

Практическое занятие 1. Проектирование объемно-планировочного решения общественного здания с учетом энергоэффективности здания.

Для изучения и тем более создания объемно-планировочного решения любого здания необходимо уметь применить те знания, которые получены в предыдущих главах с учетом всех требований и действующих нормативных документов. Для этого необходимо следовать алгоритму, который и будет описан ниже.

Шаг 1.

1) Определение назначения здания в соответствии с нормативным документом: здание общественное, жилое, промышленное и т.д.

2) Требования, предъявляемые к каждому типу, представлены в нормативных документах СП (свод правил): например, СП 251.1325800.2016 «Здания общеобразовательных организаций»; СП «Театры» и т.д.

3) Выделение функциональных зон в здании.

Шаг 2.

Создание (по СП «Общественные здания») каждой функциональной зоны, описанные в нормативных документах по каждому типу здания.

Шаг 3.

Проверка соответствия всех помещений современным технологиям, пожарной безопасности, требованиям для МГН и др.

Во время реконструкции возможно создание пристроек, надстроек, которые позволят увеличить площадь и количество помещений в случае необходимости.

Ниже представлен пример разработки объемно-планировочного решения общеобразовательной школы по описанной выше методике.

Шаг 1. Объект

Общеобразовательная школа на 33 класса (825 мест)

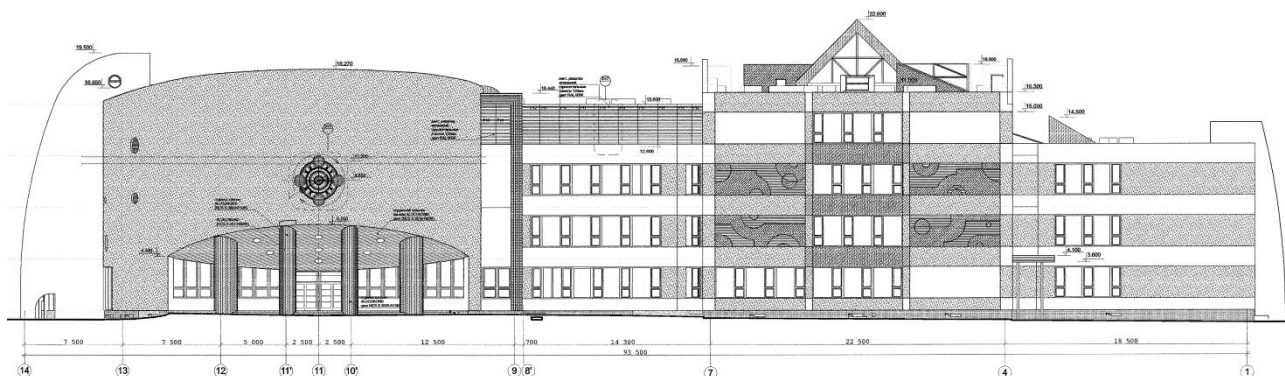


Рис. 1. Главный фасад школы

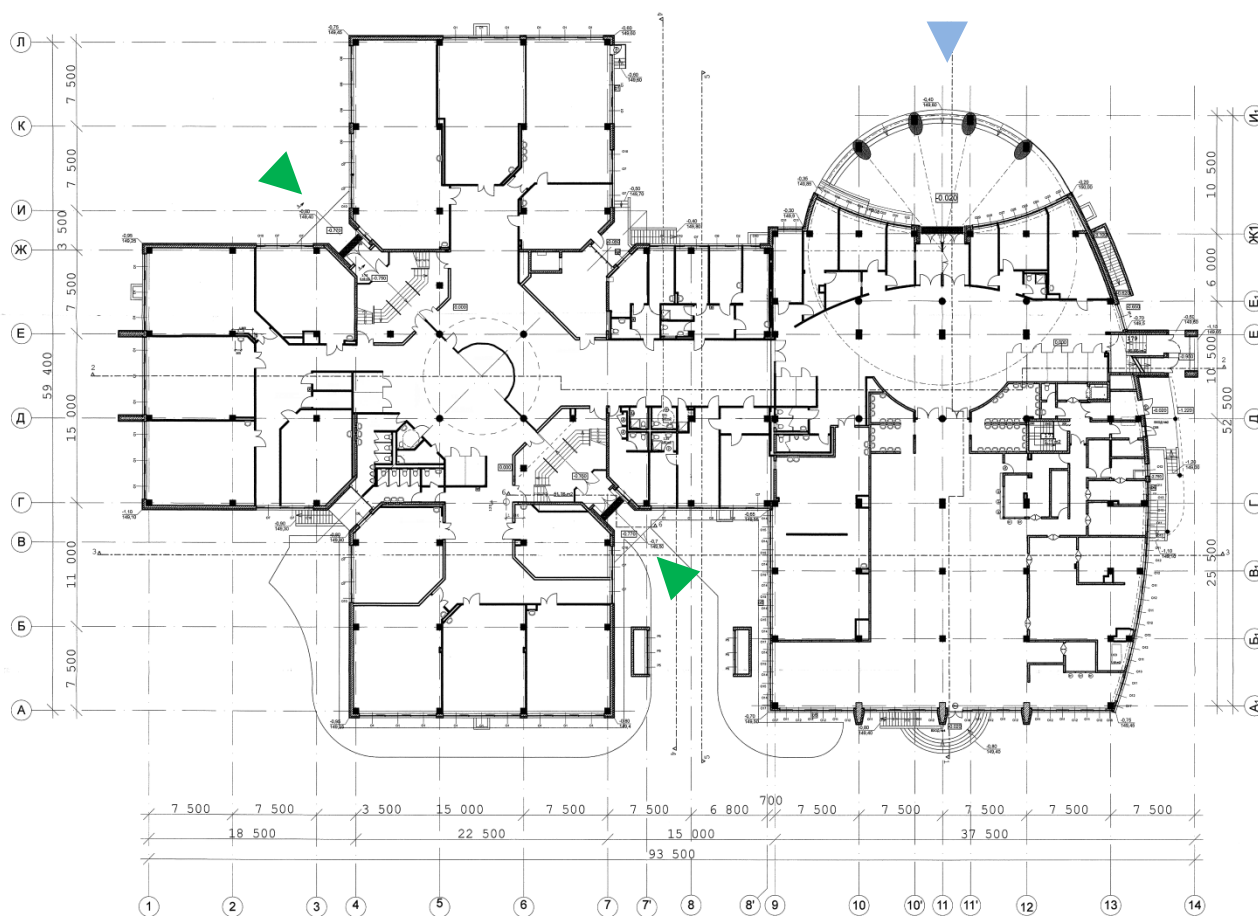


Рис. 2. План 1 этажа

Шаг 2. Объемно-планировочные решения

Габариты здания школы в осях составляют 59.5х93.5 м. Здание школы представляет собой единый объем в 3-4 этажа и разделено на два функциональных блока: учебный блок (4-этажный) и блок общешкольных помещений (3-этажный), связанных вставкой (рисунок 3). Такое объемно-

планировочное решение (ОПР) является блочно-секционным и наиболее типичным для школьных зданий, поскольку позволяет удовлетворить требованиям по их четкому зонированию при компактной планировке.



Рис. 3 – Блоки школьного здания

Требования, предъявляемые к зданиям школ, приведены в СП 251.1325800.2016 «Здания общеобразовательных организаций» [1]. В этом документе содержатся ссылки и на другие нормативные документы, требования которых должны быть учтены при проектировании школ.

1.1 Первое правило зонирования школ

Первое правило зонирования заключается в разделении здания школы на два полярных блока: учебный и общешкольный (рисунок 3). В учебном блоке располагаются учебные классы (начальные, средние, старшие), кабинеты и обслуживающие их вспомогательные помещения (лаборантские, санузлы, кладовые и т.д.). В общешкольном блоке располагаются пищеблок, актовый зал, спортивные залы, залы для хореографии и т.п. Для такого разделения есть три основные причины.

Во-первых, согласно пункту 7.2.1.4 СП *учебные помещения не следует располагать смежно, над и под помещениями, являющимися источниками распространения шума и запахов (мастерские, спортивные, актовые и зрительные залы, пищеблок и др.)*, что продиктовано необходимостью создания комфортной среды для учебного процесса.

Во-вторых, помещения общешкольного блока согласно своему наименованию предназначены для использования всеми учениками школы, что значит – должны быть одинаково доступны для всех частей школьного здания.

В-третьих, для учебных помещений и залов применяются различные по пролету и исполнению несущие конструкции (малый пролет и малая высота классов, большой пролет и большая высота актов, спортивных залов, бассейна).

Эти причины естественным образом привели к тому, что все шумные и габаритные объемы школы объединяются в одном отдельном блоке школьного здания.

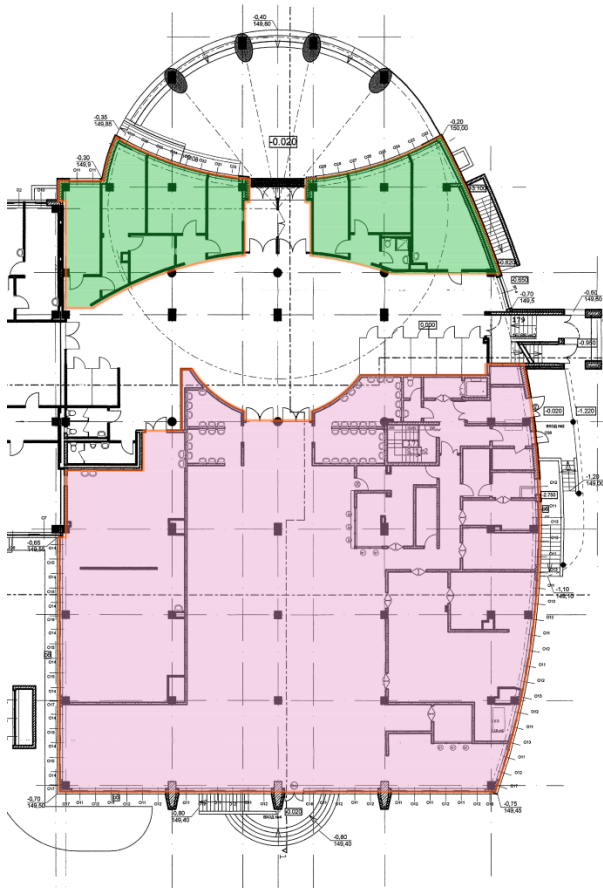
1.2 Помещения общешкольного блока

Так в рассматриваемом примере на первом этаже общешкольного блока располагаются (рисунок 4 слева) главная входная группа (крыльцо, тамбур, вестибюль-гардероб, пункт охраны), часть административных помещений справа и слева от входа (выделена зеленым цветом) и пищеблок (выделен розовым цветом).

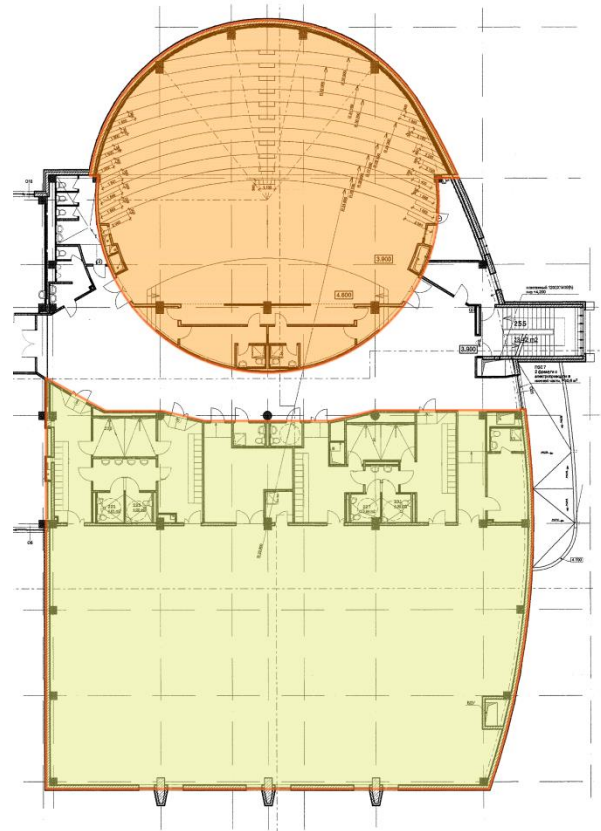
На втором этаже располагается двухсветный актовый зал круглой формы на 500 мест (выделен оранжевым цветом), а так же двухсветный спортивный зал с сопутствующими помещениями (выделен желтым цветом).

На третьем этаже в пространстве между вторым светом актового зала и вторым светом спортивного зала располагаются зал ОФП и студия хореографии (рисунок 5, выделено серым).

На четвертом этаже располагаются технические помещения.



а



а

Рис. 4. Общешкольный блок
а – первый этаж
б – второй этаж

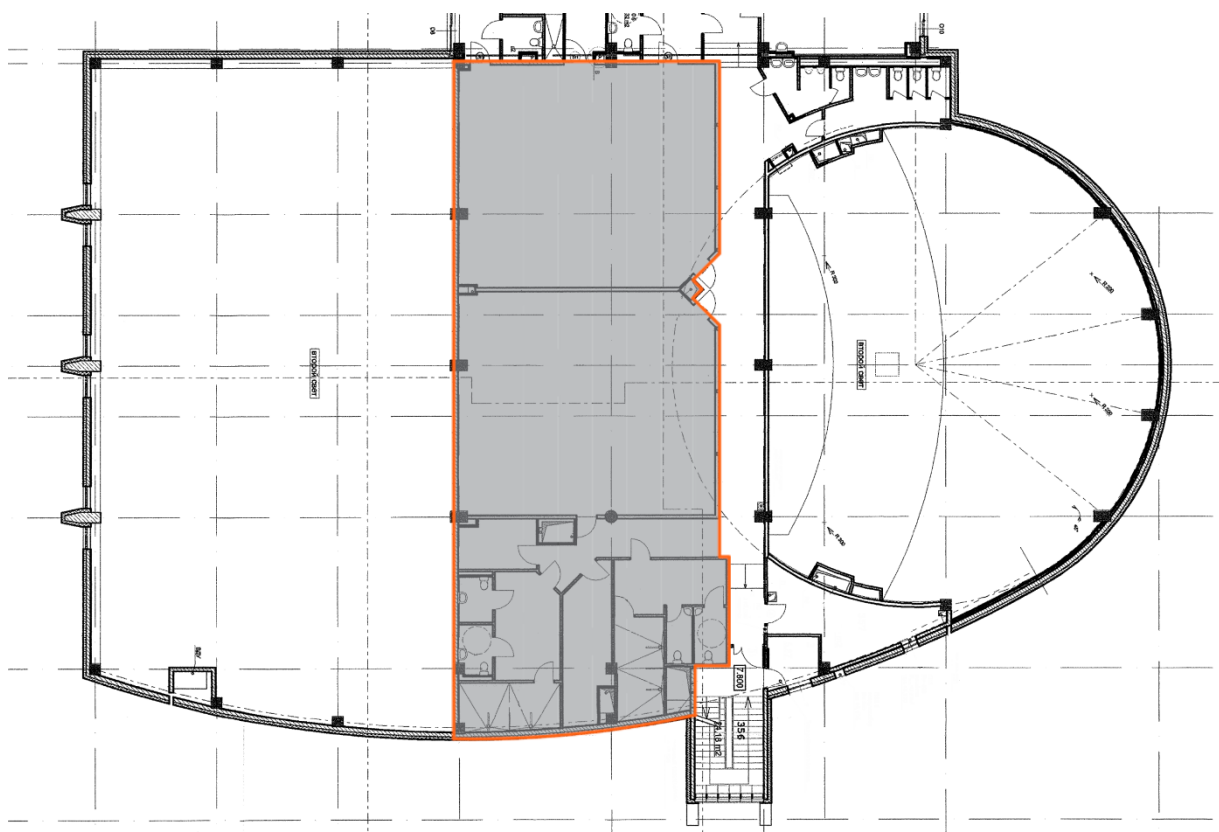


Рис. 5. Общешкольный блок. 3 этаж

1.3 Второе правило зонирования школ

СП «Здания общеобразовательных организаций» определяет функцию общеобразовательной школы следующим образом: *общеобразовательная школа обеспечивает осуществление общеобразовательной деятельности в соответствии со следующими уровнями образования: начальное общее образование (1-4 класс); основное общее образование (5-9 класс); среднее общее образование (10-11 или 8, 9-11 классы)*[1, п.4.2]. Это говорит о том, что школьное здание в общем случае предназначено для пребывания детей различных возрастных категорий, нуждающихся в различных условиях и режимах. Из этого следует второе правило зонирования школы: *максимальная изоляция группы начальных классов от основной и старшей школы*[1, п.7.1.2], (оно повторено в п.7.2.1.3: *учебные секции-блоки 1-4 классов должны быть обособленными и непроходимыми для обучающихся других возрастных групп*). Заметим, что это требование естественным образом приводит к появлению отдельных входных групп для учеников начальных классов и учеников средних

и старших классов. Также СП рекомендует располагать учебные помещения для учащихся начальной школы на первых этажах здания школы[1, 7.1.16].

В рассматриваемом примере видно, как реализуется второй принцип зонирования:

1) Раздельные входы. На плане 1 этажа (рисунок 2) голубой стрелкой обозначен основной вход в школьное здание, а зелеными стрелками – входы для учащихся начальных классов.

2) Помещения начальных классов расположены на 1 и 2 этажах учебного блока и отделены от остальной части здания перегородками, расположенными по диагонали центрального двухсветного рекреационного пространства (рисунок 6)



Рис. 6. Учебный блок, заштрихована зона начальных классов
а – первый этаж
б – второй этаж

1.4 Помещения учебного блока

Секция начальных классов включает в себя (требования по составу помещений секции начальных классов и их площади приведены в п.7.2.2 СП):

- 1 этаж:

- тамбур, ведущий на лестничную клетку
- комната охраны при входе
- лестничная клетка с выходом в вестибюль-гардероб начальной школы и рекреацию основной школы
- двухсветный вестибюль-гардероб начальной школы, освещенный естественным светом через зенитный фонарь
- с/у для детей, для инвалидов, для преподавателей
- учительская
- учебные секции, каждая из которых состоит из нескольких смежных классов и широкого коридора-вестибюля и формирует один из трех «лепестков» учебного корпуса школы (про учебные секции см п.7.2.1.3 СП). Всего в составе начальных классов содержится 4 учебных секции: 2 на первом этаже и 2 на втором. Из них на первом этаже одна отведена для обучающихся 1 класса, остальные – для обучающихся 2-4 классов. В составе учебной секции находятся:
 - рекреационная зона (широкий коридор-вестибюль, ведущий ко всем помещениям учебной секции)
 - кабинеты начальной школы
 - спальня-игровая (для 1 классов)
 - группа продленного дня (для 2-4 классов)
- 2 этаж:
 - двухсветное центральное пространство, переходящее в рекреационные зоны учебных секций
 - с/у для детей, для инвалидов, для преподавателей
 - учебные секции

Таким образом, выполнена максимальная изоляция помещений начальной школы от остального объема школьного здания. Ученики средних и старших классов не имеют необходимости заходить на территорию начальных классов.

Ученики начальных классов могут покидать свою часть здания для посещения кабинетов труда, ИЗО и столовой, расположенных в основной части школы.

В остальной части учебного корпуса расположено: на 1 этаже – учебно-производственные помещения (классы уроков труда), согласно п. 7.2.5.1 их рекомендуется располагать именно на 1 этаже; на 2 этаже – библиотека, на 3 и 4 этажах – учебные секции средних и старших классов. Таким образом, была решена проблема расположения мастерских на 1 этаже под учебными кабинетами на 3 этаже. Их разделяет библиотека на 2 этаже, для которой не дано особых указаний по размещению.

1.5 Помещения, расположенные во вставке

Во вставке, соединяющей общешкольный блок с учебным блоком расположены: на 1 этаже – административные помещения и помещения медпункта (согласно п. 7.2.13.2 *все помещения медицинского назначения должны быть сгруппированы в один блок и расположены на первом этаже*), на 2 этаже – кабинет ИЗО, черчения и учительская, на 3 этаже – кабинет музыки, а также раздевалки и душевые, смежные с залом ОФП.

1.6 Требования пожарной безопасности

При проектировании чрезвычайно важным является выполнение требований противопожарной безопасности. Безопасная эвакуация людей при пожаре в общем случае обеспечивается следующими мероприятиями: оснащением здания автоматическими установками пожарной сигнализации и пожаротушения, системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, применением строительных (несущих и ограждающих) конструкций, имеющих достаточный предел огнестойкости, применением безопасных строительных и отделочных материалов, а также определенными объемно-

планировочными решениями здания и планировочными решениями прилегающей к зданию территории. Далее будут рассматриваться противопожарные мероприятия, связанные именно с особенностями ОПР здания школы.

Главной задачей при разработке ОПР школьного здания является обеспечение беспрепятственных путей эвакуации. СП «Здания общеобразовательных организаций» ссылаются в этом пункте на СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы», а также устанавливает следующее важное требование к планировке лестничных клеток школьного здания: *лестничные клетки должны быть закрытого типа, с естественным освещением через оконные проемы в наружных стенах на каждом этаже*[п.7.3.12]. Это требование диктует необходимость располагать лестницы смежно с наружным контуром школьного здания, что придает ему характерный архитектурный облик: довольно большие объемы лестничных клеток видны с улицы через прозрачное витражное остекление.

Как видно из рисунка 7 в рассматриваемом примере 2 лестницы располагаются в учебном блоке и одна – в общешкольном. Все они имеют естественное освещение (витражное остекление лестничных клеток на рисунке изображено синей линией).

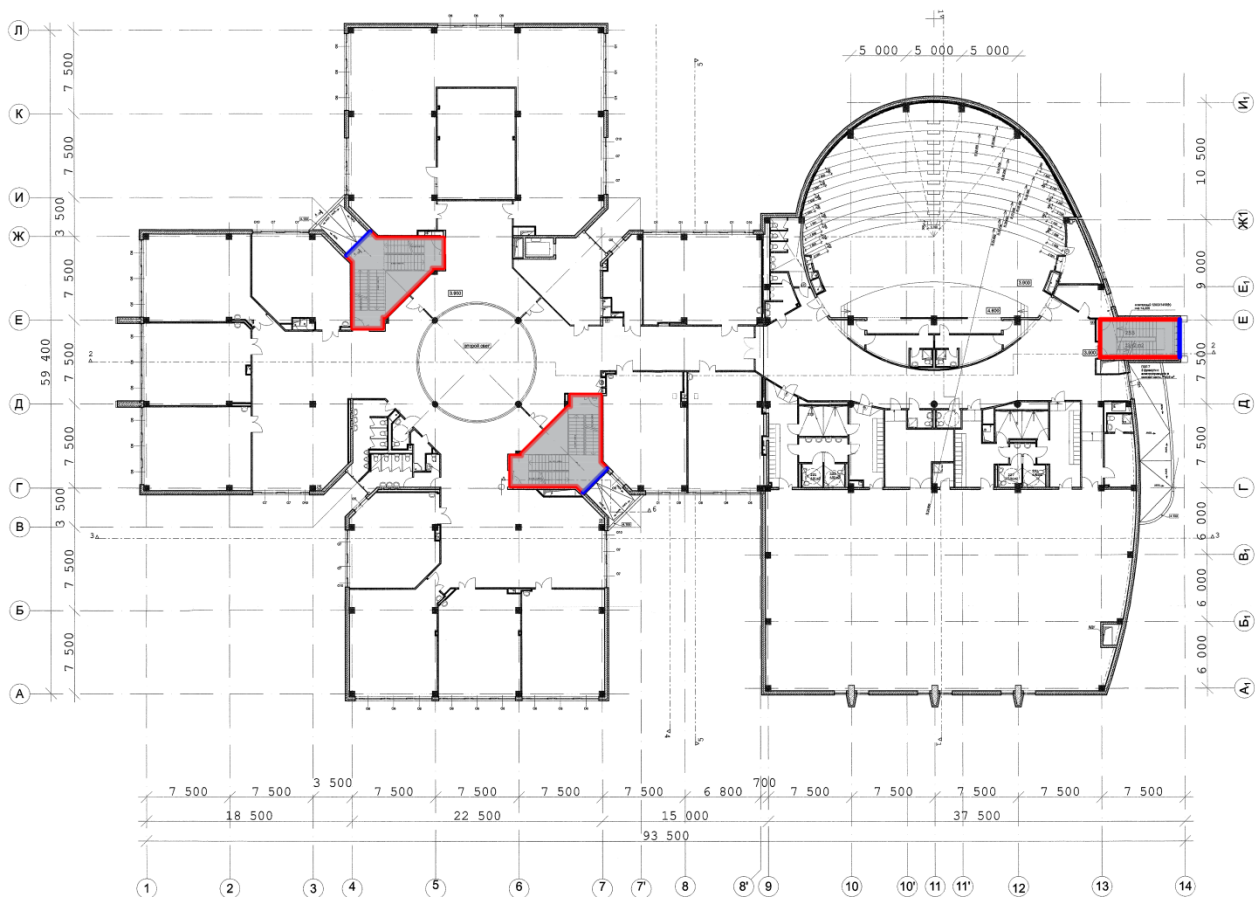


Рис. 7. Компоновка лестничных площадок

СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» [2] устанавливает следующие важные требования к путям эвакуации в зданиях общеобразовательных школ, которые относятся к класс функциональной пожарной опасности Ф4.1.

