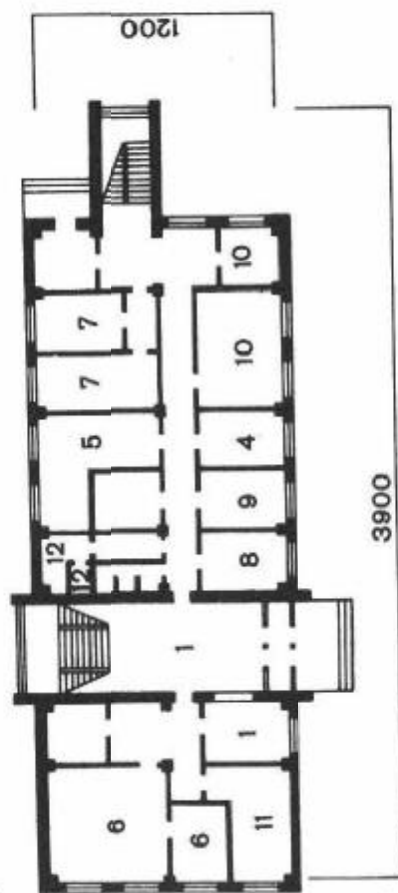


**RESEARCH DESIGN**

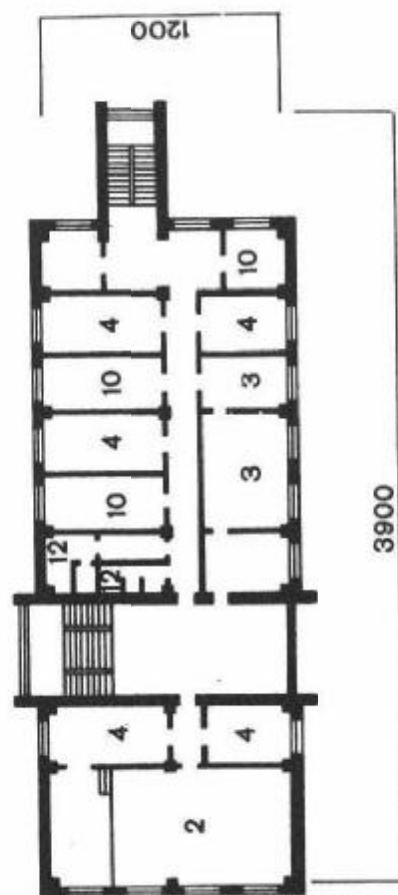
Состав и площадь помещений

1. Площадка для тынов	694,0 м <sup>2</sup>
2. Места для хора	303,0 м <sup>2</sup>
3. Галерея	160,0 м <sup>2</sup>
4. Помещение для оператора	15,7 м <sup>2</sup>
5. Помещение	15,7 м <sup>2</sup>
6. Передачи	7,5 м <sup>2</sup>
7. Гардеробная	43,2 м <sup>2</sup>
8. Буфетная	25,3 м <sup>2</sup>
9. Уборная	8,1 м <sup>2</sup>
10. Передача уборной	3 м <sup>2</sup>

1 этаж



2 этаж



## АДМИНИСТРАТИВНОЕ ЗДАНИЕ ДЛЯ ПОСЕЛКА

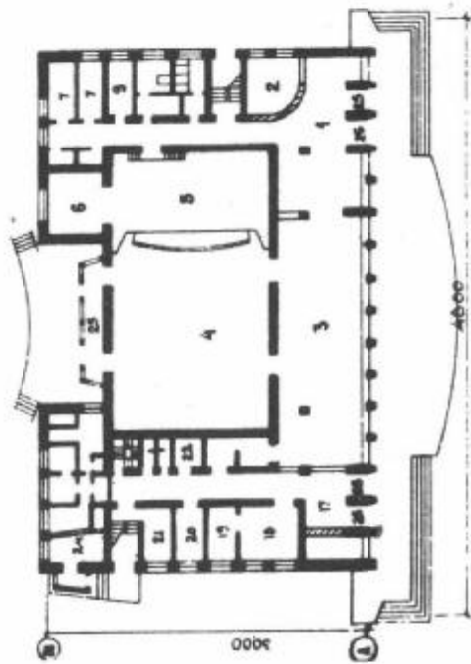
- 1 — вестибюль
- 2 — конференц-зал
- 3 — кабинет директора
- 4 — кабинеты специалистов
- 5 — комната общественных организаций
- 6 — бухгалтерия

- 7 — лаборатория с препаративной
- 8 — отдел кадров
- 9 — военно-учетный стол
- 10 — производственные отделы
- 11 — диспетчерская
- 12 — санузлы

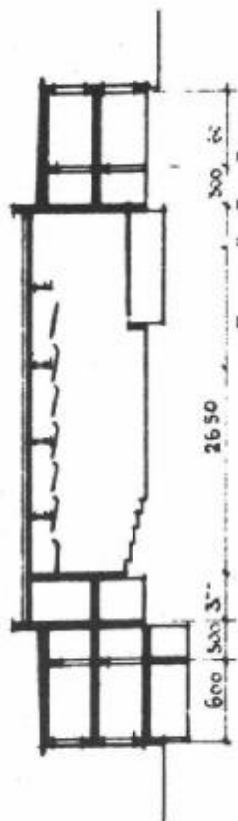


# КООПЕРИРОВАННОЕ ЗДАНИЕ КЛУБА НА 400 МЕСТ КОНТОРЫ СОВХОЗА, СЕЛЬСОВЕТА И ПОЧТЫ

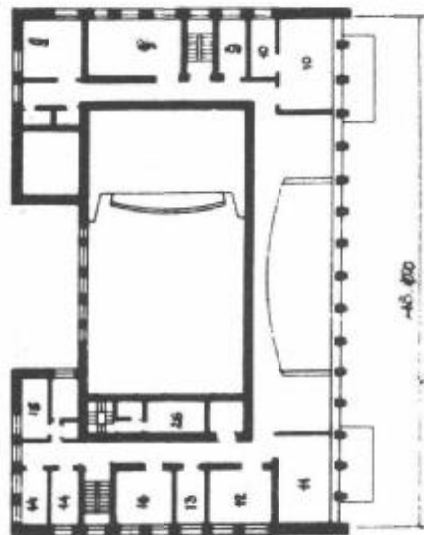
П Л А Н I Э Т А Ж А



Р А З Р Е З



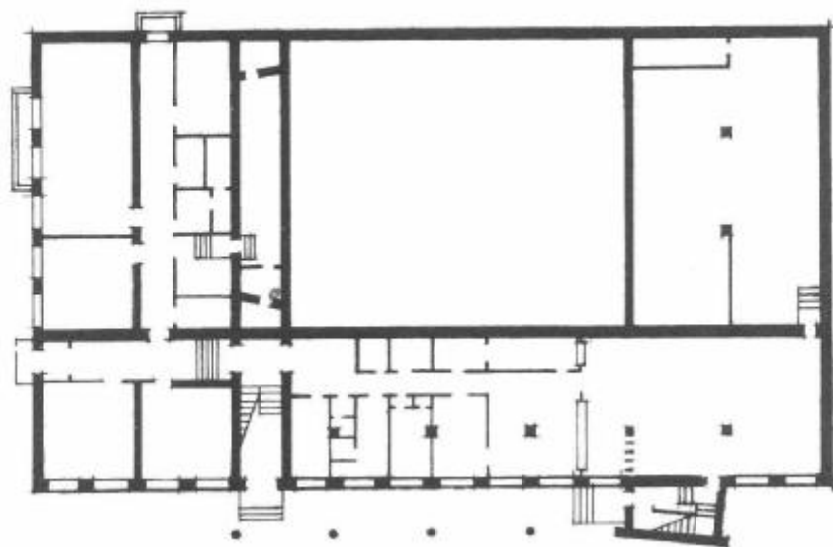
П Л А Н II Э Т А Ж А



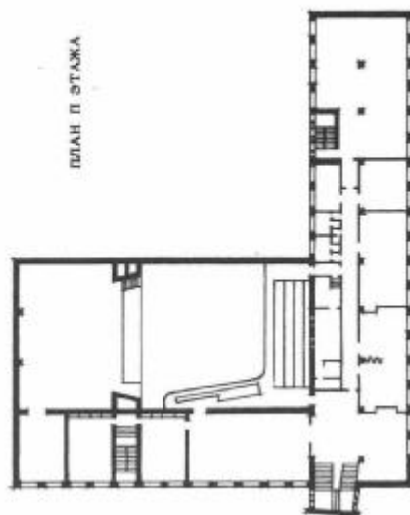
## Состав помещений

1. Вестибюль
2. Гардероб
3. Фойе
4. Зрительный зал
5. Сцена
6. Склад декораций
- 7.—8. Артистическая
9. Кухонная
10. Библиотека
11. Лекционный зал
- 12.—16. Контора совхоза
- 17.—23. Сельсовет
24. Почта
25. Входы
26. Кинопроекционная