П.8.1.11 Каждый этаж здания должен иметь не менее 2 эвакуационных выходов. Это условие продиктовано возможностью блокирования одного из эвакуационных выходов при пожаре. Заметим, что эти эвакуационные выходы должны быть рассредоточены, а не располагаться близко друг к другу [2, п.4.2.4]. Для первого этажа эвакуационный выход ведет непосредственно наружу на прилегающую к зданию территорию, для последующих этажей – на эвакуационную лестницу, ведущую наружу (либо непосредственно, либо через вестибюль, см. 2, п.4.4.6).

В рассматриваемом примере из помещений 1-3 этажа наружу на прилегающую к школе территорию ведут 3 эвакуационные лестницы. Из

помещений 4 этажа (4 этаж занимает общешкольный блок, вставку и частично – учебный блок) наружу ведут 2 лестницы.

П.8.1.5 Ширина лестничного марша в зданиях должна быть не менее ширины выхода на лестничную клетку с наиболее населенного этажа, но не менее 1,35 м для зданий с числом пребывающих в наиболее населенном этаже более 200 человек. Ширина лестничных площадок должна быть не менее ширины марша. В рассматриваемом примере ширина лестничных маршей на путях эвакуации принята равной 1.35 м.

П.8.1.3 Перед наружной дверью (эвакуационным выходом) должна быть горизонтальная входная площадка с глубиной не менее 1,5 ширины полотна наружной двери.

Таким образом, мы рассмотрели основные требования к ОНР школьных зданий, связанных с обеспечением пожарной безопасности. Далее кратко охарактеризуем конструктивную систему рассматриваемого в примере школьного здания.

1.7 Конструктивные решения

Конструктивная схема здания представляет собой смешанный ригельно-безригельный каркас с диафрагмами жесткости из монолитного железобетона. Несущие конструкции общешкольного блока отделены от несущих конструкций остальной части школы деформационным швом. Деформационный шов обеспечивает отсутствие передачи усилий между несущими конструкциями смежных частей здания, вследствие чего в конструктивном отношении они представляют собой две независимые системы. Линия деформационного шва показана на рисунке 8 жирным пунктиром. Пространственную жесткость здания каркасной конструкции в поперечных направлениях обеспечивают диафрагмы жесткости (на рисунке 8 показаны линиями красного цвета). Железобетонные колонны расположены в метках пересечения координационных осей здания. По периметру перекрытий устроена обвязочная балка.

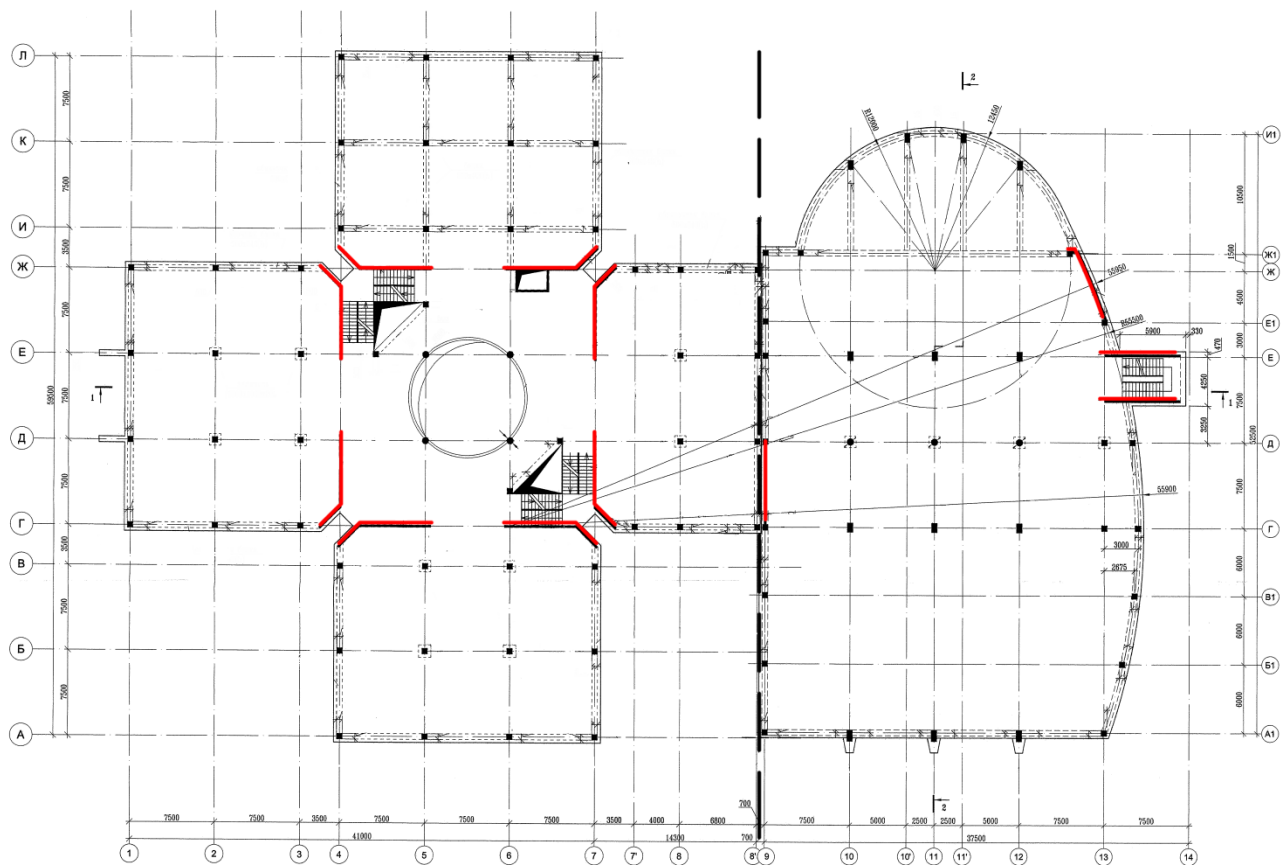


Рисунок 8 – План несущих конструкций

Практическое занятие 2. Определение размеров и формы актового зала

Цель занятия: освоить классификацию помещений театрально-зрелищного здания в соответствии с их функциональным назначением, научиться определять требуемые размеры и параметры этих помещений, получить навык формирования объемно-планировочного решения театрально-зрелищного здания.

Рекомендуемая литература:

1. СП 309.1325800.2017 «Здания театрально-зрелищные. Правила проектирования»
2. Методическое пособие по проектированию театрально-зрелищных зданий. М: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. 2019. 101 С.
3. СП 59.13330.2020 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения».

1 этап. Анализ технического задания на проектирование.

Основанием для подготовки проектной документации на объект капитального строительства (к которому относится театрально-зрелищное учреждение) является техническое задание на проектирование (далее – ТЗ). В нём отражаются все главные особенности объекта строительства в том числе:

- Местоположение объекта;
- Требования к основным технико-экономическим показателям объекта (площадь, объем, протяженность, количество этажей и другие показатели);
- Требования к схеме планировочной организации земельного участка;
- Требования к архитектурно-художественным решениям;
- Требования к конструктивным и объемно-планировочным решениям;

Более подробный состав ТЗ см. приказ министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 1 марта 2018 года N 125/ПР «Об утверждении типовой формы задания на проектирование объекта капитального строительства и требований к его подготовке».

Центральным элементом любого театрально-зрелищного учреждения является зрительный зал. Его вместимость (кол-во стационарных и временных мест для зрителей) и назначение являются главными характеристиками всего учреждения, от которых будут зависеть требуемые размеры остальных помещений и тип самого театрально-зрелищного здания (драматический театр, театр оперы и балета, эстрадный концертный зал, кинотеатр и т.д. – см. табл. А1 СП 309). Помимо назначения и вместимости зрительного зала, проектировщику необходимо знать группу комфортности проектируемого театрально-зрелищного здания (1 – высокая, 2 – средняя, 3 – нормальная – см. п. 4.6 СП 309), которая также определяется ТЗ. В соответствии с выбранной группой комфортности назначаются требования к размерам помещений здания и их оборудованию.

Пусть в здании на проектирование указано, что необходимо разработать проект двухэтажного драматического театра с зрительным залом на 500 мест (средней вместимости – согласно табл. Б1 СП 309) с бельэтажем 2-й группы комфортности. Число зрительских мест в партере – 300, в бельэтаже – 200. При зрительном зале предусмотреть кулуары. Тип сцены в зрительном зале – С4, без оркестровой ямы.

2 этап. Состав помещений театрально-зрелищного здания, их классификация и объединение в функциональные блоки.

Прежде чем приступать к проработке объемно-планировочного решения, необходимо определить перечень помещений, которые должны быть предусмотрены в проекте. Театрально-зрелищное учреждение в самом развитом виде включает в себя огромный перечень помещений различного назначения. Для того, чтобы в процессе проектирования было легче ориентироваться в этом перечне, его разбивают на укрупненные группы, т.е. классифицируют все помещения по функциональному признаку. Этот подход оправдан еще и тем, что функционально однородные и тесно связанные друг с другом помещения должны быть расположены в одной части плана здания и могут быть объединены

в т.н. функциональные блоки (количество которых будет относительно невелико). Такой прием функционального зонирования характерен для общественных зданий.

При выполнении сложного проекта всегда необходимо идти от общего к частному. Так, в здании театра можно выделить две основные части: помещения зрительского комплекса и помещения для творческого и административно-хозяйственного персонала театра. На границе этих двух зон располагается зрительный зал – место, где зрители и актеры встречаются друг друга.

2.1. Помещения зрительского комплекса.

К комплексу помещений, обслуживающих зрителей, относятся: входная группа (кассовый вестибюль и кассы, входной вестибюль, распределительный вестибюль, гардеробная и камера хранения, бюро обслуживания, санузлы) и рекреационные помещения (фойе, кулуары, гостиные, курительные, буфет, кабинет оказания первой медицинской помощи, санузлы). Требования к площадям, размещению и размерам этих помещений приведены в разделе 6.1.1.1 и 6.3 СП 309 и в разделе 6.1 Методического пособия, должны быть учтены требования СП 59. Также на плане должны быть предусмотрены как минимум 2 эвакуационные лестницы 1-го типа и один лифт для транспортировки МГН.

Определим для рассматриваемого задания площади помещений зрительного комплекса по табл. 1 и 2 СП 309 (таблица 1).

Таблица 1

Площади помещений зрительного комплекса

Помещение	Расчёт площади, м ²
Помещения входной группы	
Кассовый вестибюль	$0.05 \cdot 500 = 25$
Входной вестибюль	$0.1 \cdot 500 = 50$
Распределительный вестибюль	$0.3 \cdot 500 = 150$
Гардеробная	$0.1 \cdot 500 = 50$
Камера хранения	$0.05 \cdot 500 = 25$
Бюро обслуживания	$0.03 \cdot 500 = 15$
Санитарные узлы	$0.15 \cdot 500 = 75$
Рекреационные помещения	
Фойе, кулуары	$1.00 \cdot 500 = 500$
Курительные	$0.08 \cdot 500 = 40$
Кладовая при фойе	$0.03 \cdot 500 = 15$
Буфет	$0.4 \cdot 500 = 200$

Такие помещения, как с/у, фойе, кулуары и кладовая при фойе, курительные будут располагаться как на первом, так и на втором этаже. В таблице 1 указаны их суммарная площадь, которая будет распределяться между этажами пропорционально количеству зрительских мест.

Количество кассовых кабин должно быть не менее $500[\text{чел.}]/500[\text{чел./шт.}] = 1$ шт. Требуемое кол-во кассиров определяется согласно табл. 7 Приказа Министерства Культуры Российской Федерации от 30 декабря 2015 г. N 3448 «Об утверждении типовых отраслевых норм труда на работы, выполняемые в культурно-досуговых учреждениях и других организациях культурно-досугового типа»:

$$1.75 + 0.25 \cdot \left(\frac{500 - 250}{50} \right) = 3 \text{ чел.}$$

Минимальная площадь кассовой кабины составляет $5[\text{м}^2/\text{чел.}] \cdot 3[\text{чел.}] = 15 \text{ м}^2$.

Глубина гардероба от барьера до стены не должна превышать 4 м, ширина прохода для зрителей перед барьером должна быть не менее 3 м, а минимальная длина фронта гардеробной стойки составляет $500[\text{чел.}]/30[\text{чел./пог.м}] = 16.7$ пог.м.

Определим число санитарно-гигиенических приборов для посетителей по табл. М.1 СП 309 (таблица 2). При этом согласно п. 6.3.2 СП 309 для 1 этажа расчетное кол-во мужчин составляет $300/3=100$ чел., женщин $300-100=200$ чел., для 2-го этажа мужчин $200/3\approx 67$ чел., женщин $200-67=133$ чел.

Таблица 2

Число санитарно-гигиенических приборов для посетителей

Наименование прибора	Кол-во, шт.	Наименование прибора	Кол-во, шт.
Для мужчин			
1 этаж		2 этаж	
Унитазов	$100/55\approx 2$	Унитазов	$67/55\approx 2$
Писсуаров	$100/70\approx 2$	Писсуаров	$67/70\approx 1$
Умывальников	$2/4\approx 1$	Умывальников	$2/4\approx 1$
Для женщин			
1 этаж		2 этаж	
Унитазов	$200/28\approx 8$	Унитазов	$133/28\approx 5$
Умывальников	$8/2=4$	Умывальников	$5/2\approx 3$

Доля универсальных кабин для инвалидов в уборных и их габариты принимаются по СП 59. Так, согласно п. 6.3.2 СП 59 необходимо предусмотреть по 1-ой универсальной кабине на 1-ом и 2-ом этажах и по 1-ой доступной кабине в женском блоке туалетов на 1-ом и 2-ом этажах. Размеры универсальных кабин указаны в табл. 6.1 СП 59.

Минимальная ширина кулуаров – 2.4 м.

Минимальное число посадочных мест в буфете равно $500[\text{чел.}]/12[\text{чел./место}]\approx 42$ места. Длина стойки буфета – не менее 5 м. Поскольку число посадочных мест в буфете превышает 20 шт., необходимо

предусмотреть помещение разгрузочной с дебаркадером. Также в функциональный блок буфета должны входить помещения моечной и доготовочной, кладовой и тарной (могут располагаться как на первом, так и в подвальном/цокольном этаже), а также помещения для сотрудников буфета с санузлом.

После определения требований ко всем помещениям зрительского комплекса можно построить функциональную схему, отражающую связь этих помещений друг с другом и их взаимное расположение. В указанных выше разделах нормативных документов и справочной литературы дана информация в т.ч. и о возможных вариантах функциональных взаимосвязей между помещениями.

На рисунке 1 показана одна из возможных функциональных схем, построенная для рассматриваемого задания.

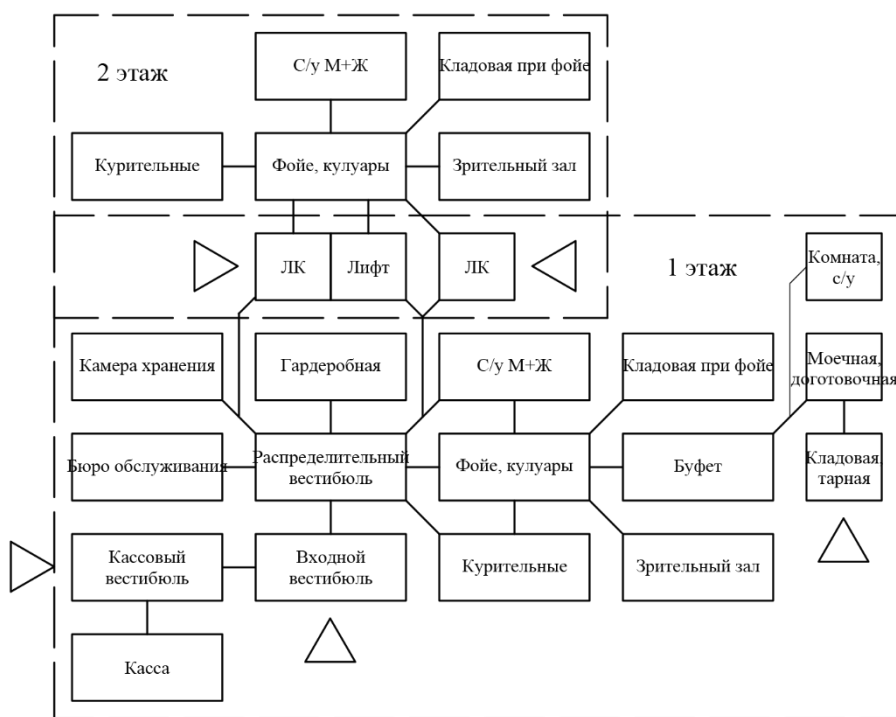


Рисунок 1. Функциональная схема зрительского комплекса помещений театра (прим.: ЛК – лестничная клетка)

2.2 Определение размеров и формы актового зала.

Самой важной частью зрительного зала является сцена, её тип и размеры определяют форму всего зрительного зала в целом. Вся основная информация,

Так, размеры сцены С4 на плане и разрезе приведены на рисунках 1 и 2 соответственно. При этом высоту планшета сцены относительно пола зрительного зала в соответствии с п. 6.2.1.9 СП 309 была принята равной 1 м. Согласно п. 6.2.1.10 СП 309 под сценой типа С4 должен быть размещен трюм равный в плане размеру сцены высотой минимум 2.2 м.



Площадь зрительного зала (включая балконы, ложи и ярусы) определяется в пределах ограждающих конструкций до передней границы сцены, авансцены или барьера оркестровой ямы по табл. 3 СП 309 и зависит от назначения и уровня комфорта здания. Вся основная информация, необходимая для грамотного проектирования зрительного зала приведена в приложении Б СП 309. В соответствии с п. 6.1.2.9 СП 309 в зрительном зале должны быть предусмотрены места для инвалидов из расчёта 1% от общего числа зрительских мест, но не менее 2-х. Объем зала выбирается исходя из требований обеспечения благоприятных акустических условий в соответствии с приложением В СП 309.

Так, для рассматриваемого примера требуемая площадь зрительного зала составит $500 \cdot 0.6 = 300 \text{ м}^2$. Требуемое число мест для инвалидов: $500 \cdot 0.01 = 5$ шт. Размеры мест для инвалидов $0.9 \times 1.4 \text{ м}$ – согласно п. 8.1.6 СП 59. Длина зрительного зала для драматического театра не должна превышать 20 м от красной линии сцены. Объем зала должен составлять $500 \cdot 4.5 = 2250 \text{ м}^3$.

Фактические размеры зала с учётом указанных выше ограничений уточняется исходя из размещения зрительских мест. Зрительские места должны быть размещены в пределах горизонтального и вертикального углов размещения зрительских мест, определяемых по табл. Б.4 СП 309. При этом расстояние между передней границей сцены и спинками кресел первого ряда и ширина проходов в зрительном зале определяется согласно табл. Б.5 СП 309.

Для рассматриваемого примера горизонтальный угол размещения зрителей составляет 30° , вертикальный (для мест по оси зала) - 26° . Рисунок 4 и 5 показывают, в пределах какого пространства по отношению к сцене должны быть размещены зрительские места. Расстояние от края сцены до спинок первого ряда – 2 м. Ширина прохода – 1.35 м.

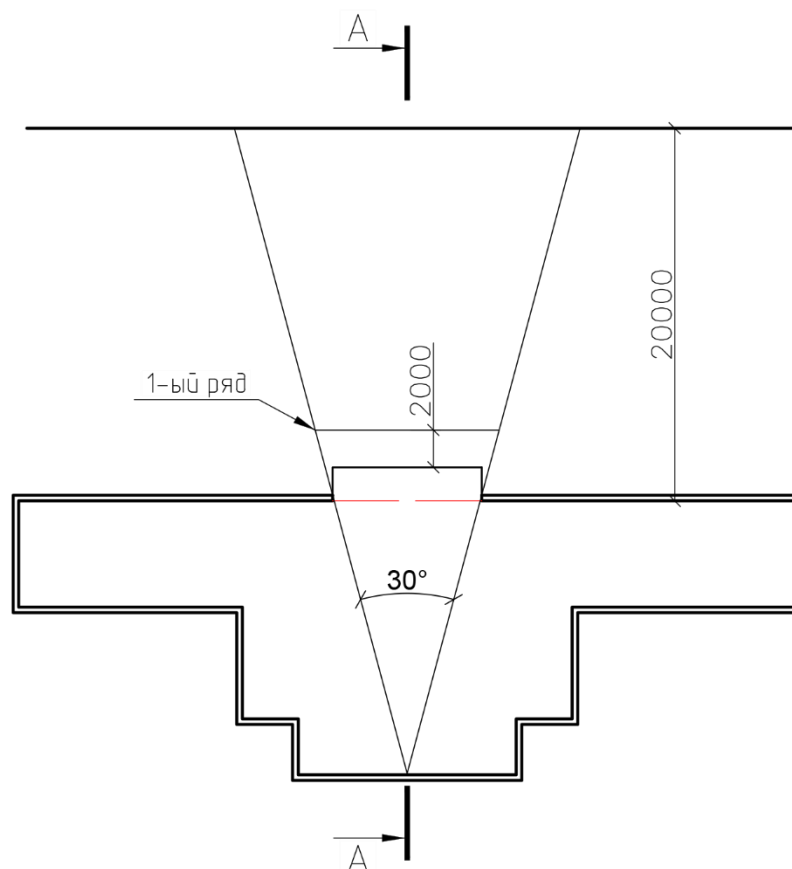


Рисунок 4. Определение горизонтального угла размещения зрительских мест

Далее необходимо приступить к размещению зрительских мест. Для грамотного решения этой задачи необходимо знать габариты одного зрительского места и максимально возможное количество непрерывно установленных зрительских мест в ряду. Оба этих параметра определяются по табл. Б.7.

Для рассматриваемого примера размер кресел по оси подлокотников – 0.54 м, расстояние между спинками сидений – 1 м, число непрерывных мест в ряду при одностороннем выходе – 16, при двухстороннем – 30.

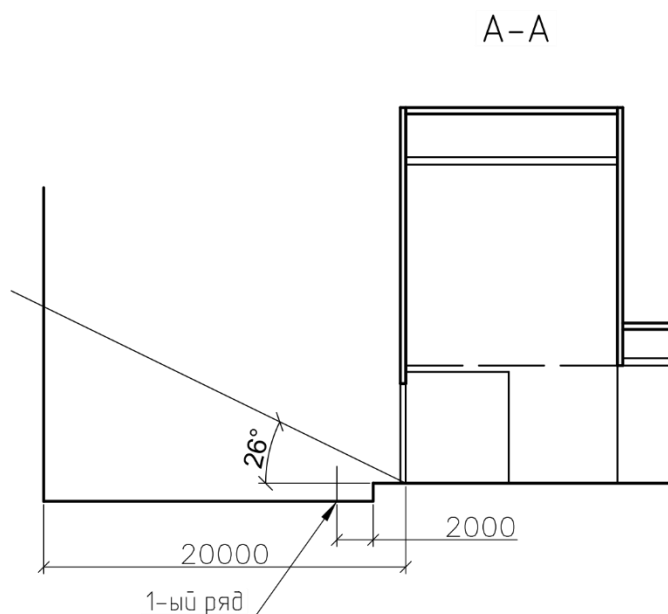


Рисунок 5. Определение вертикального угла размещения зрительских мест

Прежде всего необходимо определить нужно ли разделять зрительный зал на партер и амфитеатр, это можно сделать при расположении рядов зрительских мест на разрезе зрительного зала, главным условием при этом является обеспечение требуемого превышения луча зрения зрителя над головой впереди сидящего (табл. Б.1 СП 309).