## ДОМ КУЛЬТУРЫ С ЗАЛОМ НА 600/750 МЕСТ



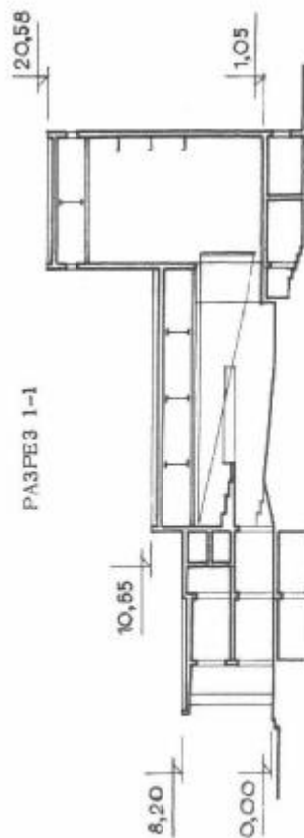
ПЛАН 1 ЭТАЖА



ПЛАН 2 ЭТАЖА

5 0 5 10

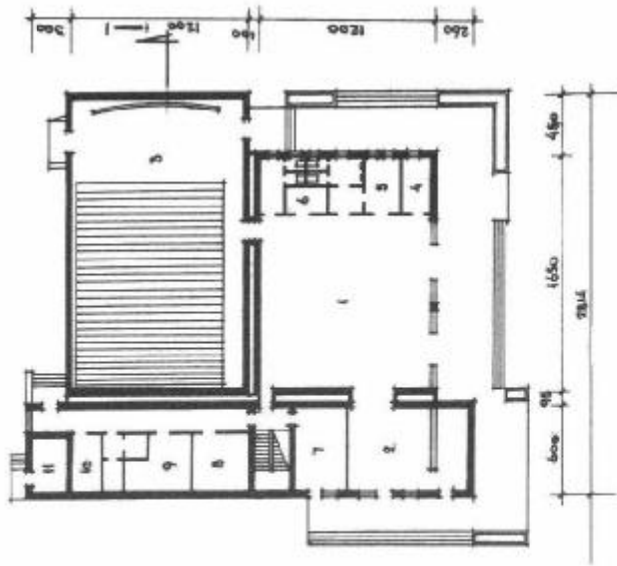
РАЗРЕЗ 1-1



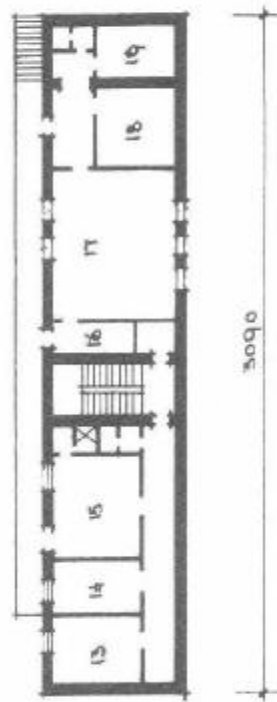
8. Клубные	351,7 м²
9. Администратор, касса	20,7 м²
10. Директор	11,7 м²
11. Библиотека	374,0 м²
12. Зав. библиотекой	35,6 м²
13. Лекционный зал	127,1 м²
14. Методический кабинет	35,6 м²
15. Киноаппаратная и радиозел	39,8 м²
16. Раздевалочные и душевые	20,1 м²
17. Холл-кулуар	107,7 м²
18. Балкон зрительного зала	100,0 м²
19. Прокат швейцария	35,9 м²
20. Костюмерная	35,7 м²
21. Обеденный зал-кафе на 75 мест	130,0 м²
22. Кухня	32,8 м²