Для рассматриваемого случая это превышение составляет 8 см – в ближайших к сцене рядах, кол-во которых составляет 20% от общего кол-ва рядов, 12 см – в средних рядах, кол-во которых составляет 60% от общего кол-ва рядов, 14 см – в задних рядах, 10-12 см – над барьером балкона (см. рис. Б.1 СП 309). Высота глаз зрителя принимается равной 1.15 м над уровнем пола. На рисунке 6 показан разрез зрительного зала, на котором нанесены ряды зрительских мест, а также показано очертание пола, обеспечивающее требуемое превышение луча зрения.

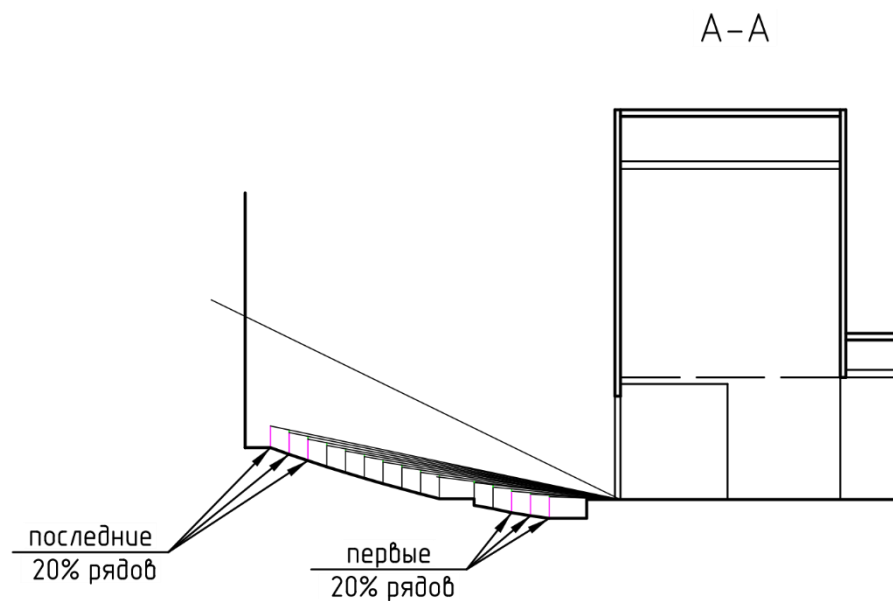


Рисунок 6. Обеспечение видимости сцены

Примем решение разделить зрительный зал на две части – партер (первые 5 рядов) и амфитеатр с проходом между ними. Также обеспечим доступ зрителей к своим местам с двух сторон через проходы, идущие вдоль боковых стен зрительного зала, ограничив при этом кол-во мест в ряду 30-ью шт. Эти решения дадут план зала, показанный на рисунке 7. При этом кол-во мест в партере и амфитеатре составит 358, а их площадь – 299.9 м².

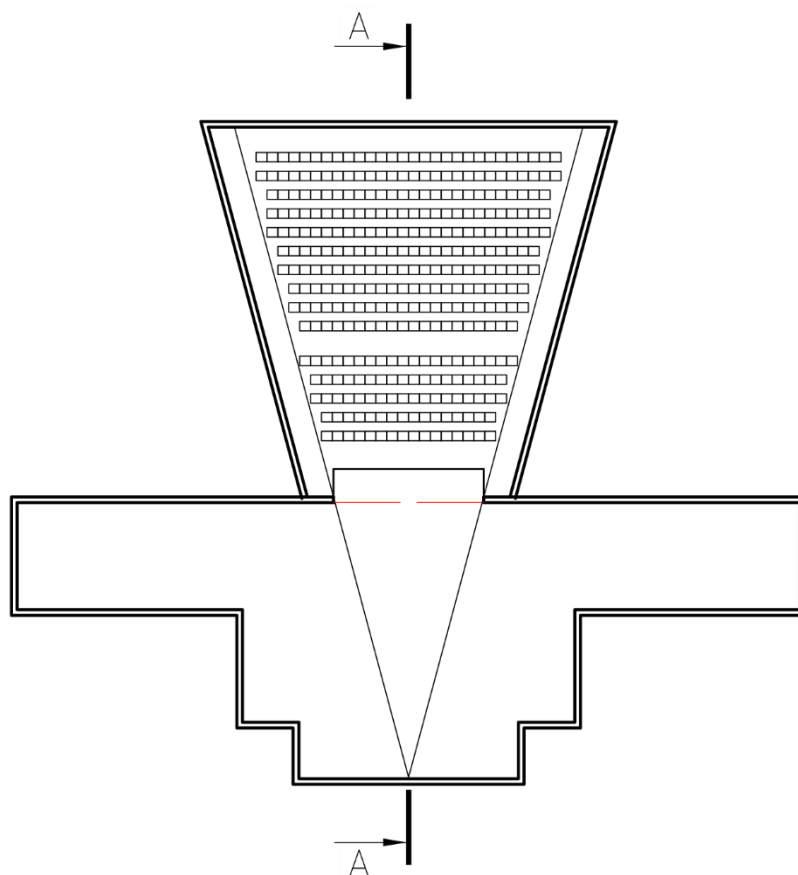


Рисунок 7. Окончательная планировка партера и амфитеатра

Далее необходимо разместить оставшиеся места на бельэтаже (балконе). Балкон будет обладать более, чем тремя рядами зрительских мест, поэтому согласно п. Б.1 СП 309 высота расположения его нижней части над полом зрительного зала должна составлять не менее 3 м. Высота барьера балкона – не менее 80 см. С учётом этих факторов, а также с учётом ограничений по вертикальному углу зрения и превышению луча зрения определяется максимально возможный вылет балкона (рисунок 8). Высота потолка зрительного зала, показанная на рисунке 8, была определена исходя из требуемого объема зрительного зала (2250 м^3) и минимального расстояния от уровня верхнего ряда балкона до потолка в 2.5 м.

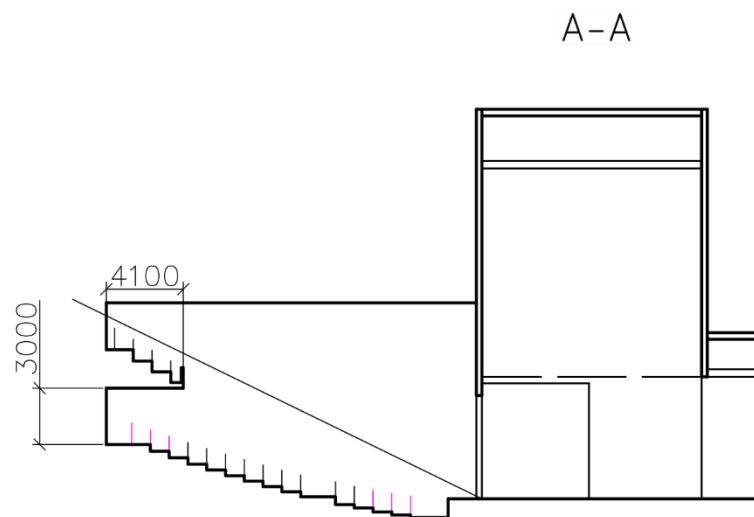


Рисунок 8. Определение максимально возможного вылета балкона

Как видно, на балконе разместилось 4-ре ряда зрительских мест. С учётом этого сформируем план расстановки зрительских мест на балконе (рисунок 9).

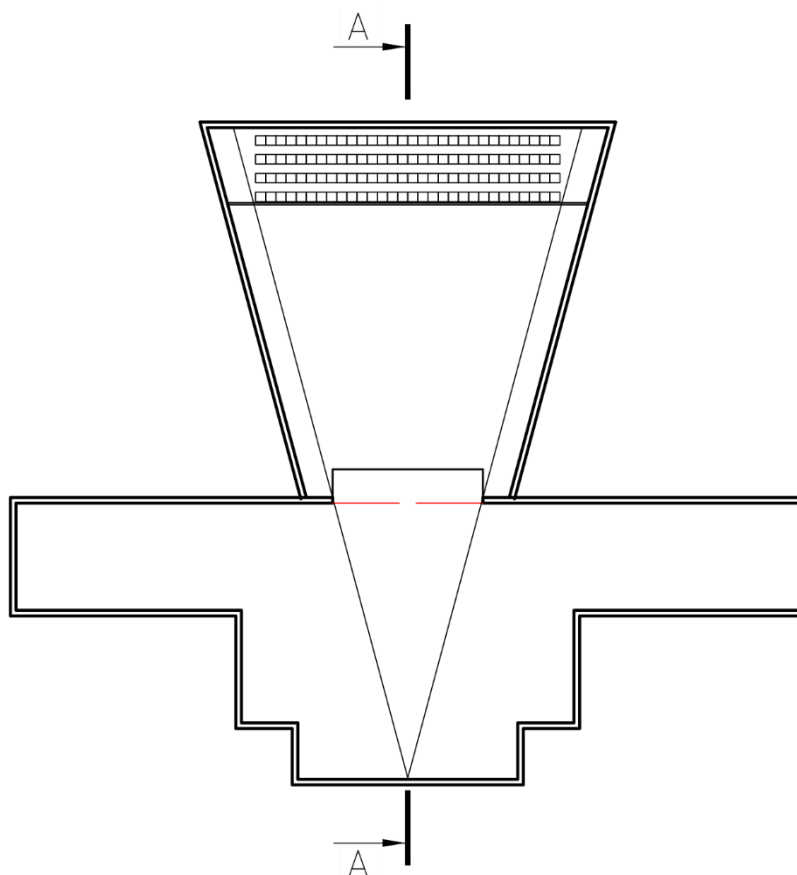


Рисунок 9. Размещение зрительских мест на балконе

Таким образом закончено определение формы и размера зрительного зала.

Практическое занятие 3. Разработка конструкций покрытий зала большой вместимости.

Тип конструкции покрытия зала большой вместимости выбирается в зависимости от функционального процесса, который должен проходить в этом зале и от его вместимости. В зависимости от этого выбирается пролет покрытия, т.к. в таких залах не должно быть опор. Термин «большепролетное покрытие» до сих пор окончательно не определен. В промышленных цехах обычными считаются пролеты 12,15,24м. Пролеты 30, 36м и более уже считаются редкими. В настоящее время такие пролеты перекрываются только металлическими фермами или, в редких случаях – железобетонными пространственными конструкциями. В общественных зданиях, таких, как театральные залы для несущих конструкций применяются металлические фермы пролетами до 30м. Для создания более эстетичной архитектуры интерьера, которая может быть достаточно сложной и по акустическим требованиям, эти фермы приходится «задрапировывать» подвесными потолками, применять «акустические облака» и другие подобные конструкции.

Рассмотрим основные типы конструкций покрытий залов большой вместимости:

Плоскостные конструкции. Раньше они могли быть железобетонными из соображений экономии металла. Балочные конструкции применяются редко и только при пролетах до 18м включительно. В настоящее время применяются в основном металлические фермы.

Фермы изготавливают с параллельными поясами, треугольные, трапецевидные, полигональные и сегментные; раскосные и безраскосные.

Фермы с параллельными поясами проектируют под рулонную кровлю. К их достоинствам можно отнести однотипность узлов и размеров элементов, оптимальные (45–60°) углы между раскосами и поясами.

Конструктивные недостатки треугольных ферм – разнотипность элементов и узлов, длинные элементы решетки.

Область применения металлических ферм – пролеты более 24 м. Обычно на фермы расходуется больше металла, чем на арматуру железобетонных ферм. Однако использование облегченных кровельных покрытий позволяет снизить расход металла на ферму почти до уровня расхода его на армирование железобетонных ферм. Пролеты металлических ферм достигают иногда до 100 м. Стальные фермы с уклоном верхнего пояса 1,5 % предусмотрены для перекрытия пролётов 18, 24, 30, 36 м. Фермы пролётом 18 м изготавливают в виде одной отправочной марки с горизонтальным нижним поясом, остальные – в виде двух отправочных марок – с параллельными поясами. Высота на опоре – около 3150 мм.

Стальные фермы из горячекатаных профилей при шаге колонн 6 и 12 м применяют с уклоном верхнего пояса 1,5%. Все основные стержни ферм состоят из парных горячекатаных профилей и соединяются фасонками. Безраскосные фермы лишены свойства геометрической неизменяемости. Безраскосная ферма как несущая конструкция может существовать только при условии замены ее шарнирных узлов жесткими, т.е. превращения ее в раму, в которой все элементы противостоят не только продольным силам, но и изгибу. Это приводит к необходимости усиления сечений поясов и стоек и ужесточения узлов. Расход материалов на эти конструктивные усиления не компенсирует экономии, достигнутой за счет удаления раскосов, и безраскосные фермы всегда оказываются более материалоемкими в сравнении с раскосными. Тем не менее безраскосные фермы, особенно с параллельными поясами, позволяют успешно решать ряд архитектурно-планировочных задач. В последнее время наиболее рациональными признаны безраскосные железобетонные фермы с круговым очертанием верхнего пояса (рис.2).

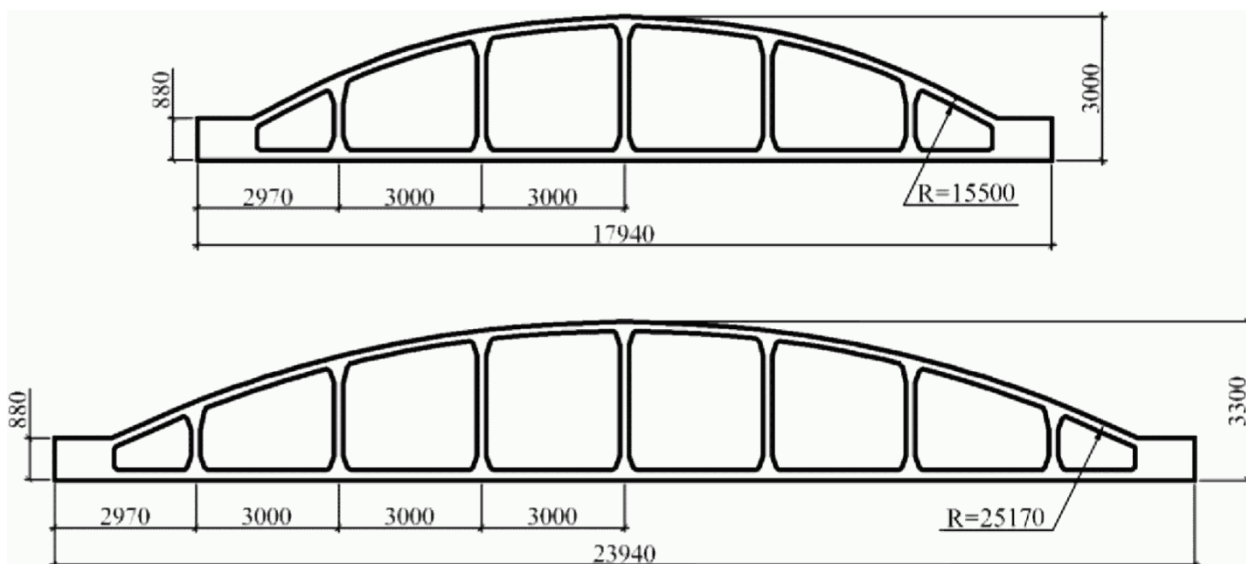


Рис.1. Безраскосная железобетонная ферма.

В практике строительства общественных зданий находят широкое применение рамные конструкции. Рамами называют стержневые конструкции, состоящие из вертикальных элементов (стоек) и горизонтальных (ригелей), жестко соединенных между собой в узлах. Особенностью статической работы рам является жесткое сопряжение ригеля со стойками, что приводит к уменьшению изгибающего момента в пролёте и, следовательно, к уменьшению сечения ригеля. Приложение к любому элементу рамы нагрузки, вызывающей поворот или перемещение этих узлов, приводит в силу их жесткости к включению в работу всех остальных элементов. В этом заключается резерв ее несущей способности, выгодно отличающей раму с жесткими узлами от систем с шарнирами. Пролеты, перекрываемые рамами, колеблются в широких пределах: от самых небольших до рекордных, нередко превышающих 100 м. Пролет и высота рам подчинены функциональным требованиям. Положение стоек – вертикальные или наклонные и очертание ригеля – прямой, ломаный, или криволинейный, определяются архитектурой сооружения. Окончательная компоновка геометрической схемы рамы и ее рабочих сечений решается на основе статических расчетов. Рама – это распорная конструкция. Ее проектируют на трех шарнирах, двух шарнирах и

бесшарнирной. Поперечное сечение элементов рам может быть сплошностенчатым и сквозным.

Бесшарнирная рама. Бесшарнирная рама характеризуется небольшим изгибающим моментом в пролёте ригеля и значительным моментом в узлах рамы, что увеличивает сечение колонн и ригеля у опоры. Принимаются на плотных грунтовых основаниях, неравномерные осадки должны быть исключены.

Одношарнирная рама В одношарнирной раме сечение ригеля уменьшается за счет уменьшения величины изгибающего момента в пролете рамы.

Двухшарнирная рама В двухшарнирной раме момент, возникающий в ригеле, больше, чем у бесшарнирной рамы, однако сечение стоек меньше. Такие рамы могут устанавливаться на слабых грунтовых основаниях, так как неравномерность осадок не вызывает деформаций рамы. Затяжки в рамах устанавливают с целью восприятия распора. В отличие от арок, где затяжки располагаются на уровне опор, в рамах их нередко устанавливают и выше. Особенно уместны затяжки в карнизных узлах рам с ломаным или криволинейным ригелем. Помимо уменьшения распора, их постановка способствует снижению величины моментов в карнизных узлах.

Трехшарнирная рама. Трехшарнирную раму изготавливают с ломаным ригелем и наклонными стойками, благодаря чему обеспечивается возможность перемещения в плоскости рамы без нарушения её работы в целом, изгибающие моменты сосредоточены в жестких узлах рамы и их величина уменьшается к шарнирам. Сборка рамы из двух элементов значительно упрощается. В рамных конструкциях с консольными вылетами уменьшается изгибающий момент в пролете ригеля и более равномерно распределяется нагрузка на колонны. Величину консольного вылета принимают в пределах от величины длины ригеля. Для уменьшения

изгибающего момента в пролёте ригеля концы консоли заанкеривают в основании с помощью стальных преднапряженных оттяжек.

Арочные конструкции применяются с древних времен. Первоначальное понятие об арке связано с её криволинейным очертанием (лат. arcus-дуга). Однако с инженерной точки зрения определяющим признаком арки является не столько кривизна её очертания, сколько наличие распора, вызванного несмещаемостью её опор. Характерной особенностью арки является её работа преимущественно на сжатие. Обычные очертания арки – параболическое, круговое, треугольное, реже встречаются арки эллиптические и стрельчатого очертания (рис. 3).

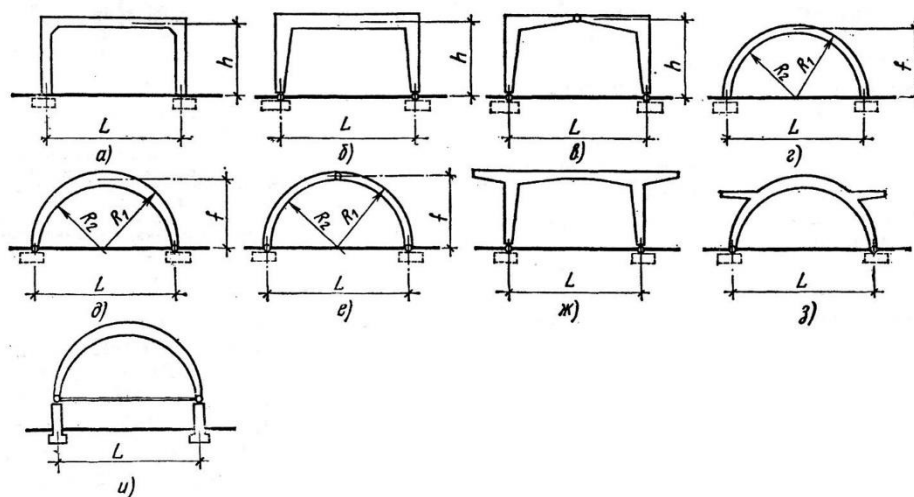


Рис. 2. Схемы рам и арок

а-в - рамы бесшарнирные, двух- и трехшарнирные

г-е - арки бес-шарнирные, двух- и трехшарнирные

ж, з —рама и арка с разгружающими консолями

и - арка с затяжкой

L – пролет

h - высота рамы

F - стрела подъема арки

R_1, R_2 - радиусы кривизны верхней и нижней грани арки

В зависимости от высоты подъема арки делятся на пологие и подъемистые с характерными величинами относительной высоты – $1/8$ – $1/6$ и

1/4–1/2. Статическая работа арки связана с наличием или отсутствием опорных или ключевых шарниров. По этому признаку арки называют трехшарнирными, двухшарнирными и бесшарнирными. Трехшарнирные арки статически определимы, их распор зависит от взаимного расположения шарниров, а не от очертания оси балки. Арки не чувствительны к осадкам и горизонтальным смещениям к колебаниям температуры. Удобны в монтаже и перевозке в виде парных эллиптическое стрельчатое $h=r$ круговое параболическое очертание. Однако в силу неравномерного распределения изгибающих моментов по длине арки они наиболее материалоемки и нуждаются в ключевом шарнире. Двухшарнирные арки единично статически неопределимы. Распор несколько меньше, чем у трехшарнирной арки. Это объясняется тем, что смещению опор под действием нагрузки препятствует сопротивление самой арки её разгибанию (к чему трехшарнирная арка в связи с наличием ключевого шарнира неспособна). Полное защемление арок в опорах способствует более равномерному распределению моментов по длине арки, благодаря чему конструкция отличается особой лёгкостью. Арки требуют надёжного основания и мощных фундаментов, что не всегда осуществимо по техническим и экономическим причинам. Для арок характерны большие пролёты. Они начинают успешно конкурировать с фермами при пролётах более 30 м. Нередко арками перекрывают пролёты около 60 м, а рекордные пролёты уникальных арочных покрытий превышают 100 м. Устойчивость системы из плоскости арок и рам обеспечивают вертикальные связи между стойками рам и жесткие связи элементов покрытия с ригелями.

Пространственные перекрестные конструкции покрытий.
Перекрёстные конструкции представляют собой системы взаимно пересекающихся балок и ферм (рис.3).

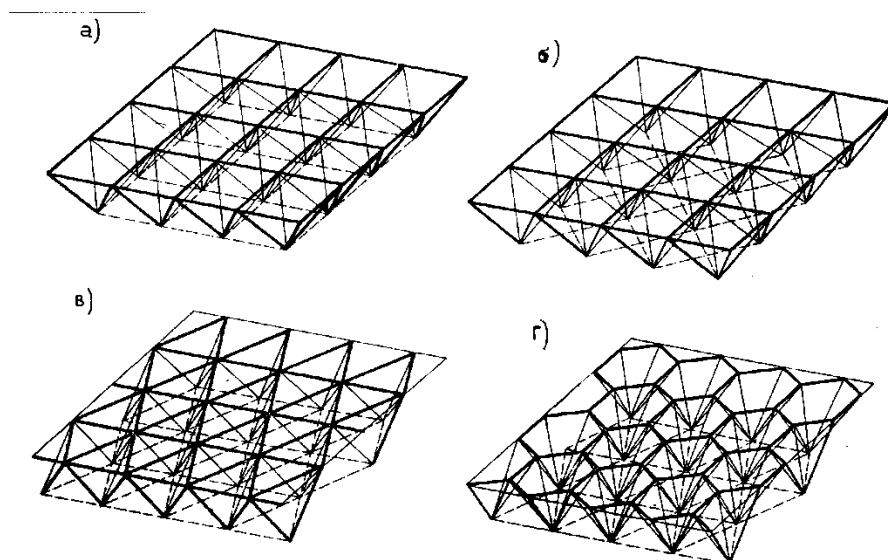


Рис. 3. Пространственные перекрестные конструкции покрытий

Структурные конструкции покрытия. Стержневые металлические структуры Стержневые структуры представляют собой систему пространственных перекрещивающихся ферм из металлических труб или прокатных профилей (уголок, двутавр, швеллер). Верхний и нижний пояса структурной плиты из стержневых элементов образуются из квадратных, треугольных и шестиугольных ячеек (рис.4).