# ШИРОКОЭКРАННЫЙ КИНОТЕАТР

WILLIAM I. HAYES

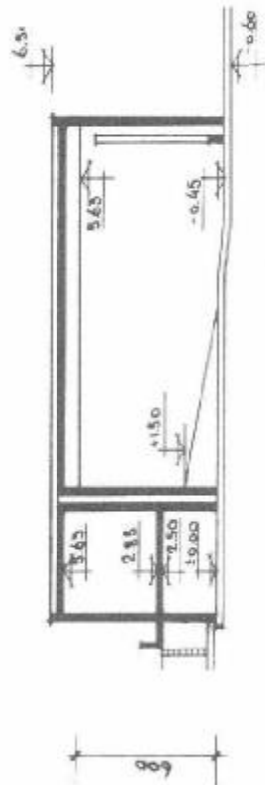


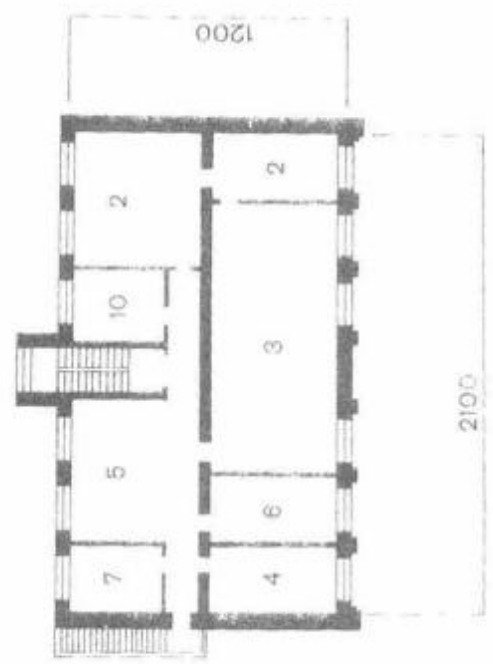
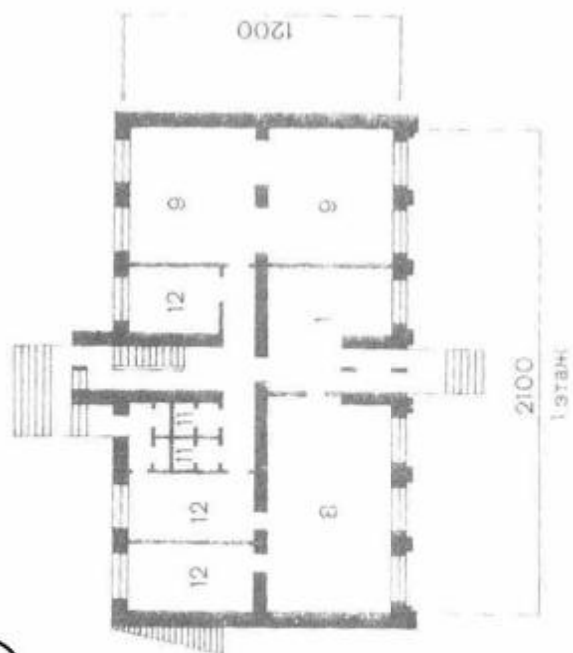
ПЛАИ П ЭТАЖА



### Состав и площади помещений<sup>2</sup>

1. Вестибюль-фойе	142,0 м <sup>2</sup>
2. Буфет	47,5 м <sup>2</sup>
3. Зрительный зал	239,0 м <sup>2</sup>
4. Касса	8,9 м <sup>2</sup>
5. Курильшая	11,2 м <sup>2</sup>
6. Хоз. кладовая	5,0 м <sup>2</sup>
7. Плакатная	10,9 м <sup>2</sup>
8. Венткамера	15,6 м <sup>2</sup>
9. Электрощитовая	13,3 м <sup>2</sup>
10. Насосная	10,2 м <sup>2</sup>
11. Театровой пункт	11,9 м <sup>2</sup>
12. Летний зал	360,0 м <sup>2</sup>
13. Директор	12,3 м <sup>2</sup>
14. Контора	12,2 м <sup>2</sup>
15. Комната персонала	18,1 м <sup>2</sup>
16. Радиоузел	7,0 м <sup>2</sup>
17. Кино-проекторная	35,3 м <sup>2</sup>
18. Силовая	12,8 м <sup>2</sup>
19. Перемоточная	11,9 м <sup>2</sup>

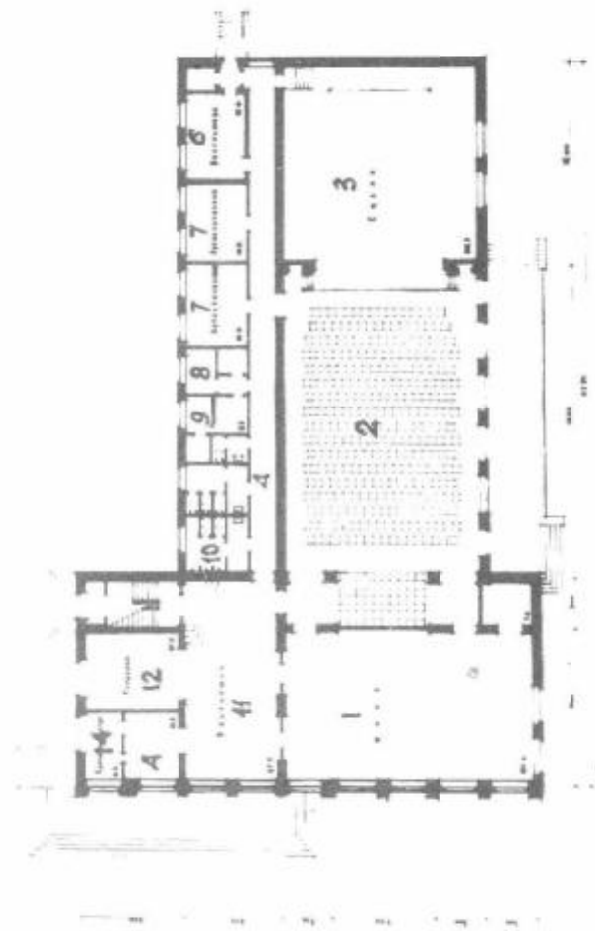




- 1 — вестибюль
- 2 — кабинет председателя
- 3 — зал заседаний
- 4 — бухгалтерия
- 5 — холл
- 6 — отдел ЗАГС
- 7 — комната общественных организаций
- 8 — почта
- 9 — АТС
- 10 — милиция
- 11 — санузел
- 12 — технические помещения

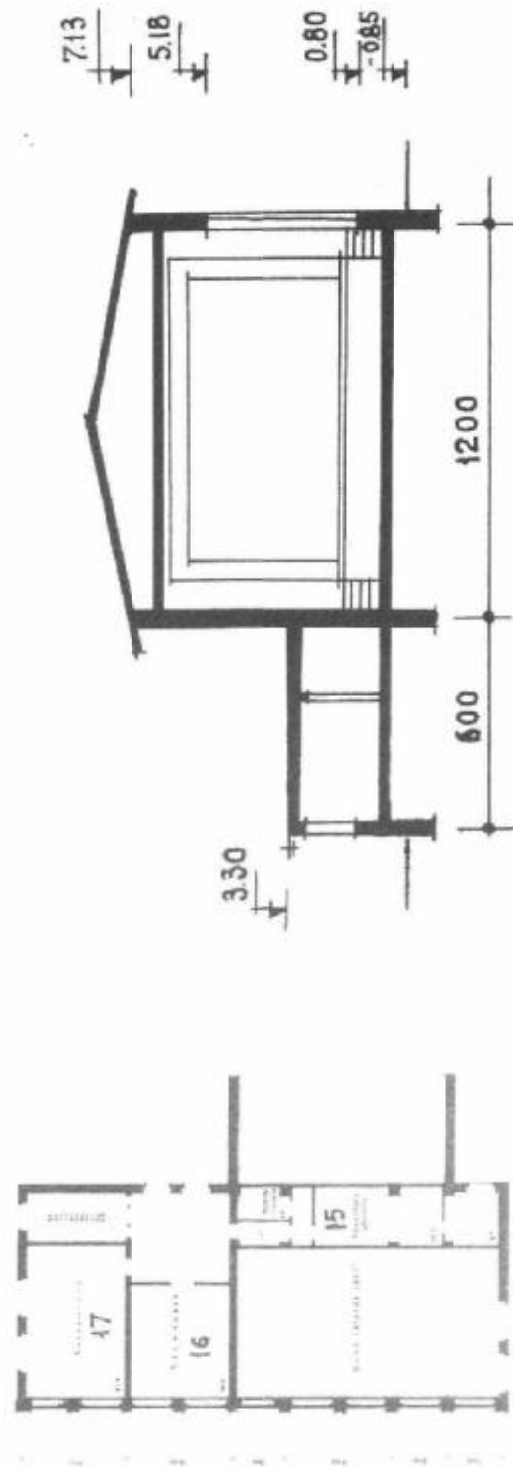
## СЕЛЬСКИЙ СОВЕТ, ТИП II, С ОТДЕЛЕНИЕМ СВЯЗИ