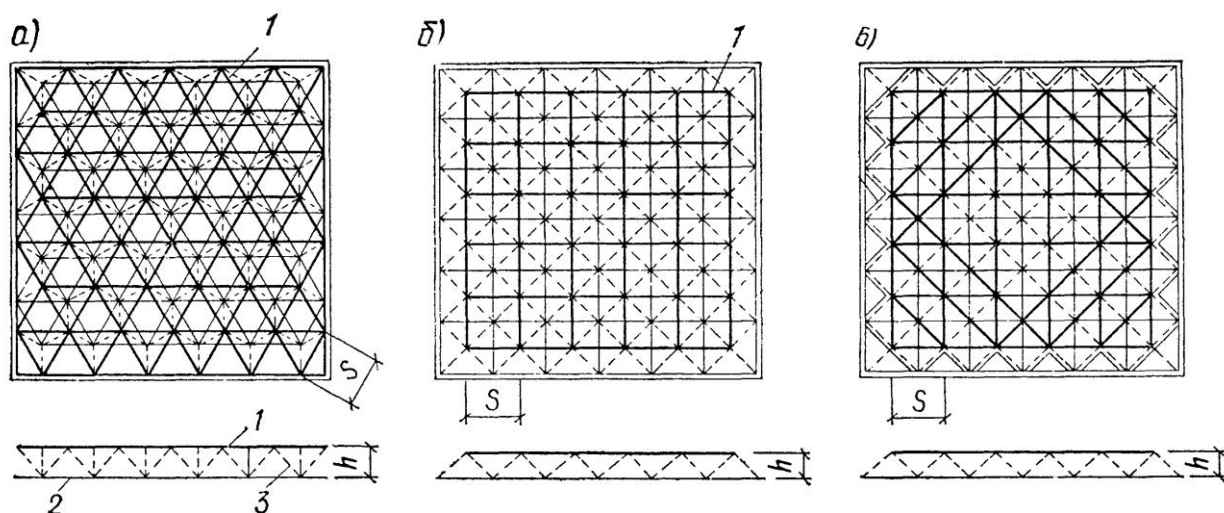


Рис.4. Общие схемы металлических структурных покрытий

1 – верхние пояса

2 – нижние пояса

3 - наклонные раскосы

Конструкции узловых элементов чрезвычайно разнообразны. Для трубчатых элементов наиболее логична конструкция узла, где главным соединительным звеном является болт, соосный со стержнями и работающий на продольные усилия. Существуют две композиционные схемы этого узла: болт, выходя из трубчатого стержня, ввинчивается в узловой элемент; болт, выходя из узлового элемента, ввинчивается в трубчатый стержень. По первой схеме выполнен изобретенный в довоенные годы в Германии узел «Меро», отличающийся универсальностью и простотой монтажа и считающийся наиболее совершенным из всех существующих, а также созданный на его основе узел «МАрхи» (рис. 5).

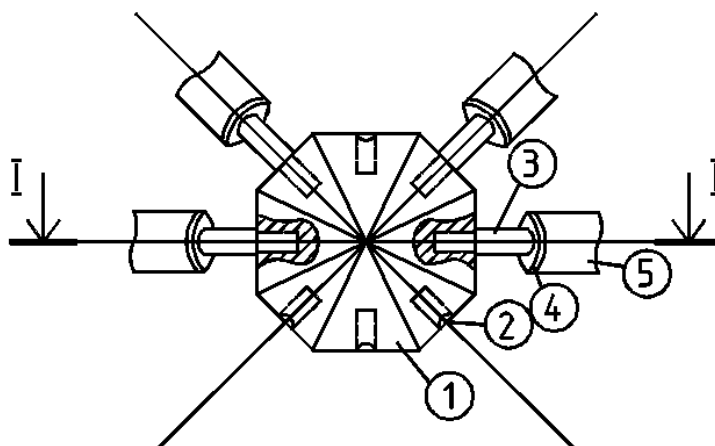


Рис.5. Болтовой узел структуры МАрХи.

Оболочки. Оболочкой называется пространственная конструкция, форма которой образована перемещением образующей по направляющей. В зависимости от формы образующей и направляющей оболочки подразделяют на оболочки одинарной положительной кривизны (цилиндрические оболочки), конусоидальные оболочки (складки), оболочки двойной положительной кривизны, оболочки отрицательной гауссовой кривизны. Конструкция оболочки состоит из трех основных элементов – тонкой

оболочки, бортовых элементов и торцевых диафрагм. Материалом для устройства оболочек может служить железобетон, дерево, армоцемент, металл. Железобетонные оболочки выполняются в виде монолитных конструкций. При классификации оболочек, определяющее значение имеет признак статической работы конструкции. По этому признаку оболочки подразделены на два класса – распорные и безраспорные. К безраспорным оболочкам относятся цилиндрические и конусоидальные (складки) оболочки. Данные конструкции могут воспринимать распор только за счёт специально установленных диафрагм. К распорным относятся купола, своды и оболочки отрицательной кривизны. Оболочки нулевой гауссовой кривизны, применяемые для покрытия прямоугольных помещений, могут быть гладкими, ребристыми, складчатыми, цилиндрического и параболического очертания.

Цилиндрические своды-оболочки.

Цилиндрические своды-оболочки характеризуются двумя параметрами: пролетом (А -расстояние между опорами) и длиной волны или шириной оболочки -Б. Соотношение параметров А и Б в значительной мере определяет характер работы оболочки. Чем длиннее оболочка ($A:B > 1$), тем ее работа ближе к работе балки. Чем короче, тем она больше напоминает работу арки. Своды оболочки делят на две группы: длинные и короткие, переход оболочек из одной группы в другую делают условно. Например, железобетонные оболочки при $A:B \geq 12$ считаются длинными, а при $A:B \leq 12$ – короткими.

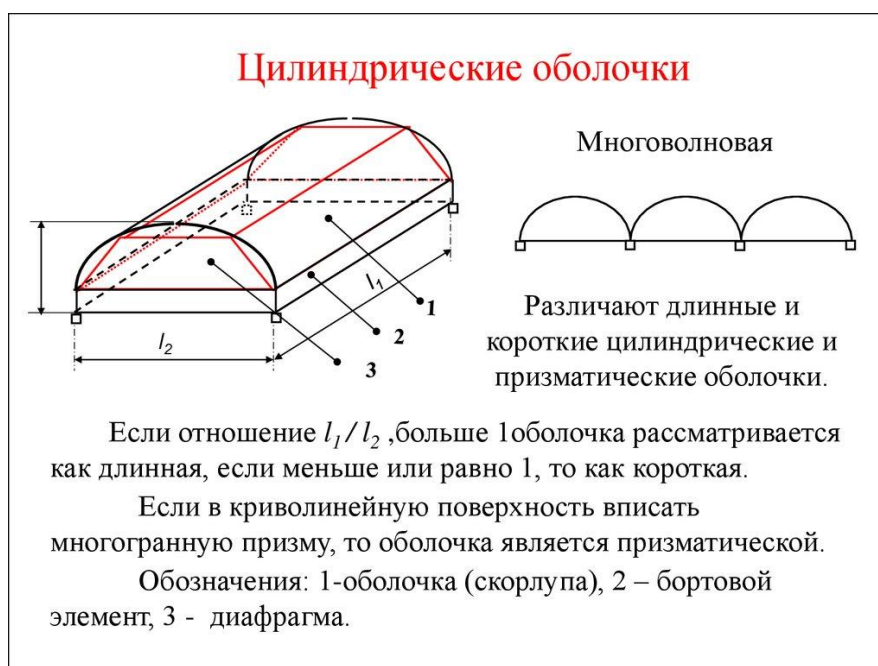


Рис. 6. Схема цилиндрической оболочки

Длинные железобетонные оболочки перекрывают пролеты от 15 до 30 м, бывают случаи перекрытия 36 и 50 метров. Оболочки бывают монолитными, сборными и сборно-монолитными. Использование длинных оболочек в качестве покрытий зданий позволяет достичь некоторой экономии материала по сравнению с плоскими покрытиями. В то же время они характеризуются повышенной строительной высотой, что увеличивает отапливаемый объем помещения. Основные размеры в плане типовых сборных оболочек 12×18; 12×24; 12×36. Приведенная толщина конструкции составляет 8–9 см, расход арматуры 13–15 кг/м².

Основные пропорции длинных оболочек и их сечения при обычных пролетах (36 м) назначают, исходя из конструктивных и технологических соображений. Полную высоту оболочки h принимают равной $1/10–1/15 L$, а стрелу подъема f равной $1/6–1/8 L$. Примерная высота стеновых элементов $1/20h$ или $1/30 L$. Монолитные оболочки делают гладкими, толщиной $1/200–1/300 L$ и не менее 5 см. Плиты сборных и сборно-монолитных оболочек обычно делают ребристыми, с толщиной, примерно вдвое меньшей. При малых пролётах (до 24 м) цилиндрические оболочки устраивают из цельных сборных

элементов – плит КЖС Короткие оболочки Оболочки допускают устройство в них продольных световых проемов шириной не более 1.4м при условии компенсации удаленной тонкостенной части ребрами).

Складки . Складчатые конструкции проектируют чаще, чем цилиндрические оболочки, в связи с большей технологичностью формы. Конструктивно складки представляют собой пространственную систему из наклонных к горизонту (обычно не менее 30°) плоских плит, верхние и нижние кромки которых жёстко соединены и работают совместно. Сплошнотенчатые складки чаще всего выполняются в железобетоне. Складки из металла делают решетчатыми. Разнообразие архитектурных композиций из складок неисчерпаемо. Плоские треугольные, прямоугольные, трапециевидные и шедовые формы складок в различных их комбинациях способны покрывать прямоугольные, многоугольные, круговые в плане здания.

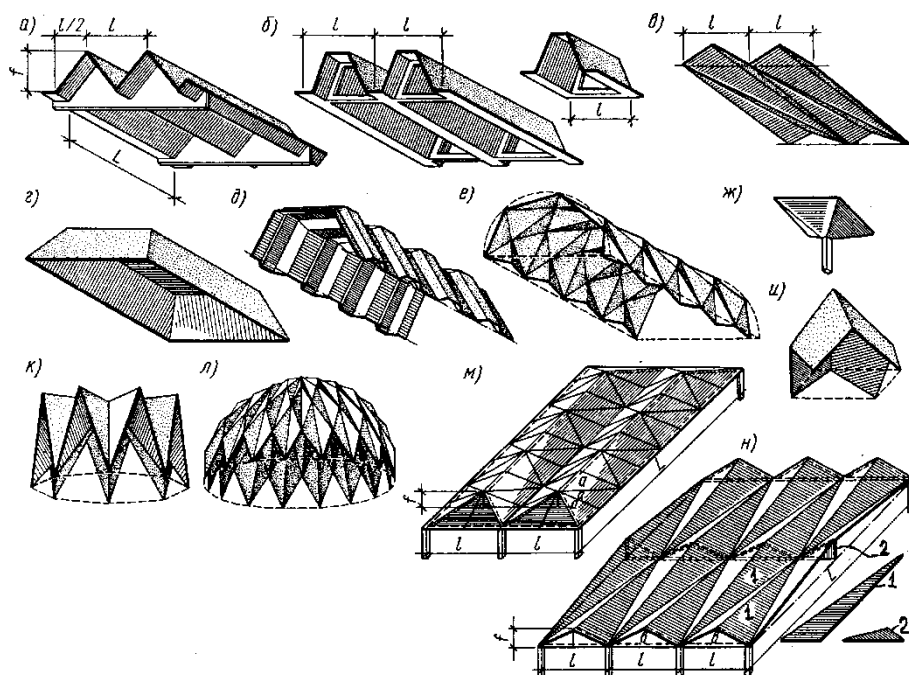


Рис.7. Складчатые конструкции и шатры

Складки относятся к безраспорным пространственным конструкциям покрытий. Пространственная жесткость складок и восприятие распора обеспечиваются торцовыми рёбрами и промежуточными диафрагмами,

монократно связанными с гранями складки. Распор смешанных складок взаимно погашается и только в крайних складках воспринимается диафрагмами. Сплошностенчатые складки чаще всего выполняются в железобетоне в монократном, сборном, сборном-монократном вариантах. Обычные размеры пролетов 12–36 м. Высота складок принимается равной от $1/20$ до $1/10$ пролета. Толщина монократных плит граней – 6 см, сборных – до 3 см.

Купольные покрытия. Современные тонкостенные конструкции куполов принадлежат к наиболее экономичным пространственным конструкциям, которые позволяют перекрыть пролеты до 150 м при толщине оболочки в $1/600$ – $1/800$ пролета. В классических каменных куполах это соотношение составляет $1/10$ – $1/12$ пролета. Однако основные отличия современных купольных конструкций от традиционных связаны со своеобразием формы поверхности (волнистой, складчатой), обусловленной необходимостью повышения местной устойчивости тонкостенной оболочки. Купол, в основании которого круг, имеет поверхность, образованную вращением кривой (арки) вокруг центральной оси. В зависимости от образующей кривой купола могут иметь сферическую форму, параболическую, стрельчатую и эллиптическую форму.

Преимуществом купольных конструкций является равномерное распределение усилий по конструктивному элементу, что приводит к наиболее эффективному использованию материала. Жесткость конструкции порождает сама форма, так как она не разворачивается в плоскость, тем самым образуется дополнительный резерв несущей способности конструкции. Выпуклая форма купольных покрытий обеспечивает простую систему водоотвода. По структуре поверхности купола могут быть различны (рис.8).

При применении данных конструкций можно отметить следующие недостатки: 1) увеличивается строительный объем помещений, особенно при большой стреле подъема; 2) они неблагоприятны в акустическом отношении,

так как форма покрытия способствует фокусированию звуковой энергии. Наибольшая фокусировка звука имеет место в тех случаях, когда радиус кривизны купола близок к высоте помещения; 3) для возведения купольных покрытий необходимы специальные устройства (леса, подмости). Современные купола решаются из железобетона, армоцемента, металла и дерева, могут быть решены в сплошных и стержневых конструкциях.

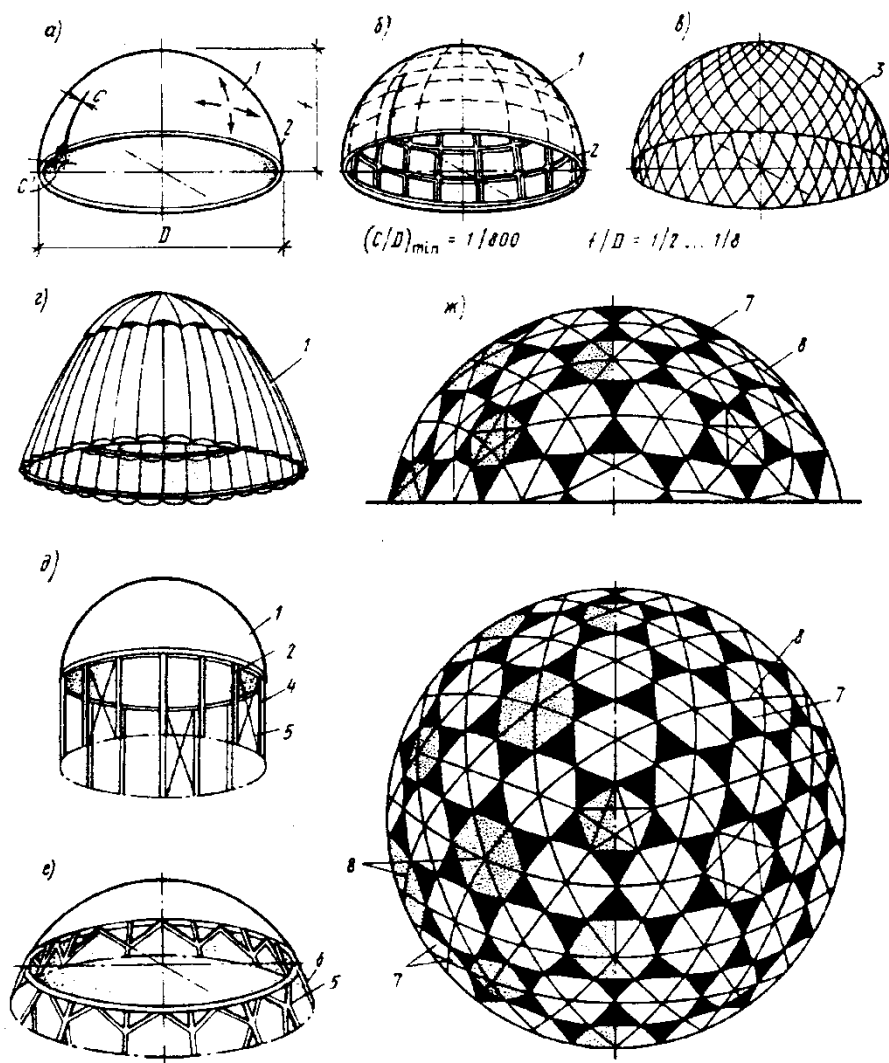


Рис.8. Структура поверхности купольных оболочек

а – гладкая

б – ребристая

в – сетчатая

г – многоволновая

- δ – звездчатая*
- 1 – оболочка*
- 2 – опорное кольцо*
- 3 – стержни сетки купола*
- 4 – треугольные плиты*
- 5 – затяжки в проемах купола*

В куполах, так же, как и в арках, возникает распор, который воспринимается нижним опорным кольцом. Кольцо воспринимает растягивающее усилие. В верхней части купола устраивают верхнее опорное кольцо, которое служит для аэрации и освещения здания, а также оно необходимо для ведения монтажных работ по устройству купола. В верхнем опорном кольце возникают снимающие усилия. Конструкция гладкого купола наиболее экономична, применяется в монолитном строительстве для покрытий диаметром до 150 м. Купол имеет внутреннюю и внешнюю гладкие поверхности и осуществляется из монолитного железобетонного кольца. Ребристые купола образуются при помощи полуарок прямоугольного сечения, по которым укладывается ограждающая конструкция. Ребра опираются на нижнее растянутое и верхнее сжатое опорные кольца. Между ребрами устанавливаются прогоны и связевые элементы, обеспечивающие пространственную жесткость купола. Ребристые конструкции предусматривают в конструкциях сборных куполов диаметром до 70 м. 3. Ребристо-кольцевые купола имеют не только меридиональные ребра, но и равномерно распределенные по высоте купола горизонтальные кольца, играющие роль жестких железобетонных связей. Толщина оболочки купола 1/600 от пролёта. Например, при пролете $L = 90$ м: $\delta_1 = 150$ мм – толщина у верхнего опорного кольца; $\delta_2 = 310$ мм – толщина у нижнего опорного кольца. Все нагрузки воспринимают элементы колец и полуарок, поэтому ограждающие конструкции могут быть очень легкими; допустимо применение остекления. Пример: гладкий купол Новосибирского оперного театра (рис. 9).



Рис. 9. Купол Новосибирского оперного театра постройки 1943 г.

Геодезический купол – это многогранник, имеющий треугольные, ромбические или многоугольные грани. Все узлы геодезического купола лежат на сферической поверхности, а ребра – это хорды. В отличие от сетчатых куполов все элементы геодезического купола однотипные. Каждый элемент может быть плоским или пространственным и совмещать в себе несущие и ограждающие функции. Материалом геодезического купола является алюминий. Волнистый и складчатые купола имеют поверхность, состоящую из оболочек двойной кривизны и складок, сходящихся к полюсу купола. Такие купола применяют в покрытиях до 80 м. Их выполняют монолитными и сборно-монолитными из сопряженных сегментов оболочек волн одинарной или двойной кривизны. Несмотря на больший, чем у гладких куполов, расход материала, волнистая (складчатая) конструкция обладает рядом преимуществ. Благодаря открытым наружным торцам волн обеспечивается полноценное верхнебоковое естественное освещение внутренних пространств и устройство входов, а выразительная объемная форма конструкции обогащает композицию фасадов и интерьера здания. Недостатком является сложность устройства утепления кровли. Характерным

примером складчатой сборно-монолитной железобетонной конструкции купола является покрытие Даниловского рынка в Москве (рис. 10).



Рис. 10 покрытие Даниловского рынка в Москве

Оболочки отрицательной гауссовой кривизны – гипары. Возможность использования покрытий с поверхностью отрицательной гауссовой кривизны привлекает строителей возможностями повышения устойчивости, обеспечения хороших акустических качеств за счет рассеяния отраженных звуковых волн, уменьшения строительного объема зданий по сравнению с покрытиями положительной кривизны при одинаковой стреле подъема, архитектурной выразительностью формы. Самой распространенной конструкцией среди оболочек отрицательной гауссовой кривизны является поверхность гиперболического параболоида. Она может быть образована прямыми линиями. Оболочки в форме гипаров создают распор, воспринимаемый преднапряжёнными затяжками или контурными рёбрами. Преимущества гипаров: равномерное распределение усилий по всей поверхности, пространственная жёсткость и устойчивость, возможность использования в качестве покрытий помещений разнообразных форм в плане (прямоугольной, овальной и др.), возможность применения конструктивных прямоугольных элементов (опалубки, арматуры), простота отвода

атмосферных вод. Гипары, возводимые из железобетонных элементов линейчатой поверхности, позволяют упростить опалубку и армирование конструкции. Гиперболические параболоиды позволяют создавать покрытия многообразных форм (рис.11).

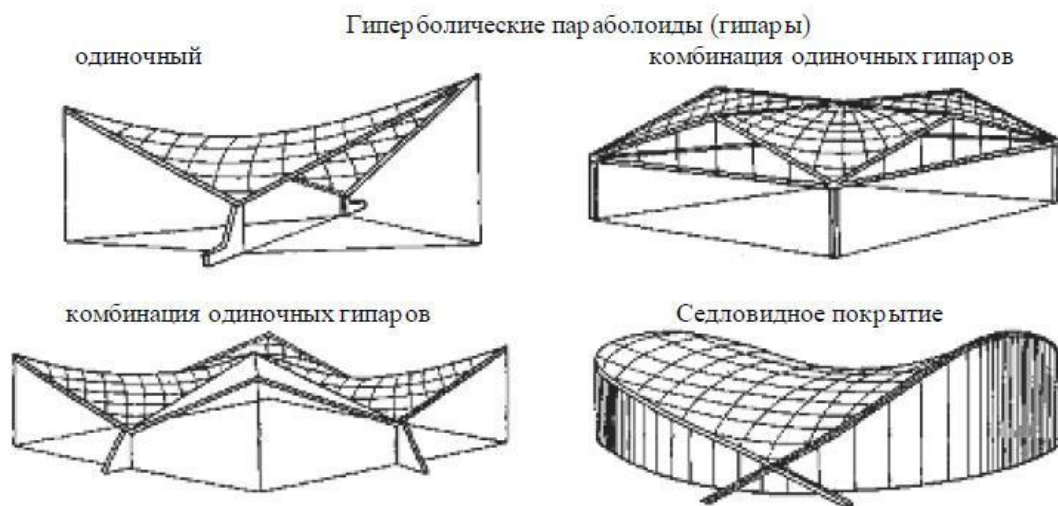


Рис. 11. Покрытие в виде гипара

Оболочки двоякой положительной кривизны. Тонкостенная оболочка двоякой положительной кривизны образуется путём перемещения кривой кругового, параболического очертания в двух направлениях. Оболочки предназначены для перекрытия планов, близких к квадратным. Оболочка опирается как бы на четыре угла, такое опирание ставит конструкцию в тяжелые условия работы. Во избежание этого контур оболочки опирают на жесткие поддерживающие конструкции – диафрагмы, роль которых выполняют арки, сегментные фермы, стены с закругленными фронтами. Диафрагмы не только поддерживают оболочку, но и работают с ней совместно, воспринимая усилия сдвига, развивающиеся в ней по контуру (рис. 12). В зависимости от соотношения стрелы подъема к перекрываемому пролету оболочки могут быть вспоруженными, пологими или образовывать парусный свод. При отношении стрелы подъема h к величине пролета 1:1 – вспоруженные; 1: 4 – пологие. Железобетонные пологие оболочки способны перекрывать помещения с прямоугольным планом, близким к квадрату, в

широком диапазоне – от 18 до 100 м. Широкое распространение в строительстве имеют сборно-монолитные конструкции оболочек. Плиты сборных оболочек имеют толщину от 3 до 5 см и усилены контурными и диагональными ребрами. Приведенная толщина покрытия колеблется в пределах 8 – 15 см.