# КЛУБ СО ЗРИТЕЛЬНОМ ЗАЛОМ НА 360 МЕСТ



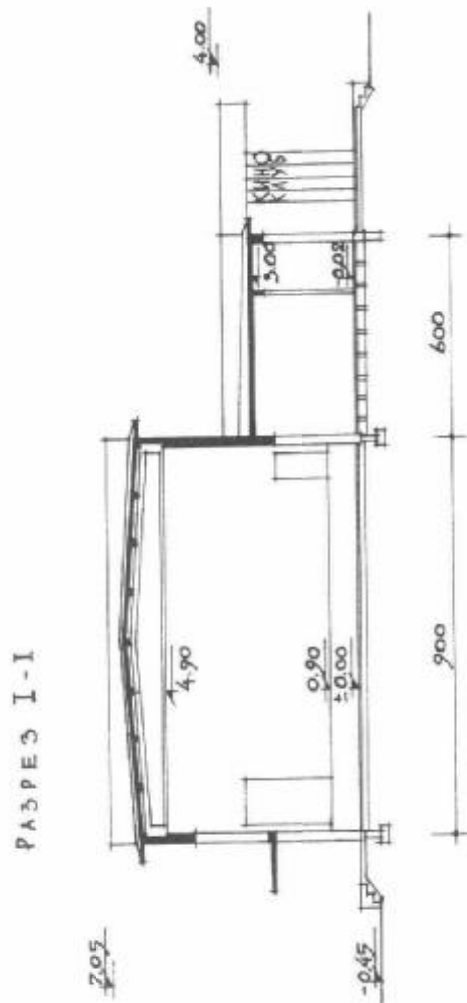
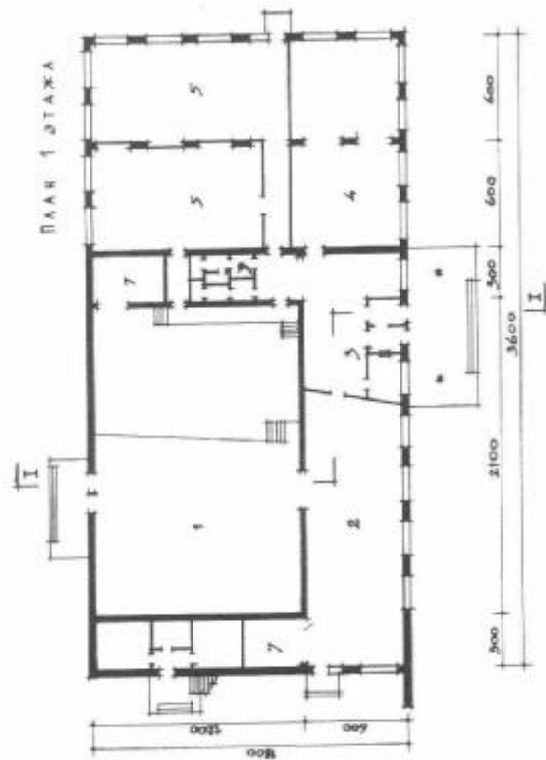
## Состав помещений

1. Фойе
2. Зрительный зал
3. Сцена
- 4.—5. Коридор, тамбур
6. Венткамера
7. Артистическая
8. Щитовая
9. Радиоузел
10. Санузлы
- 11.—12. Вестибюль, гардероб
13. Кассовый вестибюль
14. Администратор
15. Кинопроекторная
16. Круглая
17. Библиотека