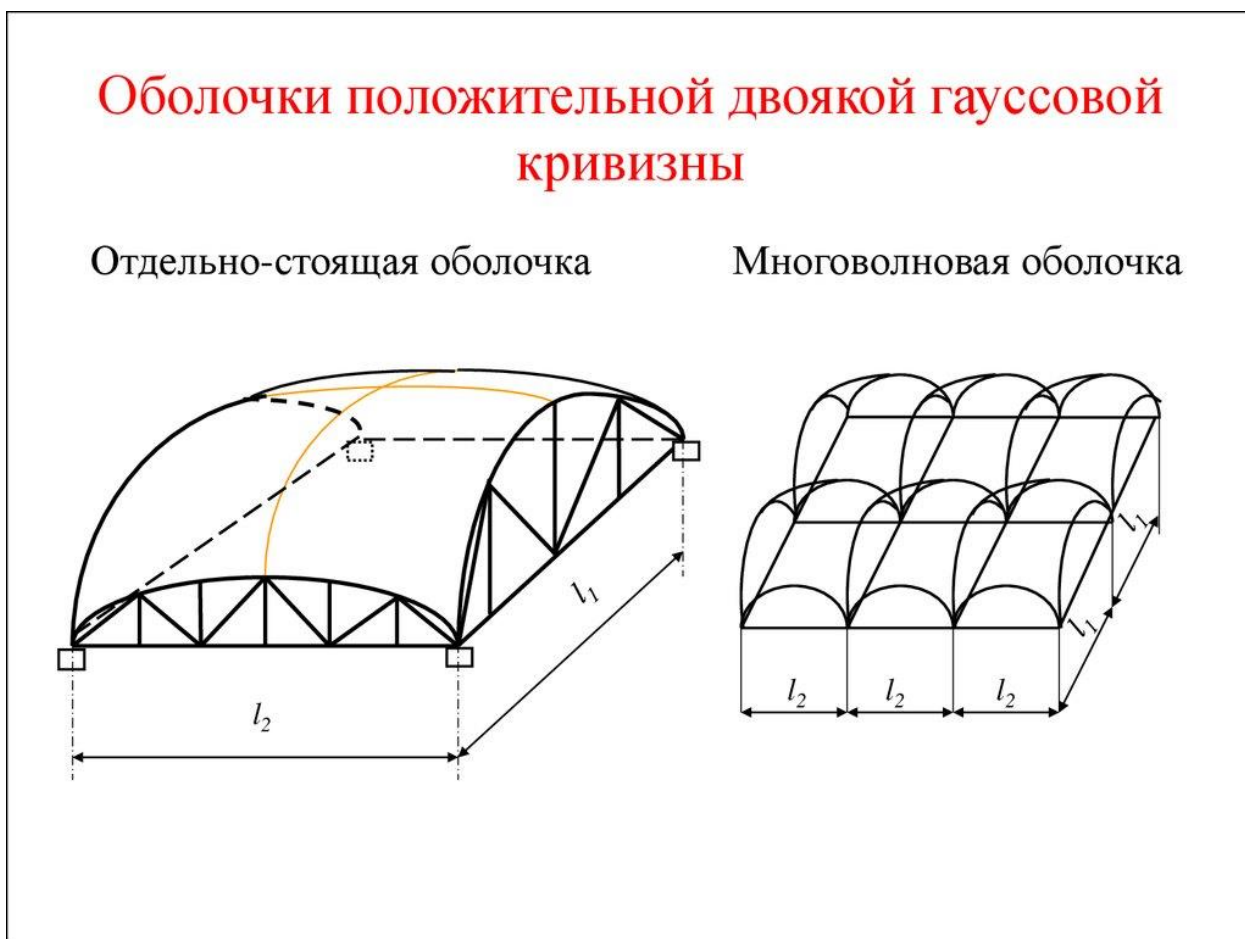


Рис.12. Общая схема оболочки двойкой положительной гауссовой кривизны

Задание на разработку покрытия выдается преподавателем. В задание входит вместимость зала, его назначение. Студент разрабатывает форму зала, пролет покрытия и схему и описание конструктивного решения покрытия.

Практическое занятие №4. Проектирование теплозащитной конструкции большепролетного покрытия для обеспечения энергоэффективности.

Цель занятия: освоить классификацию помещений театрально-зрелищного здания в соответствии с их функциональным назначением, научиться определять требуемые размеры и параметры этих помещений, получить навык формирования объемно-планировочного решения театрально-зрелищного здания.

Рекомендуемая литература:

1. СП 309.1325800.2017.1325800.2017 «Здания театрально-зрелищные. Правила проектирования»
2. Методическое пособие по проектированию театрально-зрелищных зданий. М: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. 2019. 101 С.
3. СП 59.13330.2020 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения».

1 этап. Анализ технического задания на проектирование.

Основанием для подготовки проектной документации на объект капитального строительства (к которому относится театрально-зрелищное учреждение) является техническое задание на проектирование (далее – ТЗ). В нём отражаются все главные особенности объекта строительства в том числе:

- Местоположение объекта;
- Требования к основным технико-экономическим показателям объекта (площадь, объем, протяженность, количество этажей и другие показатели);
- Требования к схеме планировочной организации земельного участка;
- Требования к архитектурно-художественным решениям;
- Требования к конструктивным и объемно-планировочным решениям;

Более подробный состав ТЗ см. приказ министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 1 марта 2018 года

№ 125/ПР «Об утверждении типовой формы задания на проектирование объекта капитального строительства и требований к его подготовке».

Центральным элементом любого театрально-зрелищного учреждения является зрительный зал. Его вместимость (кол-во стационарных и временных мест для зрителей) и назначение являются главными характеристиками всего учреждения, от которых будут зависеть требуемые размеры остальных помещений и тип самого театрально-зрелищного здания (драматический театр, театр оперы и балета, эстрадный концертный зал, кинотеатр и т.д. – см. табл. А1 СП 309.1325800.2017). Помимо назначения и вместимости зрительного зала, проектировщику необходимо знать группу комфортности проектируемого театрально-зрелищного здания (1 – высокая, 2 – средняя, 3 – нормальная – см. п. 4.6 СП 309.1325800.2017), которая также определяется ТЗ. В соответствии с выбранной группой комфортности назначаются требования к размерам помещений здания и их оборудованию.

Пусть в здании на проектирование указано, что необходимо разработать проект двухэтажного драматического театра с зрительным залом на 500 мест (средней вместимости – согласно табл. Б1 СП 309.1325800.2017) с бельэтажем 2-й группы комфортности. Число зрительских мест в партере – 300, в бельэтаже – 200. При зрительном зале предусмотреть кулуары. Тип сцены в зрительном зале – С4, без оркестровой ямы. В театре будет действовать постоянная труппа артистов в составе 34 человек, с комнатой отдыха на 8 человек.

2 этап. Состав помещений театрально-зрелищного здания, их классификация и объединение в функциональные блоки.

Прежде чем приступать к проработке объемно-планировочного решения, необходимо определить перечень помещений, которые должны быть предусмотрены в проекте. Театрально-зрелищное учреждение в самом развитом виде включает в себя огромный перечень помещений различного назначения. Для того, чтобы в процессе проектирования было легче ориентироваться в этом перечне, его разбивают на укрупненные группы, т.е. классифицируют все

помещения по функциональному признаку. Этот подход оправдан еще и тем, что функционально однородные и тесно связанные друг с другом помещения должны быть расположены в одной части плана здания и могут быть объединены в т.н. функциональные блоки (количество которых будет относительно невелико). Такой прием функционального зонирования характерен для общественных зданий.

При выполнении сложного проекта всегда необходимо идти от общего к частному. Так, в здании театра можно выделить две основные части: помещения зрительского комплекса и помещения для творческого и административно-хозяйственного персонала театра. На границе этих двух зон располагается зрительный зал – место, где зрители и актеры встречаются друг друга.

4.1. Помещения зрительского комплекса.

К комплексу помещений, обслуживающих зрителей, относятся: входная группа (кассовый вестибюль и кассы, входной вестибюль, распределительный вестибюль, гардеробная и камера хранения, бюро обслуживания, санузлы) и рекреационные помещения (фойе, кулуары, гостиные, курительные, буфет, кабинет оказания первой медицинской помощи, санузлы). Требования к площадям, размещению и размерам этих помещений приведены в разделе 6.1.1.1 и 6.3 СП 309.1325800.2017 и в разделе 6.1 Методического пособия, должны быть учтены требования СП 59. Также на плане должны быть предусмотрены как минимум 2 эвакуационные лестницы 1-го типа и один лифт для транспортировки МГН.

Определим для рассматриваемого задания площади помещений зрительного комплекса по табл. 1 и 2 СП 309.1325800.2017 (Таблица 1).

Таблица 1

Площади помещений зрительного комплекса

Помещение	Расчёт площади, м ²
Помещения входной группы	
Кассовый вестибюль	$0.05 \cdot 500 = 25$
Входной вестибюль	$0.1 \cdot 500 = 50$
Распределительный вестибюль	$0.3 \cdot 500 = 150$
Гардеробная	$0.1 \cdot 500 = 50$
Камера хранения	$0.05 \cdot 500 = 25$
Бюро обслуживания	$0.03 \cdot 500 = 15$
Санитарные узлы	$0.15 \cdot 500 = 75$
Рекреационные помещения	
Фойе, кулуары	$1.00 \cdot 500 = 500$
Курительные	$0.08 \cdot 500 = 40$
Кладовая при фойе	$0.03 \cdot 500 = 15$
Буфет	$0.4 \cdot 500 = 200$

Такие помещения, как с/у, фойе, кулуары и кладовая при фойе, курительные будут располагаться как на первом, так и на втором этаже. В таблице 1 указаны их суммарная площадь, которая будет распределяться между этажами пропорционально количеству зрительских мест.

Количество кассовых кабин должно быть не менее $500[\text{чел.}]/500[\text{чел./шт.}] = 1$ шт. Требуемое кол-во кассиров определяется согласно табл. 7 Приказа Министерства Культуры Российской Федерации от 30 декабря 2015 г. N 3448 «Об утверждении типовых отраслевых норм труда на работы, выполняемые в культурно-досуговых учреждениях и других организациях культурно-досугового типа»:

$$1.75 + 0.25 \cdot \left(\frac{500 - 250}{50} \right) = 3 \text{ чел.}$$

Минимальная площадь кассовой кабины составляет $5[\text{м}^2/\text{чел.}] \cdot 3[\text{чел.}] = 15 \text{ м}^2$.

Глубина гардероба от барьера до стены не должна превышать 4 м, ширина прохода для зрителей перед барьером должна быть не менее 3 м, а минимальная длина фронта гардеробной стойки составляет $500[\text{чел.}]/30[\text{чел./пог.м}] = 16.7$ пог.м.

Определим число санитарно-гигиенических приборов для посетителей по табл. М.1 СП 309.1325800.2017 (таблица 2). При этом согласно п. 6.3.2 СП 309.1325800.2017 для 1 этажа расчетное кол-во мужчин составляет $300/3=100$ чел., женщин $300-100=200$ чел., для 2-го этажа мужчин $200/3\approx 67$ чел., женщин $200-67=133$ чел.

Таблица 2

Число санитарно-гигиенических приборов для посетителей

Наименование прибора	Кол-во, шт.	Наименование прибора	Кол-во, шт.
Для мужчин			
1 этаж		2 этаж	
Унитазов	$100/55\approx 2$	Унитазов	$67/55\approx 2$
Писуаров	$100/70\approx 2$	Писуаров	$67/70\approx 1$
Умывальников	$2/4\approx 1$	Умывальников	$2/4\approx 1$
Для женщин			
1 этаж		2 этаж	
Унитазов	$200/28\approx 8$	Унитазов	$133/28\approx 5$
Умывальников	$8/2=4$	Умывальников	$5/2\approx 3$

Доля универсальных кабин для инвалидов в уборных и их габариты принимаются по СП 59. Так, согласно п. 6.3.2 СП 59 необходимо предусмотреть по 1-ой универсальной кабине на 1-ом и 2-ом этажах и по 1-ой доступной кабине в женском блоке туалетов на 1-ом и 2-ом этажах. Размеры универсальных кабин указаны в табл. 6.1 СП 59.

Минимальная ширина кулуаров – 2.4 м.

Минимальное число посадочных мест в буфете равно $500[\text{чел.}]/12[\text{чел./место}]\approx 42$ места. Длина стойки буфета – не менее 5 м.

Поскольку число посадочных мест в буфете превышает 20 шт., необходимо предусмотреть помещение разгрузочной с дебаркадером. Также в функциональный блок буфета должны входить помещения моечной и доготовочной, кладовой и тарной (могут располагаться как на первом, так и в подвальном/цокольном этаже), а также помещения для сотрудников буфета с санузлом.

После определения требований ко всем помещениям зрительского комплекса можно построить функциональную схему, отражающую связь этих помещений друг с другом и их взаимное расположение. В указанных выше разделах нормативных документов и справочной литературы дана информация в т.ч. и о возможных вариантах функциональных взаимосвязей между помещениями.

На рисунке 1 показана одна из возможных функциональных схем, построенная для рассматриваемого задания.

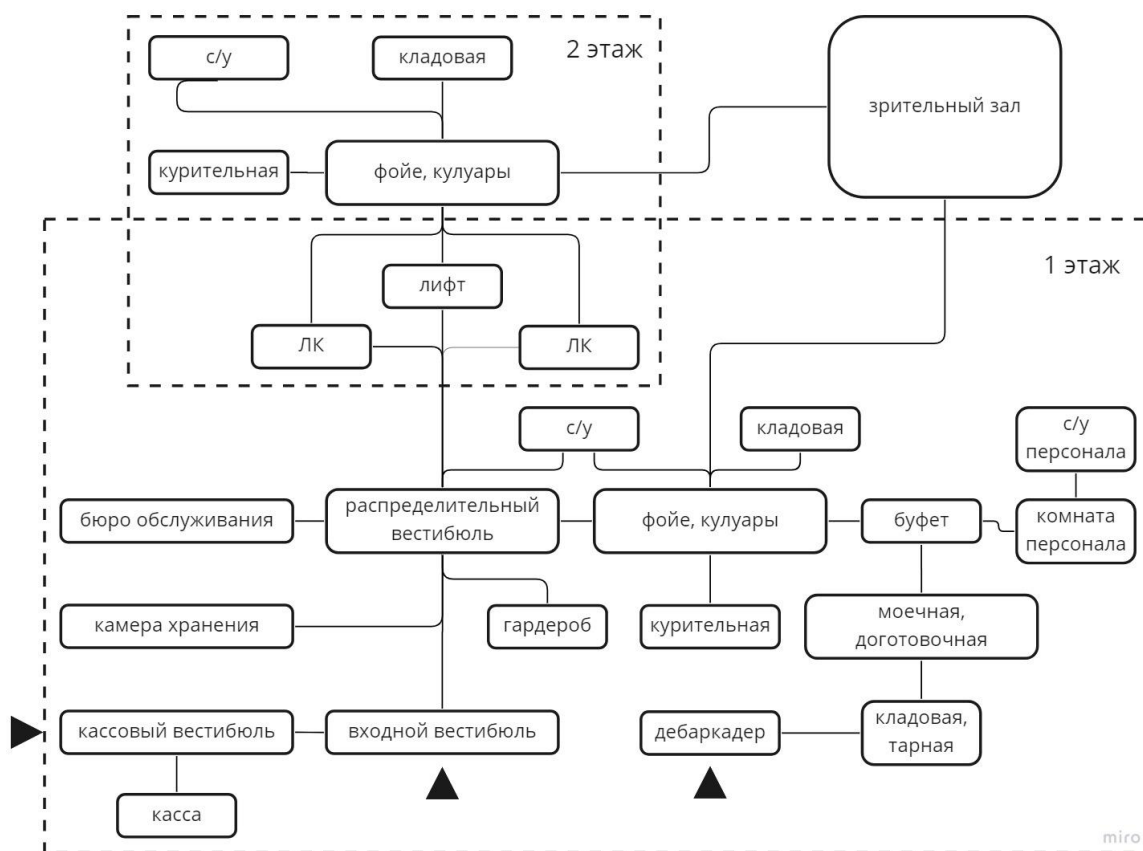


Рисунок 1. Функциональная схема зрительского комплекса помещений театра (прим.: ЛК – лестничная клетка)

4.2 Помещения для творческого и административно-хозяйственного персонала театра.

Комплекс помещений для артистов.

К комплексу помещений общих для артистов и обслуживающего и административного персонала относятся: служебный вестибюль с постом охраны, санузелом и гардеробной, буфет (технические помещения которого возможно совмещать с техническими помещениями буфета для зрителей), медицинский блок. Для артистов проектируются: помещения ожидания выхода на сцену (с артистическими уборными), дежурные гримерно-парикмахерские (мужские и женские), общая комната отдыха артистов, курительные, дежурные костюмерные, репетиционные.

Помещения выхода на сцену. В театрах всех жанров важно обеспечивать выход актеров на сцену с двух сторон: как на первый план сцены или авансцену при закрытом занавесе, так и на задний план сцены. Помещения ожидания выхода артистов на сцену следует размещать на отметке планшета сцены, с двух ее сторон. При данных помещениях следует предусматривать санузлы. Площадь помещения ожидания выхода на сцену определяется из расчета единовременного количества артистов при норме 2 м^2 на одного артиста в каждом помещении, но не менее 20 м^2 , при этом в драматических театрах каждое помещение ожидания выхода на сцену должно обеспечивает возможность пребывания от 10 до 15 исполнителей.

Пусть в задании на проектирование указано, что общее количество артистов, на которое должно быть рассчитано каждое из помещений выхода на сцену, составляет 12 человек, тогда площадь этих помещений будет равна $12 \cdot 2 = 24 \text{ м}^2$.

Артистические уборные. Артистических уборные подразделяются на индивидуальные, рассчитанные на одного исполнителя, групповые - от двух до шести человек и общие (массовые), вмещающие более шести артистов. Соотношение индивидуальных и групповых артистических в драматических и

театрах составляет около 1/3. Рекомендации по вместимости и кол-ву артистических уборных для театрально-зрелищных залов различного назначения представлены в таблице 3 методического пособия. Требуемая площадь артистических уборных определяется по таблице Д.2 СП 309.1325800.2017. В этой же таблице содержатся рекомендации по кол-ву сантехнических приборов, обслуживающих уборные.

Так, для рассматриваемого примера число и вместимость артистических уборных, а также их площадь и требуемое кол-во сантехприборов показаны в таблице 3.

Таблица 3

Артистические уборные

Число артистов	Число помещений					Всего
	Индивидуальных	Групповых на				
		2 чел.	3 чел.	4 чел.	6 чел.	
34	4	5	2	2	1	14
Площадь, м²:	12	2·8=16	3·6=18	4·5=20	6·4=24	228
Кол-во приборов:	2 на одну уборную	2 на одну уборную	1	1	2	

Дежурные гримерные и костюмерные. Мужские и женские дежурные костюмерные и гримерно-парикмахерские должны располагаться вблизи артистических уборных и по возможности ближе к комнатам ожидания выхода на сцену. Их площадь определяется по таблице Д.4 СП 309.1325800.2017.

Для рассматриваемого примера площадь дежурных-костюмерных (мужской и женской) составляет 25 м², дежурных гримерно-парикмахерских также 25 м².

Комната отдыха. Площадь общей комнаты отдыха для артистов следует определять из расчета единовременного числа человек, находящихся в ней, - по 4 м² на каждого, но не менее 20 м².

Примем площадь комнаты отдыха из расчета одновременного пребывания в ней 8 человек: $4 \cdot 8 = 32 \text{ м}^2$.

Репетиционные помещения. К репетиционным помещениям относятся: большой и малый репетиционные залы, а также помещения для индивидуальных занятий. Размеры, назначение и примерное число репетиционных залов в театрах определяется театральным жанром и размером сцены. Их следует принимать согласно СП 309.1325800.2017 (Приложение Е).

Размеры репетиционных залов для драматического театра со сценой «С-4» следующие:

- большой репетиционный зал – $9 \times 9 \times 5 \text{ м}$;
- малый репетиционный зал – $9 \times 6 \times 3,6 \text{ м}$;
- репетиционно-физкультурный зал – $18 \times 9 \times 6 \text{ м}$;
- универсальное репетиционное помещение – $5 \times 6 \text{ м}$;

При этом площади вспомогательных помещений при большом репетиционном зале принимаются:

- артистические уборные (не менее двух помещений) $30 - 50 \text{ м}^2$ (в эту площадь включаются места ожидания выхода на сцену, примыкающие к ней);
- уборные, курительные при артистических уборных $12 - 14 \text{ м}^2$;
- постановочные склады декораций, бутафории, мебели и реквизита, осветительной аппаратуры $40 - 80 \text{ м}^2$;

При малом репетиционном зале следует предусматривать инвентарную.

Складские помещения.

Склады постановочного имущества подразделяются на:

- дежурные, в которых предметы оформления хранятся в состоянии готовности к подаче на сцену;
- текущего сезона, в них содержится оформление всего репертуара данного театрального сезона отдельно по спектаклям;

- резервные, в них складировются декорации и реквизит редко идущих или снятых с репертуара спектаклей (рекомендуется располагать в отдельном корпусе на территории театра);
- светоаппаратная, звукоаппаратная, светопроекционная 30 - 60 м².

Складские помещения для театров различных жанров и концертных залов существенно различаются по составу и площадям. Их площади и размеры принимаются по СП 309.1325800 (приложение Ж).

Так, для сцены типа «С-4» принимаются следующие площади складских помещений (дежурных и текущего сезона): объемный и станковых декораций – 150 м², скатанных декораций – 40 м², бутафории, мебели, реквизита – 35 м² (дежурный) и 40 м² (текущего сезона), костюмов – 70 м².

Дежурные склады декораций, сценической электро-, звукотехнической аппаратуры, дежурный склад мебели, бутафории и реквизита следует размещать в непосредственной близости к сцене. Дежурные склады декораций наиболее целесообразно проектировать шириной 9 м при двухрядном хранении и шириной 6 м при однорядном хранении. Дежурные склады объемных и станковых декораций должны примыкать к сцене и карманам.

Сейф мягких скатанных декораций должен иметь ширину не менее 2,5 м если полки-консоли расположены в два ряда, и не менее 1,8 м - при их расположении в один ряд. Длина помещения сейфа должна быть равной 1,5 ширины игрового портала сцены. Размеры кассетного сейфа определяются заданием на проектирование; ширина такого сейфа зависит от ширины полок.

Площадь кладовой электроаппаратуры, обслуживающей сцену, 15-20 м².

Мастерские.

Современные мастерские драматических театров включают в себя до 12 отдельных подразделений (цехов): столярное, слесарное, бутафорское, монтажа станковых декораций, живописное, макетное, обойнодрапировочное, росписи

тканей, пошивочное, обувное, постирочное, красильное, пропиточное. Они группируются на мастерские по изготовлению:

- объемных декораций - столярная и слесарная, монтажная и бутафорская;
- мягких декораций - живописно-декорационная, росписи тканей, обойнодрапировочная, помещения макетной, красильной, приготовления красок;
- изготовления костюмов (обуви, париков) - пошивочная с примерочной и закройной, головных уборов и обувная, постирочная и сушильная, пропиточная, красильная, трикотажная, пастижерская.

При каждой группе мастерских предусматриваются помещения персонала и кладовые для хранения материалов. Размеры помещений для монтажа объемных и станковых декораций, а также живописно-декорационных мастерских следует принимать по приложению И СП 309.1325800.2017. Монтажная мастерская должна быть непосредственно связана со сценой через тамбур со звукоизоляцией, а также напрямую - с мастерскими, обеспечивающими монтаж декораций. Размеры монтажной связаны с размерами сцены. Рабочая зона представляет собой прямоугольник, одна из сторон которого равна диаметру, а другая радиусу вращающегося круга сцены (диаметр составляет 1,4 ширины игрового портала, но не менее 10 м). Вспомогательная зона располагается по одну из сторон и имеет ширину, равную или превышающую 2 м.