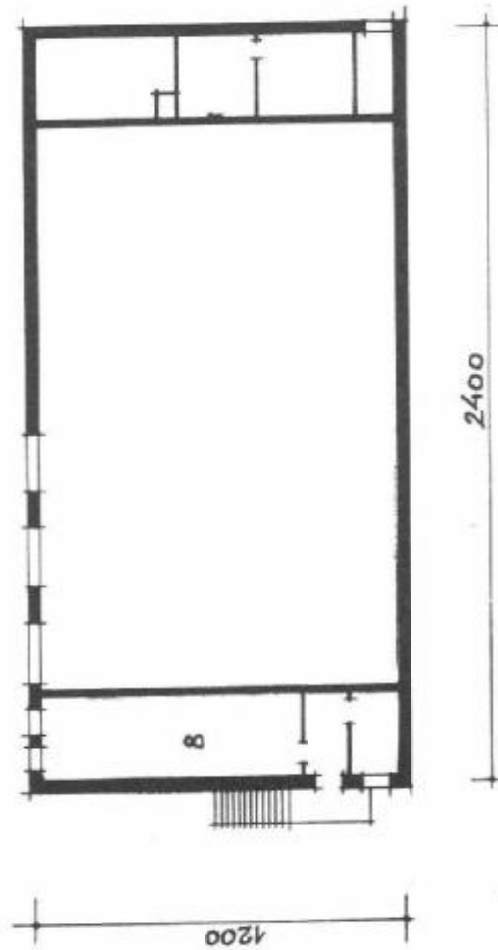


# КИНОТЕАТР НА 200 МЕСТ

## С клубными помещениями

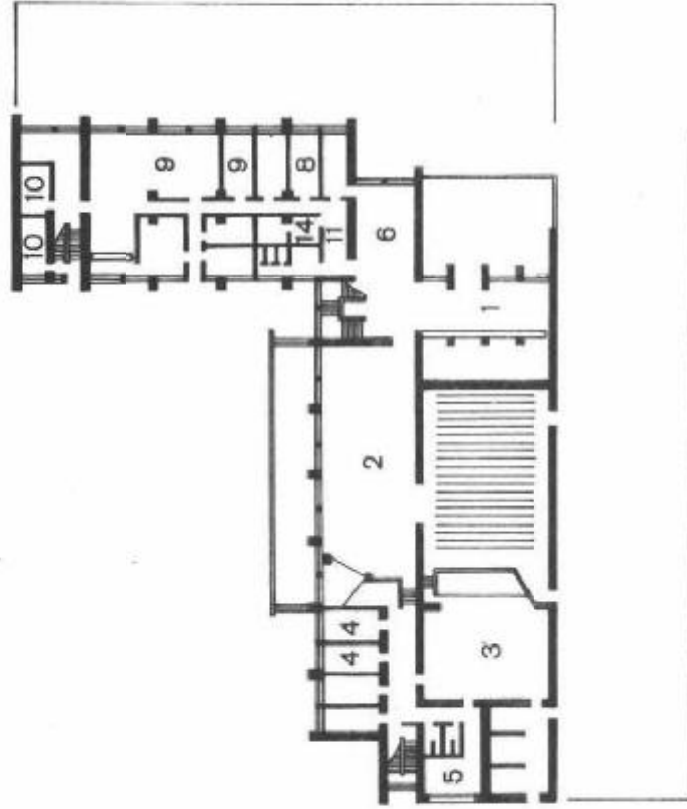


## ПЛАН 2 ЭТАЖА

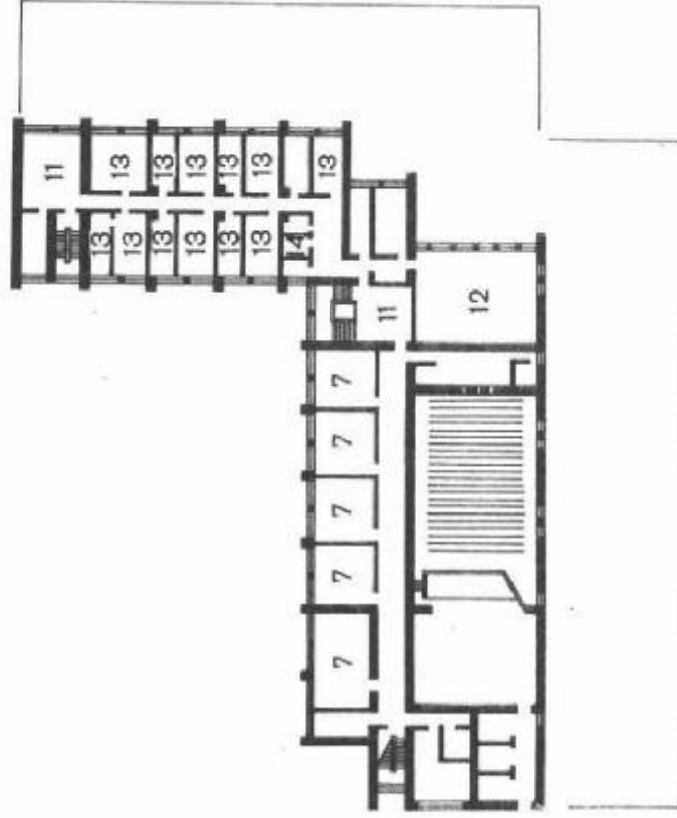


### Состав и площадь помещений

1. Зрительный зал с эстрадой	199,98 м <sup>2</sup>
2. Фойе	82,35 м <sup>2</sup>
3. Вестибюль с гардеробом	34,85 м <sup>2</sup>
4. Библиотека	69,92 м <sup>2</sup>
5. Кухонная комната	118,54 м <sup>2</sup>
6. Склад при эстраде	12,30 м <sup>2</sup>
7. Буфет	9,66 м <sup>2</sup>
8. Кино-просекционная	24,20 м <sup>2</sup>
9. Санузлы	10,34 м <sup>2</sup>



1 этаж

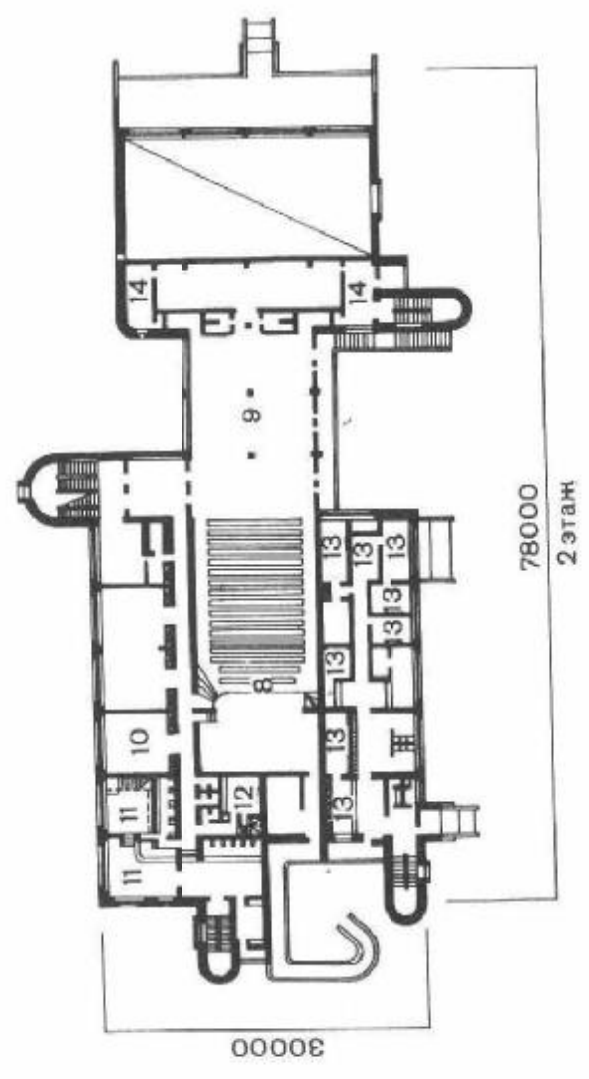
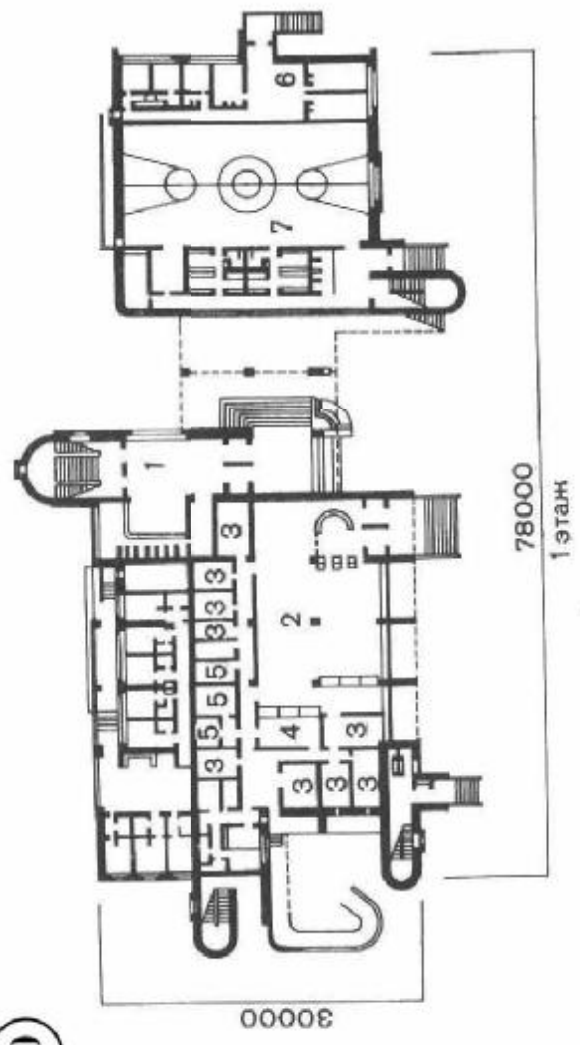


2 этаж

# СЕЛЬСКИЙ ДОМ КУЛЬТУРЫ С ЗАЛОМ НА 300 МЕСТ И АДМИНИСТРАТИВНЫМИ ПОМЕЩЕНИЯМИ

- |                            |                                 |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1 — фойе                   | 9 — АТС                         |
| 2 — зрительный зал         | 10 — комнаты милиции            |
| 3 — игровая площадка сцены | 11 — холлы                      |
| 4 — артистические          | 12 — библиотека                 |
| 5 — мастерские             | 13 — административные помещения |
| 6 — буфет                  | 14 — санузлы                    |
| 7 — клубные комнаты        |                                 |
| 8 — кабинет директора      |                                 |

# КООПЕРИРОВАННЫЙ ОБЩЕСТВЕННЫЙ ЦЕНТР



- 1 — вестибюль с гардеробом
- 2 — торговый зал магазина
- 3 — кладовые и хозяйственные помещения
- 4 — мясо-рыбный цех
- 5 — холодильная камера
- 6 — медпункт
- 7 — спортивная группа помещений
- 8 — зал со сценой
- 9 — фойе
- 10 — кабинеты
- 11 — библиотека
- 12 — кинофотолаборатория
- 13 — помещения дома быта (ателье, химчистка, пункт проката)
- 14 — выставочный зал