Так, для сцены типа «С4» размеры мастерских составляют:

- монтажа объёмных и станковых декораций – 11х7.5 м;
- живописно-декоративной – 23х9 м или 17х12 м (в зависимости от взаимного расположения на полу двух задников);

Служебно-административные помещения.

Состав и площади помещений художественного руководства артистическими труппами и технического персонала, обслуживающего сцену

при музыкальной и драматической труппах приведены в таблице К.1 СП 309.1325800.2017. Состав и площадь помещений административно-хозяйственного персонала приведены в таблице К.2 СП 309.1325800.2017.

Так, для драматического театра здания 2-го уровня комфорта принимается состав и площади служебно-административных помещений, приведенные в таблице 4.

Таблица 4

Состав и площади служебно-административных помещений

Наименование помещения	Площадь, м ²	Наименование помещения	Площадь, м ²
Помещения художественного руководства		Административно-хозяйственные помещения	
главного режиссера	25	кабинет директора	15
главного художника	15	приёмная	10
помощника главного режиссера	10	кабинет замдиректора	10
ассистента режиссера	12	технический отдел	15
инспектора сцены	12	комната инженеров по эксплуатации	10
заведующих труппой и репертуаром	12	кабинет главного инженера	10
заведующего литературной частью	15	кабинет завхоза	8
заведующего постановочной частью	15	пожарный пост	15
помещение постановочной части	15	насосная пожарного водоснабжения	12*
режиссерского управления	15	бухгалтерия	10
Помещения технического персонала, обслуживающего сцену		кабинет главного администратора	10
машиниста сцены	6	служебный вестибюль (отдельный от артистического)	30
заведующего освещением	6	комната главного механика	8

сцены			
заведующего монтировочной части	8	кладовая главного механика	20*
кладовая машиниста сцены	30	буфет работников театра	30
отдыха рабочих сцены	25	* - требуемая площадь определяется заданием на проектирование, исходя из номенклатуры и габаритов устанавливаемого в помещение оборудования	
заведующего слаботочным комплексом	6		
заведующего телевизионным комплексом	8		

Все описанные выше помещения теперь могут быть объединены в функциональную схему и распределены между 1-м (рисунок 2) и 2-м (рисунок 3) этажом. При подготовке функциональной схемы театрально-зрелищного здания очень полезно обратиться к более старой редакции пособия, в которой даны элементы этой схемы для различных групп помещений (см. Проектирование театров / Центр, н.-и. и проект. ин-т типового и эксперим. проектирования комплексов и зданий культуры, спорта и упр. им. Б.С.Мезенцева. — М.: Стройиздат, 1990. — 120 с.: ил. — (Справ, пособие к СНиП).

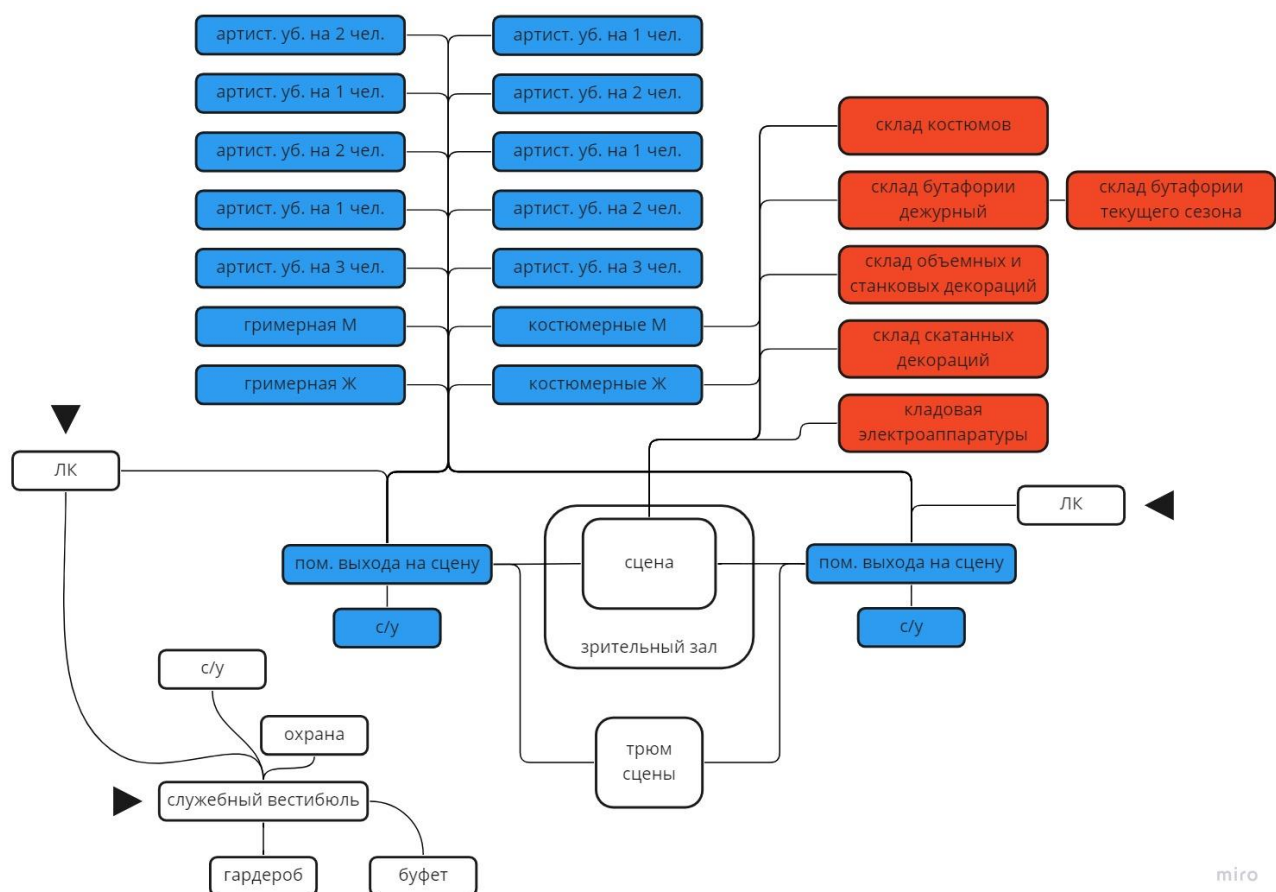


Рисунок 2. Функциональная схема служебных помещений на 1-м этаже

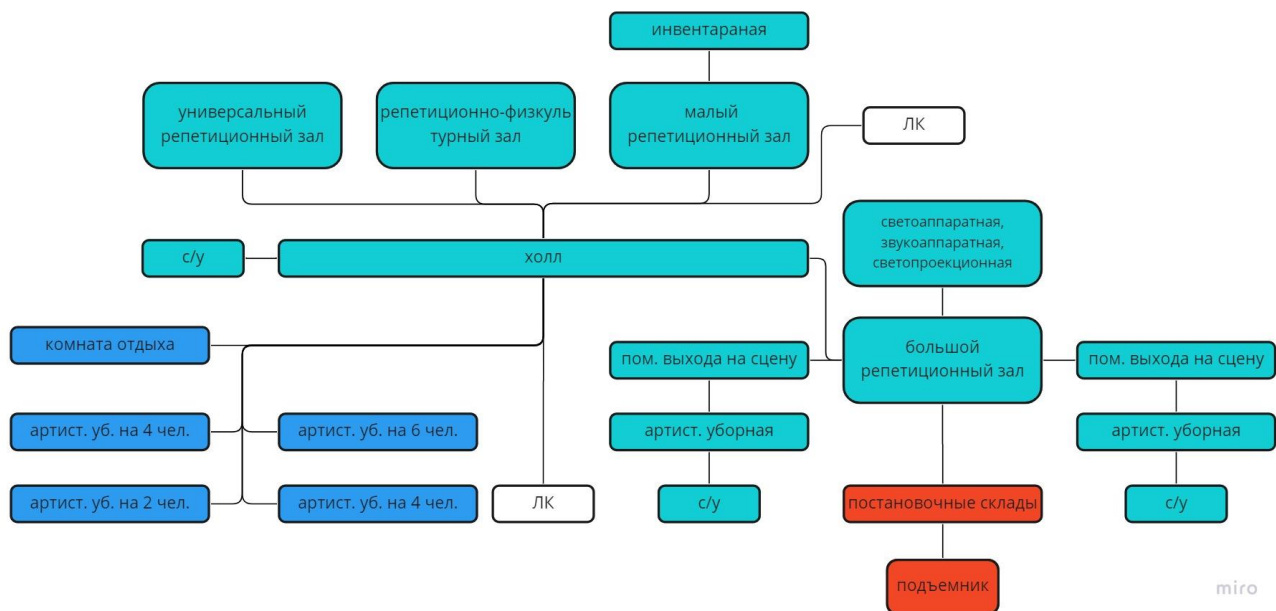


Рисунок 3. Функциональная схема служебных помещений на 2-м этаже

Практическое занятие №5. Проектирование «зеленой крыши».

В настоящее время существует большое количество различных печатных изданий, освещающих вопросы проектирования и устройства зеленых и эксплуатируемых крыш. Но, к сожалению, подавляющее большинство этих изданий, написанных в основном западными специалистами, не переведено на русский язык, что создает определенные трудности при их использовании российскими специалистами. Кроме того, стоит учесть, что западные источники информации рассматривают вопросы, касающиеся зеленых и эксплуатируемых крыш, в контексте ситуации тех стран, в которых они находятся. Таким образом, эта информация не может быть использована при проектировании и устройстве зеленых и эксплуатируемых крыш в нашей стране без тщательного анализа и согласования их положений с российскими нормативными документами и другими факторами, присущими нашим условиям жизни. На базе практического и теоретического опыта сотрудников службы технической поддержки Корпорации «Технониколь» с учетом имеющихся в нашей стране нормативов, регламентирующих проектирование и устройство крыш, а также наиболее популярных и используемых за рубежом стандартов разработан документ, включающий исчерпывающие рекомендации по проектированию «зеленых» крыш.

Наиболее частым аргументом в пользу устройства эксплуатируемых и зеленых крыш является их высокая функциональность по сравнению с традиционными типами крыш. Эксплуатируемые и зеленые крыши выполняют следующие функции.

Экологические и санитарно-гигиенические:

- улучшение качества воздуха;
- улучшение температурного режима в крупных городах;

- очищение и рациональное использование дождевой воды; • снижение уровня шума;

- экосистема для городских птиц и животных.

Архитектурно-градостроительные:

- улучшение внешнего облика зданий и сооружений;
- место отдыха для населения;
- место для парковки автотранспорта.

Экономические:

- продление срока службы гидроизоляционного покрытия;
- экономия энергии на отопление и кондиционирование;
- увеличение инвестиционной привлекательности строительства.

Отзыв Экологического Союза: «Зеленые крыши имеют очень большое значение не только с точки зрения жизни отдельного здания, но и с точки зрения здоровья городской среды в целом. Несмотря на то, что направление озеленения крыш достаточно свежо для России, оно тесно взаимосвязано с активно развивающимся направлением экологического строительства. Так, стандарты зеленого строительства по всему миру рекомендуют озеленение крыш и учитывают применение этих технологий при выдаче экосертификата на здание». Качество вдыхаемого нами воздуха является одним из ключевых факторов, определяющих наше самочувствие, здоровье и долголетие. К сожалению, современные темпы и методы строительства, увеличение мощностей промышленного производства, расширение территории городов, увеличение количества автомобильного транспорта и другие факторы отрицательно влияют на качество воздуха, способствуя его загрязнению различными вредными веществами. Устройство зеленых крыш является одним из вариантов решения задачи очищения воздуха в городах и промышленных центрах. Растения, высаженные на зеленых крышах,

нейтрализуют многие вредные вещества и примеси, содержащиеся в воздухе, они поглощают углекислый газ и обогащают воздух кислородом.

Значительная часть осадков, выпадающих в городах и промышленных центрах, содержит большое количество различных веществ и примесей, смытых с поверхности различных искусственных сооружений. Далее эта дождевая вода через системы канализации попадает в реки, ручьи, озера и другие естественные водные источники, что сказывается на качестве воды и ее пригодности для дальнейшего использования. Благодаря наличию вегетативного слоя зеленые крыши задерживают значительную долю дождевых осадков, часть которых затем используется для нормального роста растений, а другая часть испаряется, что способствует естественному круговороту воды в природе. Помимо водоудерживающего эффекта, вегетативный слой является естественным фильтром, который поглощает различные вещества и примеси, содержащиеся в дождевой воде. Все это в конечном итоге приводит к снижению нагрузки на системы канализации, а также к повышению качества воды, попадающей в естественные водные источники из систем водоотведения.

Еще одной проблемой, которая может быть частично решена с помощью зеленых крыш, является так называемый эффект «острова тепла». Данное явление наблюдается в крупных городах и промышленно-развитых центрах, где температура воздуха в течение года на несколько градусов выше, чем на прилегающих сельских территориях. Эффект «острова тепла» на урбанизированных территориях объясняется сильным изменением естественных природных ландшафтов и использованием в строительстве материалов, которые не отражают тепло солнечного излучения, а поглощают его. Общее повышение температуры в мегаполисах негативно сказывается на состоянии окружающей среды прилегающих территорий и экосистем водоемов, здоровье людей и животных. Применение зеленых крыш позволяет снизить температуру воздуха, так как их поверхности обладают более

высоким альбедо, чем поверхность традиционных крыш. Кроме того, вегетативный слой понижает температуру дождевой воды, тем самым понижая и общую температуру водоемов, в которые попадает эта вода.

Многослойная конструкция зеленых и эксплуатируемых крыш, за счет своих звукопоглощающих свойств, способствует снижению уровня шума и повышению комфортности в помещениях верхних этажей зданий и сооружений.

Современные методы и темпы строительства в городах и промышленных центрах разрушают естественные экосистемы и практически не оставляют шансов для выживания обитающих в них птиц и животных. Зеленые крыши позволяют частично восстановить отобранные у природы территории, тем самым способствуя сохранению биоразнообразия мегаполисов.

Возможность устройства эксплуатируемых и зеленых крыш позволяет применять многочисленные приемы ландшафтного дизайна не только на уровне земли, но и на вышележащих уровнях строительства. Озеленение и благоустройство крыш являются отличными решениями для градостроителей и архитекторов, которые позволяют увеличить функциональность зданий и сооружений и выделить их на фоне городского пейзажа.

В условиях плотной городской застройки и высокой стоимости земельных участков эксплуатируемые и зеленые крыши могут служить отличным местом для отдыха населения.

Последние данные, полученные на основании испытания кровельных материалов серии Техноэласт, применяемых фирмой «Технониколь», на стойкость к химически агрессивным средам, показывают, что потенциальный срок службы кровельного покрытия, защищенного от воздействия ультрафиолета и механических повреждений, превышает 60 лет.

Зеленые и эксплуатируемые крыши защищают помещения верхних этажей зданий и сооружений от воздействия экстремальных температур. За счет своих теплоизоляционных свойств они способствуют сохранению тепла внутри помещений в холодный период, а в жаркие дни препятствуют сильному нагреванию воздуха в них. Это позволяет уменьшить затраты энергии на отопление зимой и кондиционирование летом.

Вышеперечисленные преимущества зеленых и эксплуатируемых крыш по сравнению с традиционными видами крыш позволяют увеличить инвестиционную привлекательность строительства зданий и сооружений, на которых они применяются.

5.1. Виды зеленых крыш и варианты конструктивных решений

В данном разделе рассматривается классификация зеленых крыш:

- зеленые крыши с применением легкого озеленения;
- зеленые крыши с применением интенсивного озеленения.

При разработке конструктивных решений для эксплуатируемых и зеленых крыш в качестве основной системы была принята инверсионная система устройства плоских крыш. В отличие от традиционной эта система предусматривает устройство теплоизоляционного слоя поверх гидроизоляции. Это возможно при использовании в качестве утеплителя материала, обладающего низким водопоглощением, и устойчивого к длительному воздействию влаги. Таким материалом является экструзионный пенополистирол.

Применение инверсионных систем устройства крыш дает следующие преимущества:

- увеличение долговечности гидроизоляционного слоя, который надежно защищен от воздействия основных неблагоприятных факторов:

высоких и низких температур, резких температурных перепадов, солнечного излучения, механических нагрузок;

- экономия на пароизоляционном слое;
- возможность укладки теплоизоляционных материалов и вышележащих слоев крыши при неблагоприятных погодных условиях;
- применение единой инверсионной системы позволяет легко комбинировать разные виды эксплуатируемых и зеленых крыш при проектировании и строительстве.

Зеленые крыши с применением легкого озеленения. Данный вид зеленых крыш является наиболее распространенным. Конструкция крыши, не требующая сложного технического обслуживания, позволяет применять ее на зданиях и сооружениях различного назначения. Пример этого вида изображен на рис. 1.



Рис. 1. Система ТН-КРОВЛЯ Грин.

Эксплуатируемые крыши с применением интенсивного озеленения. Этот вид крыш используется как отдельно, так и совместно с различными

видами эксплуатируемых крыш при новом строительстве современных многофункциональных комплексов с целью эффективного и эстетического использования площади крыши, например, как дополнительного места для отдыха. Крыши с интенсивным озеленением требуют постоянного профессионального технического обслуживания.

Несущим основанием для эксплуатируемых и зеленых крыш могут служить пустотные или ребристые плиты перекрытий, а также перекрытия из монолитного железобетона. Для обеспечения быстрого отвода воды с поверхности гидроизоляционного слоя эксплуатируемых и зеленых крыш необходимо предусмотреть устройство уклонов основания, на которое укладывается кровельный ковер. Уклоны основания под кровельный ковер эксплуатируемых и зеленых крыш должны составлять 1,5-3,0% в соответствии с табл. 1 СП 17.13330.2011. При уклонах менее 1,5% существует вероятность застоя воды на крыше, что может привести к ее заболачиванию и гибели высаженных растений. При увеличении уклонов уменьшается водоудерживающая способность крыши. Это требует применения материалов с увеличенными водоудерживающими характеристиками либо использования растений, устойчивых к меньшему количеству влаги. Кроме того, при больших уклонах крыш может возникнуть необходимость в дополнительных мероприятиях, предотвращающих сдвиг слоев крыши.

Варианты создания уклонов для эксплуатируемых и зеленых крыш:

- 1) С помощью несущих конструкций крыши. Это оптимальный вариант, который может быть использован для всех видов крыш.
- 2) Уклонообразующий слой из керамзитобетона с устройством по нему армированной цементно-песчаной стяжки. Этот вариант подходит для зеленых крыш и эксплуатируемых крыш под пешеходную нагрузку, где предусмотрена высокая нагрузка на несущие конструкции крыши.

- 3) Уклонообразующий слой из бетонной смеси. Данный вариант устройства уклонов предусмотрен для эксплуатируемых крыш под автомобильную нагрузку. Основанием под водоизоляционный ковер могут служить ровные поверхности железобетонных несущих плит, швы между которыми заделаны цементно-песчаным раствором марки не ниже 100 или бетоном класса не ниже В 7,5;
- 4) С помощью выравнивающих монолитных стяжек из цементно-песчаного раствора и асфальтобетона. В выравнивающих стяжках должны быть предусмотрены температурно-усадочные швы шириной до 10 мм, разделяющие стяжку из цементно-песчаного раствора на участки размером не более 6 х 6 м, а из песчаного асфальтобетона — на участки не более 4 х 4 м. В холодных покрытиях с несущими плитами длиной 6 м эти участки должны быть 3 х 3 м. Швы должны совпадать с торцевыми швами несущих плит сборных железобетонных оснований. По температурно-усадочным швам должна быть предусмотрена укладка полосок-компенсаторов шириной 150-200 мм из рулонных материалов с приклейкой по обеим кромкам на ширину около 50 мм.

Для устройства гидроизоляционного слоя эксплуатируемых крыш применяется рулонный битумно-полимерный материал Техноэласт ЭПП, который укладывается в два слоя. Для устройства гидроизоляции зеленых крыш применяется рулонный битумно-полимерный материал Техноэласт ЭПП, который используется в качестве нижнего слоя кровельного ковра, и битумно-полимерный материал Техноэласт ГРИН для устройства верхнего слоя кровельного ковра. В качестве альтернативного варианта вместо Техноэласта ЭПП может быть применен один из следующих материалов: • Техноэласт ЭМП5,5 (ТУ 5774-003-00287852-99); • Техноэласт МОСТ Б (ТУ 5774-004-17925162-2003).

5.2. Защита от проникновения корней растений

Функцию защиты от проникновения корней растений выполняет битумно-полимерный материал Техноэласт ГРИН. Нанесенная с верхней стороны материала толстая полимерная пленка является защитой от механического повреждения водоизоляционного слоя корнями растений. Наличие специального вещества, равномерно распределенного в битумно-полимерном вяжущем материале Техноэласт ГРИН, приводит к тому, что корни растений стелются по слою гидроизоляции, не повреждая его. При этом данное вещество не оказывает угнетающего воздействия на корневую систему растений и не уменьшает их жизненный цикл.

Разделительный слой. В качестве разделительного слоя между кровельным ковром и теплоизоляцией используется иглопробивной геотекстиль ТехноНИКОЛЬ плотностью 300 г/м². Данный материал препятствует застаиванию воды на поверхности гидроизоляционного слоя. В качестве разделительного слоя между дренажным слоем, теплоизоляцией и растительным субстратом используется термоскрепленный геотекстиль ТехноНИКОЛЬ плотностью 150 г/м². Данный материал не заиливается и препятствует смыванию частиц растительного субстрата в водостоки.

При устройстве теплоизоляции применяется:

- экструзионный пенополистирол XPS CARBON 30-280 СТАНДАРТ или XPS CARBON 35-300 — для зеленых и эксплуатируемых крыш под тротуарную нагрузку;
- экструзионный пенополистирол XPS CARBON 45-500 — для эксплуатируемых крыш под автомобильную нагрузку.

Толщина теплоизоляционного слоя принимается на основании теплотехнического расчета в соответствии с требованиями СП 50.13330.2010 «Тепловая защита зданий». Расчетные параметры для окружающей среды для различных регионов принимаются по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология». Расчетные параметры внутреннего воздуха принимаются по

ГОСТ12.1.005-88 «ССБТ. Плиты из экструзионного пенополистирола в инверсионных крышах рекомендуется укладывать в один слой или в два слоя с соединением в паз (шпонку) для предотвращения накопления просочившейся с поверхности крыши воды между слоями теплоизоляции. Этот тонкий слой воды блокирует испарение влаги с поверхности нижележащего гидроизоляционного слоя, способствуя ее накоплению в конструкции кровельного пирога. Это может привести к потере теплоизолирующих свойств экструзионного пенополистирола из-за частичного поглощения им оставшейся влаги. При укладке теплоизоляционных плит в два слоя толщина верхнего слоя должна быть не меньше толщины нижнего слоя теплоизоляции. Данное условие необходимо выполнять для того, чтобы поверхность соприкосновения верхнего и нижнего слоев теплоизоляции находилась ниже «точки росы» («точка росы» обычно находится в верхней трети слоя теплоизоляции). В противном случае не исключено замерзание воды, находящейся между слоями теплоизоляционных плит.

В качестве дренажного слоя эксплуатируемых и зеленых крыш может использоваться:

- гравий, фракцией 10-20 мм, уложенный между двумя слоями термоскрепленного геотекстиля. Минимальная толщина слоя гравия — 40 мм. Геотекстиль выполняет функции разделительного, укрепляющего и фильтрующего слоя;
- профилированные мембраны PLANTER из полиэтилена высокой плотности, уложенные между двумя слоями термоскрепленного геотекстиля. Геотекстиль выполняет функции разделительного, укрепляющего и фильтрующего слоя. Такой вариант подходит для зданий с ограничением возможной толщины кровельного пирога и (или) нагрузок на несущие конструкции крыши;

- комбинация из профилированной мембраны PLANTER и слоя гравия. Выбор конкретного варианта дренажа и высота ячеек профилированной мембраны PLANTER зависит от количества дренируемой воды и типа озеленения кровли.

Для удаления воды с поверхности эксплуатируемых и зеленых крыш предусматривается устройство системы внутреннего организованного водоотвода. В системах водоотведения зеленых и эксплуатируемых крыш используются многоуровневые воронки, обеспечивающие отвод воды не только с поверхности крыши, но и с уровня дренажного слоя и водоизоляционного ковра (рис. 3).



Рис. 2. Многоуровневая воронка.

Ось воронки должна находиться на расстоянии не менее 600 мм от парапета и других выступающих над крышей частей зданий. Чаши водосточных воронок должны быть прикреплены к несущему основанию крыши и соединены со стояками через компенсаторы. В местах пропуска через крышу воронок внутреннего водостока предусматривают понижение на 15-20 мм в радиусе 0,5-1,0 м от уровня водоизоляционного ковра и водоприемной чаши. Соединение водоизоляционного ковра с воронкой

может быть предусмотрено при помощи съемного или несъемного фланца либо интегрированного соединительного фартука, при этом последний должен быть совместимым с материалом водоизоляционного ковра. Присоединение воронок, установленных по обеим сторонам деформационного шва, к одному стояку или к общей подвесной линии допускается предусматривать при условии обязательного устройства компенсационных стыков. Не допускается установка водоприемных воронок над стенами. Не допускается установка водосточных стояков внутри стен. Водостоки должны быть защищены от засорения листво- или гравиеуловителями, а на эксплуатируемых крышах-террасах над воронками и лотками предусматривают съемные дренажные (ревизионные) решетки. На крышах с чердаком и в покрытиях с вентилируемыми воздушными каналами приемные патрубки водосточных воронок и охлаждаемые участки водостоков должны быть теплоизолированы и обогреваемы. Вокруг водоприемных воронок необходимо предусмотреть гравийную отсыпку шириной 250 мм из гравия фракции 5-20 мм и маркой по морозостойкости не менее 100, уложенного на геотекстиль.

Архитектурно-строительные детали (узлы). Наиболее сложными участками крыш являются места примыканий горизонтальной поверхности крыши к вертикальной поверхности выступающих элементов: парапетам, трубам, вентиляционным и дымовым шахтам, антеннам и пр. Архитектурностроительные чертежи узлов примыканий приведены в материалах ТехноНИКОЛЬ. В этих материалах рассмотрены общие вопросы проектирования следующих наиболее характерных узлов эксплуатируемых и зеленых крыш:

- примыкания к парапетам и выступающим конструкциям крыши;
- температурно-деформационные швы.
- примыкания к стенам, парапетам, выступающим конструкциям крыши.

Вертикальные поверхности конструкций, выступающих над крышей и выполненных из штучных материалов (кирпича, пенобетонных блоков и т. д.), должны быть оштукатурены цементно-песчаным раствором М150 на высоту заведения края кровельного ковра, но не менее чем на 300 мм выше поверхности крыши. В местах примыканий горизонтальной поверхности эксплуатируемых и зеленых крыш к стенам, парапетам и другим выступающим конструкциям следует предусмотреть защиту кровельного ковра от различных воздействий (УФ-излучения, механических повреждений и пр.).

При интенсивной эксплуатации крыш примыкания следует защищать вертикальной или угловой стенкой с горизонтальным участком шириной от 250 до 500 мм из сборных железобетонных плит из бетона класса по прочности на сжатие не менее В15 и маркой по морозостойкости не менее F150, толщиной не менее 50 мм или монолитной железобетонной стенкой с горизонтальным участком при тех же характеристиках бетона и толщиной стенки не менее 60 мм. Защитная стенка может быть выполнена с помощью кирпичной кладки толщиной 250 мм. Между защитной стенкой и защитным покрытием эксплуатируемой крыши следует выполнять деформационный шов шириной от 5 до 20 мм с уплотнением герметиком на расстоянии от 250 до 500 мм от примыкания. Высота защитной стенки — на всю высоту парапета, а при примыкании к стене — на высоту не менее 250 мм. Металлический лист, укладываемый по верху парапета, или парапетная плита должны перекрывать парапет и защитную стенку. При примыкании к стене по верху защитной стенки следует устанавливать металлический лист.

В других случаях примыкания следует защищать с помощью металлических элементов.

В качестве материала верхнего слоя гидроизоляционного ковра на примыканиях, в случае если конструкция примыкания не подразумевает

защиты кровельного материала от воздействия солнечных лучей, применяют материал с крупнозернистой посыпкой Техноэласт Грин ЭКП — для зеленой кровли или Техноэласт ЭКП — для эксплуатируемой кровли. Материал заводят на вертикальную стенку на 300 мм выше верхней поверхности крыши. Высота примыкания крыши у дверей выхода на покрытие (крышу) должна быть не менее 150 мм от поверхности водоизоляционного ковра, защитных слоев или грунта озелененной крыши. Водоизоляционный ковер следует подводить под плиту порога, имеющую свес не менее 50 мм. Допускается заведение кровельного ковра под металлический лист, уложенный на всю толщину стены под дверную коробку. В местах примыканий горизонтальной поверхности эксплуатируемых и зеленых крыш к порогу выхода на крышу следует предусмотреть защиту кровельного ковра от различных воздействий.

Деформационные швы на крыше выполняют над деформационными швами здания. Чтобы снизить вероятность протечки через деформационный шов, необходимо сформировать уклоны.

Растительный субстрат. В качестве растительного субстрата используются специально подобранные смеси на основе минеральных и органических наполнителей, обеспечивающих необходимые условия для жизнедеятельности растений, высаживаемых на зеленых крышах. Состав растительного субстрата зависит от видов высаживаемых растений. Растительный субстрат должен снабжать растения необходимыми питательными веществами и водой, обладать влаго- и воздухопроницаемостью, требуемым показателем кислотности (рН), должен быть очищен от семян сорняков, вредителей, возбудителей болезней, токсичных веществ, должен быть устойчив к сложным погодным условиям (промерзанию, засухе, переувлажнению, выветриванию) и т. д. Толщина растительного субстрата составляет:

- для зеленых крыш с легким озеленением от 30 до 150 мм;

- для зеленых крыш с интенсивным озеленением более 150 мм.

Более подробная информация о растительных субстратах содержится в руководстве по зеленым крышам, разработанном немецким Обществом по ландшафтному развитию и строительству (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.). Кроме того, для получения необходимой информации можно обратиться к производителям растительных субстратов.

Водоудерживающий слой зеленых крыш обеспечивает сохранение влаги, необходимой для жизнедеятельности растений. Эту функцию наряду с функцией дренажа выполняет профилированная мембрана из полиэтилена высокой плотности, уложенная между двумя слоями термоскрепленного геотекстиля. Мембрана имеет профиль в виде усеченных конусов, в которых скапливается влага. Излишек влаги проходит через отверстия, расположенные на верхней поверхности мембраны, и удаляется в водоприемные воронки.

Использование модульных систем озеленения. Широкое применение при устройстве зеленых крыш находят модульные системы озеленения. Они особенно актуальны для крыш с легким озеленением. Эти системы состоят из отдельных пластиковых или металлических контейнеров, которые заполнены растительным субстратом с высаженными растениями. Применение модульных систем озеленения позволяет:

- облегчить производство работ при устройстве вегетативного слоя крыш;
- получать легкий доступ к поверхности крыши для ее ремонта;
- устраивать зеленые крыши в любое время года;
- легко заменять вышедшие из строя модули (Рис.3)

При проектировании зеленых крыш необходимо обратить внимание на потребность растений в воде. Для крыш с легким озеленением необходимое

количество воды растения получают из выпадающих осадков, но следует также предусмотреть возможность полива растений в случае длительных периодов засухи. Для этого можно:

- установить на крыше специальные емкости, имеющие пополняемый запас воды, например, собирающие дождевую воду;
- предусмотреть установку на крыше водопроводного крана.



Рис. 3. Модульный субстрат

При проектировании крыш с интенсивным озеленением существует необходимость в устройстве специальных оросительных систем.

Практическое занятие №6. Расчет инсоляции общественного здания.

Содержание занятия: Расчет по обеспечению продолжительности инсоляции помещений общественных зданий в соответствии с нормативными документами. Проектирование солнцезащитных устройств общественных зданий.

Задание: Ознакомиться с методикой расчета. Рассмотреть характерные случаи расчетов инсоляции в помещениях общественных зданий и на их территориях. Сделать выводы о соответствии нормативной продолжительности инсоляции нормативным требованиям.

Инсоляция – это проникновение прямых солнечных лучей в помещение. В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1. 1076-01 нормируемая продолжительность инсоляции в часах устанавливается на определенные календарные периоды года с учетом широты местности.

- северная зона (севернее 58°с.ш.) – с 22.04 по 22.08 не менее 2.5 часов в день.
- центральная зона (58°с.ш. – 48°с.ш.) – с 22.03 по 22.09 не менее 2.0 часов в день.
- южная зона (южнее 48°с.ш.) - с 22.02 по 22.10 не менее 1.5. часа в день.

В общественных зданиях инсоляция нормируется в детских дошкольных учреждениях (ДДУ) – в групповых, игровых, изоляторах и в палатах, в учебных зданиях школ, ПТУ – в классах, учебных кабинетах, в лечебно профилактических учреждениях (ЛПУ) – в палатах (не менее 60% общей численности), в учреждениях социального обеспечения – в палатах, изоляторах.

На территориях групповых площадок ДДУ, спортивных зон, зон отдыха школ, в том числе школ – интернатов, зон отдыха ЛПУ стационарного типа

продолжительность инсоляции должна составлять не менее 3-х часов в день на 50% площади участка независимо от географической широты.

Расчет продолжительности инсоляции основан на астрономических закономерностях движения солнца и производится по солнечным картам и инсограммам. Расчет по солнечным картам основан на построении теневой маски окна помещения и теневых масок противостоящих зданий. Продолжительность инсоляции определяется по свободным от теневых масок участкам проекции траектории движения солнца на солнечной карте. Пример такого расчета приведен на рис.1. и подробно освещен в лекционном курсе.

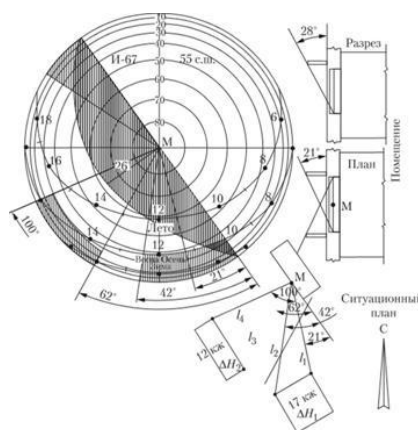


Рис.1. Расчет продолжительности инсоляции по солнечной карте.

На рис.1 справа показаны теневые углы окна – вертикальный на разрезе окна и горизонтальный на плане окна. Расчетная точка показана на подоконнике в центре окна. Положение расчетной точки по ширине окна (в плане) может быть в любом месте, но оно должно быть обязательно с внутренней стороны окна на подоконнике. Справа внизу показаны контуры затеняющих противостоящих зданий и затеняемое здание, в котором расположена расчетная точка. Маски противостоящих зданий наносятся на солнечную карту. При этом горизонтальные углы масок показаны на рис.1 а вертикальные углы рассчитываются по тангенсам углов превышений парапетов или карнизов противостоящих зданий над расчетной точкой и

соответствующими расстояниями по горизонтали от углов этих зданий до расчетной точки. Более подробно рассмотрим случаи расчета продолжительности инсоляции с помощью инсографика.

Инсографик или инсоляционная линейка (ИЛ).

ИЛ – проекция модели видимой траектории падения солнечных лучей на горизонтальную плоскость. На ИЛ нанесены временная и высотная шкалы (см. рис.2). Временная шкала – это радиальные линии, соответствующие азимутальным углам положения солнца в течение дня в определенные моменты времени. В зависимости от точности они могут быть проведены через 10, 15 или 30 минут. На линиях, соответствующих часовым интервалам нанесены время и угловые высоты солнца. Точка схода этих линий как центр графика совмещается с расчетной точкой и соответственно является нулевой отметкой высотной шкалы. Инсографик строится по солнечному времени и поэтому не совпадает с поясным временем в конкретном населенном пункте. Об этом рассказывалось в лекционном курсе.

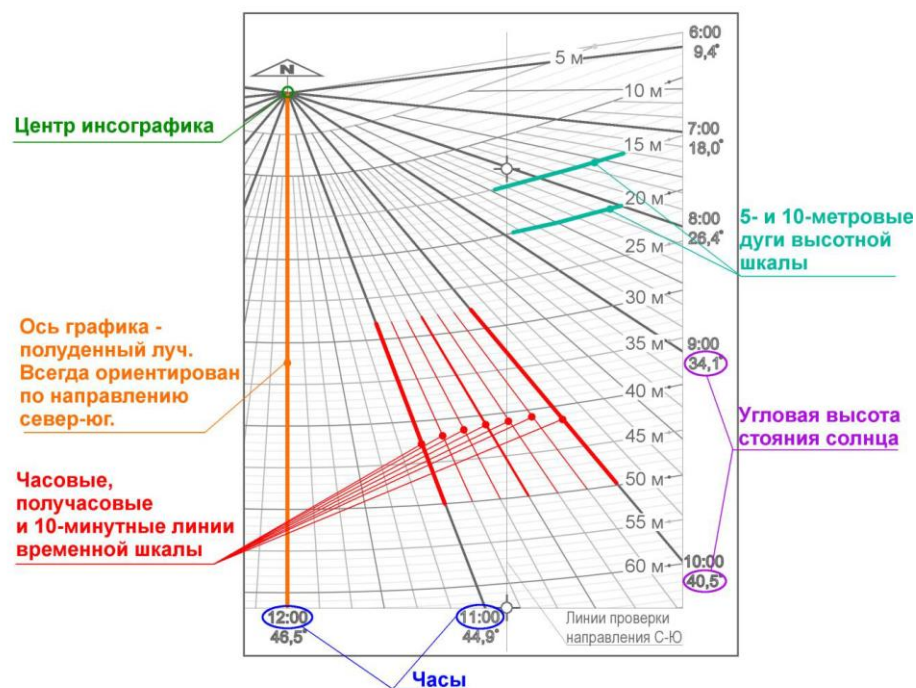


Рис. 2. Элементы инсографика. ИЛ симметрична относительно линии 12 часов.

ИЛ строят на определенную пару дат в зависимости от географической зоны, северной, центральной или южной и для определенной географической широты. В работе использована ИЛ, построенная на 22 апреля – 22 августа для 55°с.ш., применяющаяся для расчетов в Москве и Московской области. Важно, чтобы ИЛ была построена для масштаба генплана. Обычно ИЛ строятся для применения совместно с геоподосновой М. 1:500 или с ситуационным планом М.1:2000. Несоответствие масштабов ИЛ и генплана приводит к некорректному прочтению высотной шкалы, обозначенной на ИЛ кривыми или прямыми линиями. Линия 12 часов дня должна быть строго ориентировании на север – юг. Ошибки могут возникнуть при совмещении ИЛ и генплана при работе с персональным компьютером когда ИЛ и генплан были сканированы отдельно.

Учитывая, что в масштабе 1:500, не говоря уже о ситуационном плане в М.1:2000, точное положение теневых углов определить практически невозможно, это следует делать на вспомогательном чертеже фрагментов разреза и плана помещения в масштабе 1:50. Чтобы графически построенный

теневого угла окна в плане определить в часах и минутах, план помещения следует совместить с ИЛ так, чтобы ориентация фасада с окном совпадала с таковой на генплане. На рис.3 показано совмещение ИЛ и плана помещения с окном при северной ориентации окна. При такой критической ориентации расчетную точку принимаем в левом углу окна. При этом 22 апреля солнце внутри помещения РП 1 будет находиться с 6 до 7 часов утра, что не соответствует требованиям норм.

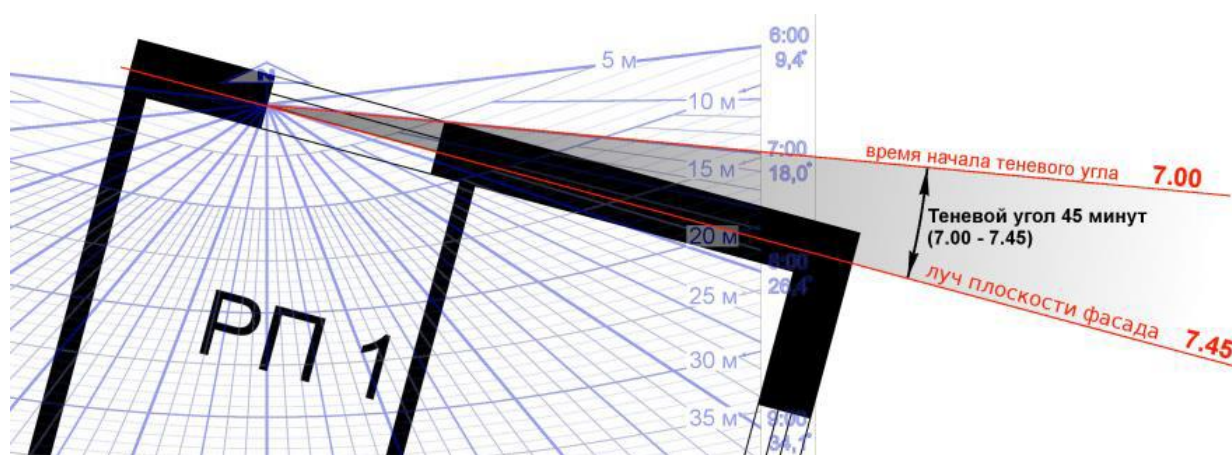


Рис. 3. Схема совмещения ИЛ и плана помещения с окном, ориентированным на северную сторону горизонта.

Теоретически каждый оконный проем имеет два теневых угла (у каждого края окна), но при определенных ориентациях фасада, как, например на рис.3, в расчетах участвует только один теневой угол – у края окна, расположенного южнее.

Определение продолжительности инсоляции в помещении, затеняемом стенкой и плитой лоджии. Лоджия и окно ориентированы на восток – юго-восток.

На рис.4 показана схема вертикального разреза окна, затеняемого плитой лоджии. Расчетная точка находится внутри помещения на подоконнике сразу за переплетом. Вертикальный теневой угол в этом случае не может быть построен простым способом. Необходимо на кромке лоджии найти точку, после которой лучи солнца перестанут проходить в расчетную точку через

окно под снижней плоскостью плиты лоджии. Для нахождения этой точки с помощью ИЛ надо знать превышение затеняющей кромки плиты над подоконником. Превышение находим по рис.4.

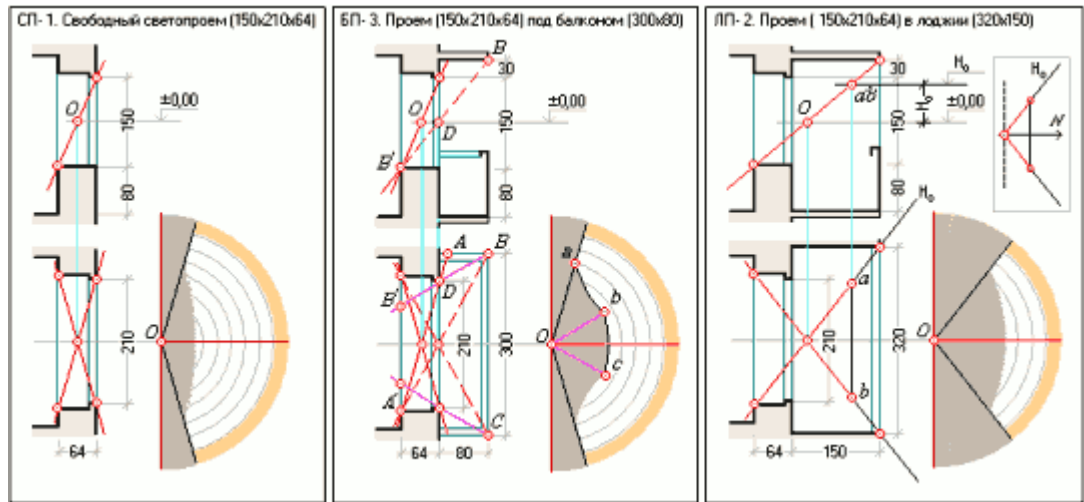


Рис. 4. Превышение затеняющей кромки плиты вышележащей лоджии (схема разреза).

На рис.5 дана схема построения вертикального теневого угла на плане помещения в масштабе 1:50 на ИЛ в масштабе 1:500.

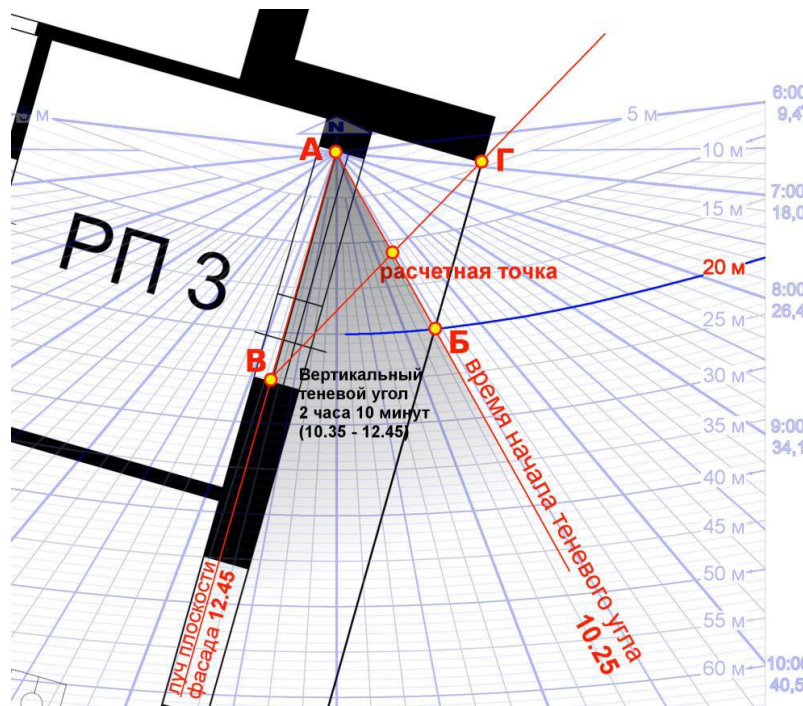


Рис. 5. Определение продолжительности инсоляции в помещении с лоджией, ориентированном на восток – юго-восток.

Принимаем расчетную точку на плане помещения в северном углу светопроема (точка А). Намечаем точку пересечения кромки лоджии и линии на высотной шкале ИЛ, соответствующей превышению плиты лоджии над подоконником (точка Б). Поскольку здесь на ИЛ в масштабе 1:500 накладывается чертеж в масштабе 1:650, то 1м высотной шкалы ИЛ следует учитывать как 0.1м высоты превышения. В нашем примере высота превышения составляет 2.0м, что соответствует 20м на ИЛ. Согласно рис.5, инсоляция помещения происходит с 7.00 утра (луч А-Г) до времени начала теневого угла 10.25 (луч А-Б), что соответствует нормам. С 10.25 и до конца дня 22 апреля – 22 октября прямые лучи солнца не будут попадать в помещение

Расчеты внешнего затенения.

Расчетная высота затенения определяется как превышение отметки затеняющей кромки парапета или карниза (или конька кровли) над расчетной точкой. В общем случае расчетная высота затенения определяется как высота парапета или карниза затеняющего здания минус высота расчетной точки от нулевой отметки затеняемого здания с учетом разницы абсолютных отметок нулей затеняемого и затеняющего зданий. При этом надо учитывать высоту подоконника, на котором находится расчетная точка. Если затеняющее здание находится ниже на ИЛ линии, соответствующей его высоте затенения, как показано на рис.6, то оно не влияет на инсоляцию расчетной точки. Продолжительность инсоляции с 16.00 до 18.00. Если весь объем затеняющего здания выше линии, соответствующей его линии превышения (см. рис.7), то продолжительность инсоляции составит с 16.00 до 16.28, т.е. всего 28 минут, т.е. после 16.28 противостоящее здание будет полностью затенять расчетную точку до конца дня.

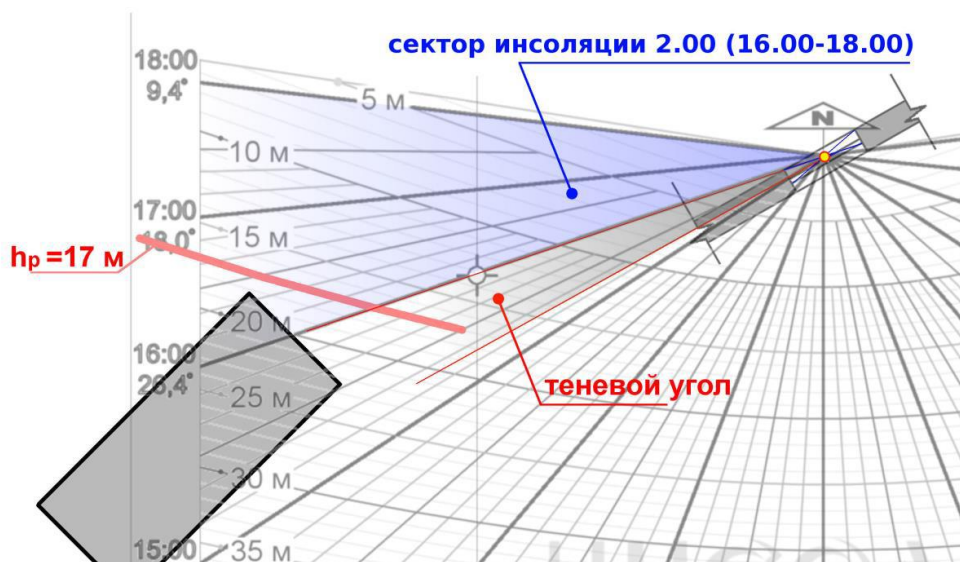


Рис.6. Случай, когда противостоящее здание не затеняет расчетную точку

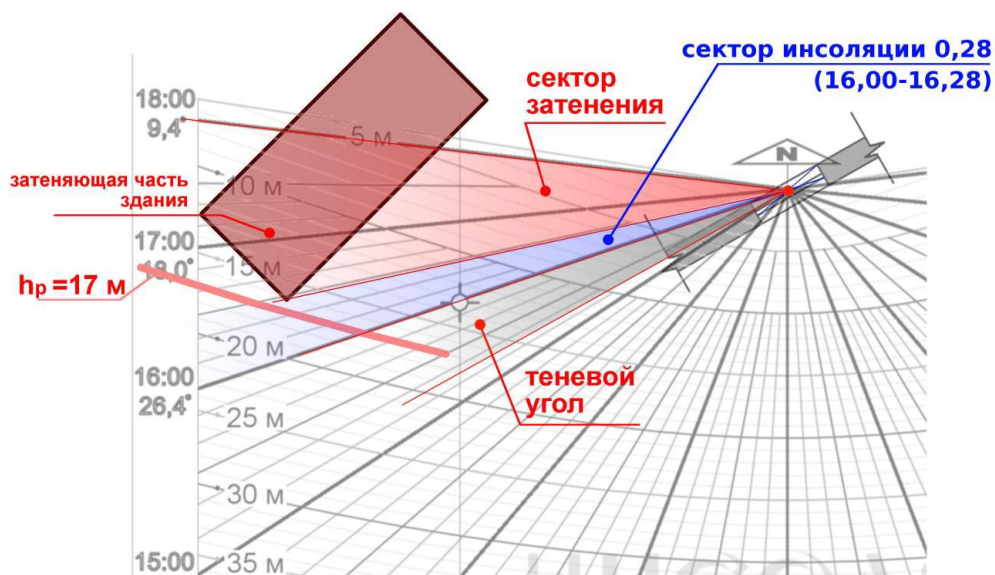


Рис. 7. Случай, когда противостоящее здание полностью затеняет расчетную точку

Если линия превышения пересекает объем противостоящего здания, то, как показано на рис.8, оно частично затеняет расчетную точку. Инсоляция имеет место с 16.00 до 16.15, и с 17.50 до 18.00. В сумме это составляет 25 минут, что не соответствует норме не только потому, что это недостаточно, но и потому, что каждый из периодов инсоляции меньше 1 часа.

По окончании этой части работы необходимо совместить с ИЛ в том же масштабе фрагменты генплана с углами затенения и написать на них

полученные результаты. Написать выводы о соответствии/несоответствии нормам.

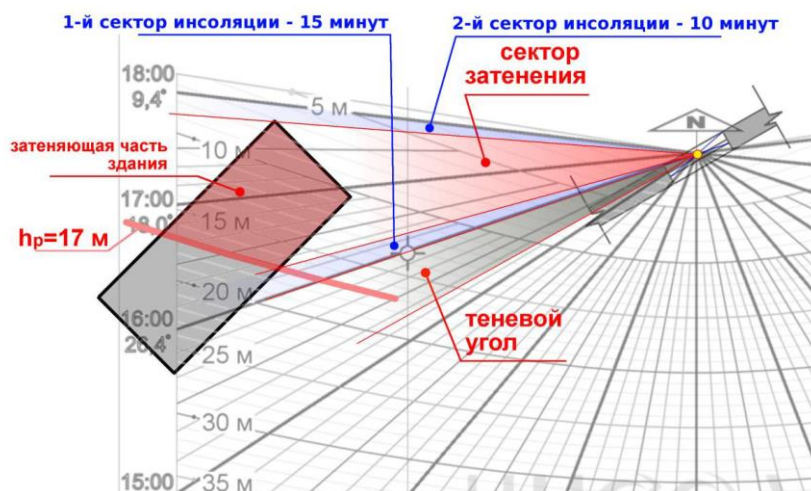


Рис.8. Случай, когда линия превышения пересекает противостоящее здание

Правила проектирования СЗУ регламентируется Сводом правил СП 370.1325800.2017. Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования. При этом СЗУ подразделяются на стационарные и регулируемые. Летняя растительная солнцезащита, очень эффективная в южных районах не относится к строительным СЗУ и является солнцезащитным средством (СЗС), хотя система крепления растений на стенах достаточно сложна со строительной точки зрения. Регулируемые СЗУ применяются при затенении окон северной ориентации или вне зависимости от ориентации в центральных и северных районах РФ. Стационарные СЗУ более целесообразны в южных регионах, где при правильном проектировании она могут не только защищать здания от перегрева и повышать тепловой и световой комфорт помещений, но и создавать привлекательные архитектурные решения, улучшать архитектурное решение городской застройки.

Здесь приведена очень краткая классификация СЗУ, которая может быть значительно расширена. В рамках практического занятия мы будем заниматься методикой проектирования только стационарных СЗУ. Она требует Графического расчета. Но вынос козырьков и вертикальных ребер, а

также из угол поворота относительно плоскости фасада может быть рассчитан также и математически. Для этого надо задаться периодом затенения, определяемым по средней температуре летних месяцев года и по высоте солнца, при которой следует затенять светопроемы.

Практическое занятие 7. Расчет беспрепятственной видимости в зрительном зале

Под **видимостью** понимается возможность полного или частичного наблюдения объекта. Это значит, что лучи зрения от глаза наблюдателя проходят ко всем или к части точек наблюдаемого объекта.

Под **зрительным восприятием** понимается возможность воспринять глазами человека с той или иной степенью чёткости наблюдаемый объект. Зрительное восприятие зависит от удаления наблюдателя от удаления и величины наблюдаемого объекта, состояния слоя воздуха между наблюдателем и объектом, яркости объекта, его цвета и фона, от угла зрения, под которым наблюдатель видит объект. Этот фактор является одним из основных, которые влияют на объёмно-планировочное решение интерьера зала и размещение зрительских мест. При решении архитектурных задач учитываются только геометрические условия зрительного восприятия и видимости. При этом предполагается, что условия, зависящие от состояния физической среды (освещённости, цвета объекта и фона, прозрачности атмосферы), наиболее благоприятны.

К геометрическим параметрам работы органов зрения относится острота зрения, т.е. способность глаза видеть раздельно два расположенных рядом предмета, например, две точки А и В (рис.1).

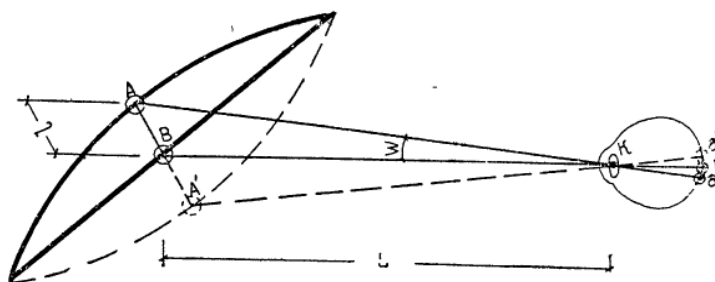


Рис. 1. Схемы построения разрешающего угла

l – расстояние между наблюдаемыми точками

L – удаление объекта наблюдения

Соответствующий расстоянию до предмета (L) угол, называется разрешающим. Он характеризует остроту зрения (V), которая обратно пропорциональна углу (W).

Для полноценного зрительного восприятия большинства объектов в зрительных залах большой вместимости большое значение имеет не только конус ясного видения, но и периферическое зрение человека (уголками глаз). При неподвижном взоре человека горизонтальный угол периферического зрения составляет около $150 - 160^\circ$, а вертикальный – около 130° . Периферическое зрение позволяет охватить взглядом большую зону вокруг конуса ясного видения, что создает ощущение объемности наблюдаемого объекта, глубины и пространства.

Предельное удаление зрителей от объекта наблюдения зависит от величины детали, различимость которой необходима для чёткого зрительного восприятия формы и положения в пространстве наблюдаемого объекта. Величина детали определяется особенностью зрелища и наблюдаемого объекта.

Например, в драматических театрах – это глаза актёра, определяющие эмоции актеров. Т.е. это 15 – 20 мм, при игре в футбол – это диаметр мяча, т.е. 0.22м. В этом случае удаление зрителей от противоположного угла футбольного поля принимается равным 189м. Данные о предельных удалениях для некоторых видов зрелищ приводятся в соответствующих главах СНиП и СП.

Определяющей величиной является предельное удаление зрителя от экрана $D=1$. Для прямоугольных залов $D=1/N$, для трапециевидных $D=0,951/N$. (N -число зрителей в партере), но не более 45м. Ширина рабочего поля обычного экрана $Ш=0,25D$, широкого – $Ш=0,43D$, широкоформатного экрана – $Ш=0,6D$. Соответственно высоты экранов (B) делятся на 1,37, на 2,35 и на 2. Эти исходные данные позволяют установить общие геометрические параметры кинозалов в плане. На рис.2 показано расположение проекционной аппаратуры кинотеатра в разрезе.

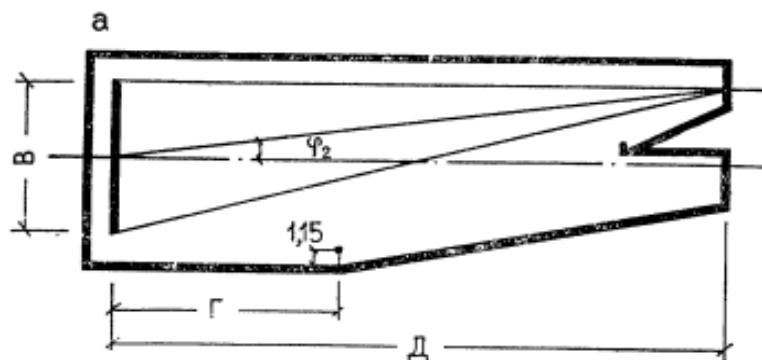


Рис.2. Основные геометрические параметры взаимного расположения экрана, проекционной аппаратуры и зрительских мест в разрезе кинотеатра

Излишнее приближение к экрану зрителей ухудшает зрительное восприятие (искажение формы и зернистость изображения). Поэтому минимальное удаление первого ряда от экрана устанавливается для широкоформатных экранов $\Gamma=0,6$ Ш, для широких экранов $0,84$ Ш, для обычных экранов $1,44$ Ш. Плоский экран должен находиться для каждого зрителя в пределах угла ясного видения. Для широких и широкоформатных экранов угол ясного видения охватывает ту часть экрана, на которой в данный момент происходит действие. Остальная часть находится в зоне периферического зрения. Это обеспечивает более объемное и пространственное восприятие изображения.

Гораздо более сложным является объёмно-планировочное решение театров и театральных залов. Особенностью условий зрительного восприятия в театральных залах является наблюдение сценического действия через портал сцены. Разрешающий угол здесь определяется размером глаза актёра $-1,5 - 2$ см. Исходя из этого и из особенностей направленного яркого освещения на сцене и т.п. предельное удаление зрителей установлено $27 - 30$ м, чему соответствует разрешающий угол $2,5 - 3^\circ$. От этого зависит размещение зрительских мест – обеспечение возможности наблюдения большей части сцены. Геометрические параметры театрального зала традиционного типа с глубинной сценой представлены на рис.5.

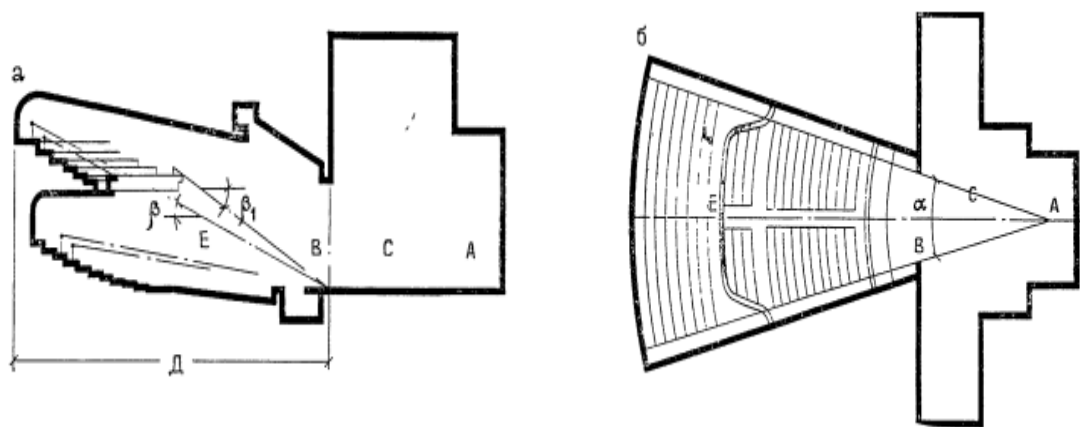


Рис.3. Геометрические параметры театрального зала традиционного типа

a – разрез

б – план

E – зрительный зал

C – сцена

A – аррьерсцена

B – авансцена

D – предельное удаление зрительских мест от портала сцены

α - центральный граничный горизонтальный угол размещения зрительских мест, равный 30^0

β - граничный вертикальный угол, принимаемый от 26 до 30^0 по оси зала

β₁ - для ближайших к сцене боковых мест

В театральных залах нового типа со сценической площадкой нового типа, вынесенной в зрительный зал, горизонтальный угол раскрытия портала к зрительному залу принимается от 60 до 120^0 . Примерный разрез и план такого театрального зала показан на рис.7. Лучи зрения направляются от глаза наблюдателя к центру портала в плане на полу. Угол подъема для всех типов театров составляет от 26 до 40^0 .

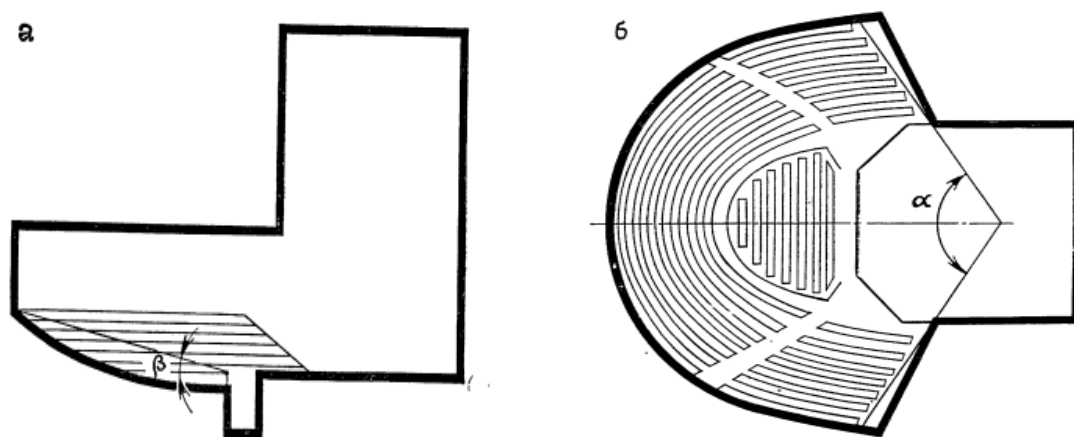


Рис. 4. Геометрические параметры театрального зала нового типа

а – разрез

б – план

Особенность концертных залов – отсутствие порталов и расположение сцены в одном объёме со зрительным залом. Сцена может быть раскрыта по отношению к зрительному залу на всю ширину. Иногда сцена размещается в окружении зрительных мест с трёх сторон. Горизонтальный угол раскрытия сцены к залу принимается от 60 до 120 градусов, а вертикальный – от 26 до 40 градусов. В концертных залах усредненная различимость деталей принимается 3 – 4см и предельное удаление зрителя от сцены при разрешающем угле 2,3 – 3 минуты составляет 30-35м.

В настоящее время широкое распространение получили универсальные залы, в которых проводятся спортивные соревнования, в том числе хоккейные матчи, соревнования по фигурному катанию. Это предполагает трансформацию спортивной арены и различное расположение зрительских мест. Кроме того, такие залы используются также для концертных мероприятий, больших общественных собраний, различных представлений. В больших универсальных залах проводится до 60 видов различных мероприятий, имеющих различные объекты наблюдения. Это представляет сложную задачу для проектирования. При этом нельзя создать одинаковое по качеству зрительное восприятие со всех зрительских мест для любых мероприятий.

В учебных классах и аудиториях основной объект наблюдения – плоскостной (меловая доска или интерактивный экран). Меловая доска обычно освещается естественным или искусственным светом. Для обеспечения чёткой видимости штриха при разрешающем угле $W=1,15'$ предельное удаление составляет 15м. Для школьных классов с учетом физиологии зрения подростков предельное удаление нормами установлено 10м (рис.7).

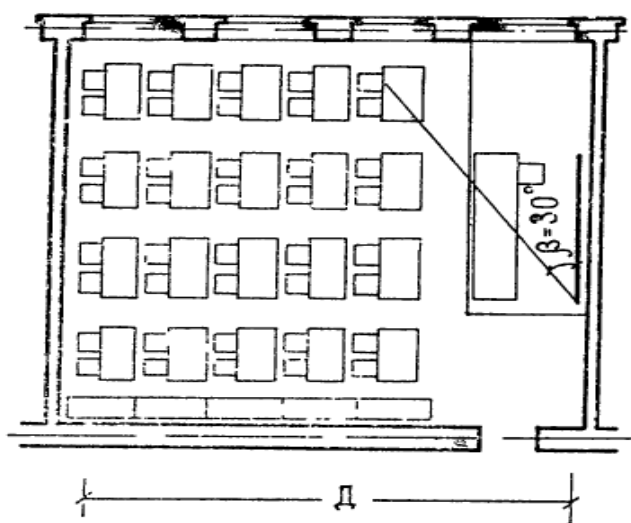


Рис. 5. Геометрические параметры учебных помещений

$Д$ – предельное удаление

β – граничный угол 30°

Таким образом первое действие по выполнению задания – это определение расчетной точки и предельного удаления зрителей от расчетной точки. Это определяет длину зрительного зала в разрезе и плане.

Ширина (средняя) зрительного зала определяется исходя из задания количества зрительских мест, принимаемых по размеру кресел. Расстояние между спинками – 90см, ширина кресла -50см. Средняя ширина проходов – 1.5м. Она расширяется у концов прохода в соответствии с расчетом эвакуации. (В работе расчет не производится, и ширина принимается

приблизительно). Ширина прохода между передним рядом кресел и сценой – 1.2м.

При большом количестве зрителей предельное удаление требует расширения зала, что часто входит в противоречие с углами ясного видения, о чем говорилось выше. Для кинотеатров углы ясного видения приведены на рис.6.

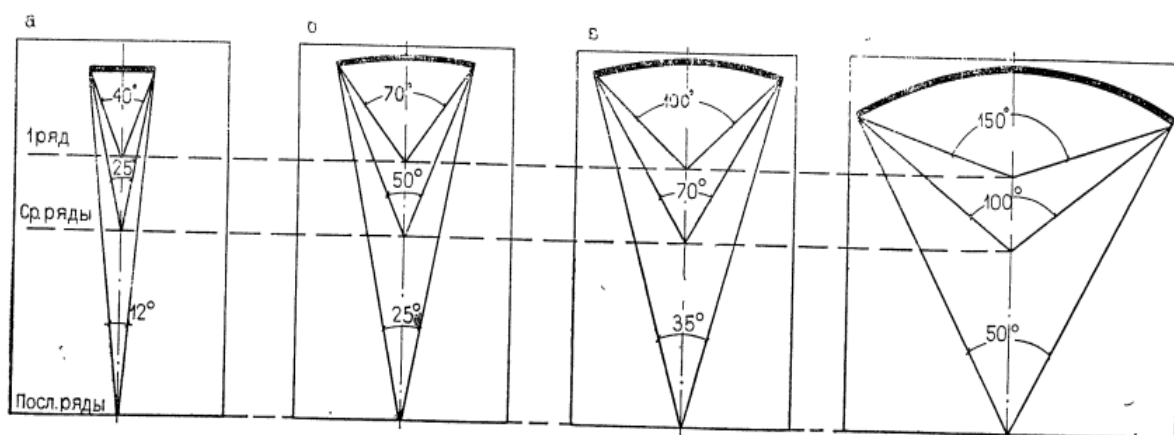


Рис.6. Горизонтальные углы обзора различных экранов

а - при обычном экране

б - при широком экране

в - при широкоформатном экране

г - при панорамном экране

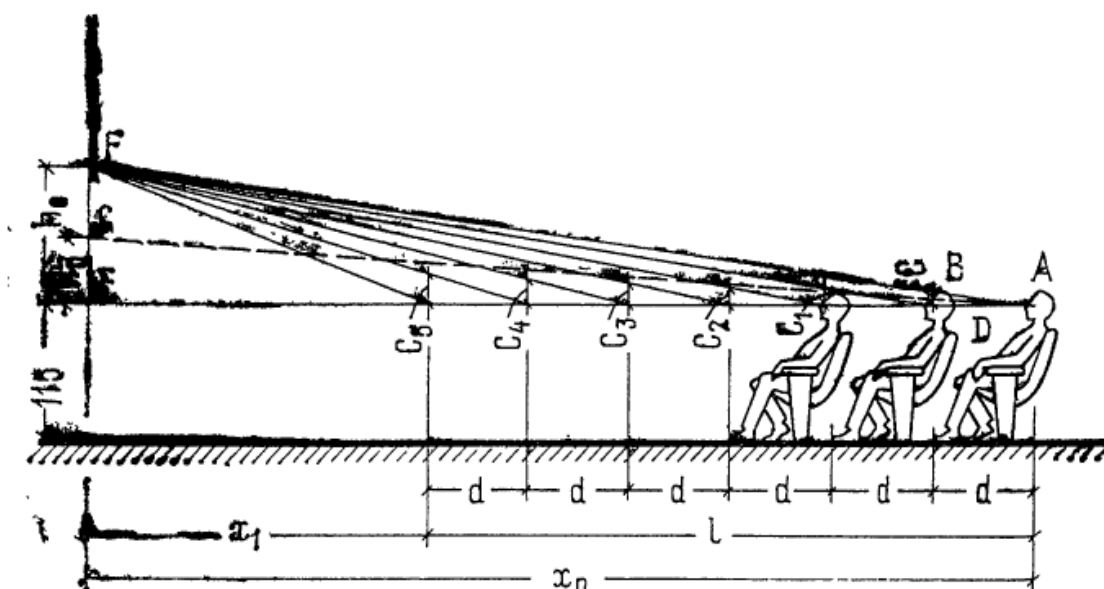


Рис. 7. Схема к расчету предельного удаления зрителей от объекта наблюдения в залах с горизонтальным полом

Таким образом, предельное удаление X_n можно определить графически, проведя прямую от расчетной точки F через верх головы сидящего на предпоследнем ряду B и через уровень глаз сидящего на последнем ряду A . Из подобия треугольников ABD и AFE и задаваясь величиной EF можно определить предельное удаление последнего ряда для беспрепятственной видимости точки F . Как показывают расчеты конкретных примеров, предельное удаление последнего ряда зрителей при устройстве горизонтального пола в помещении невелико. Поэтому горизонтальный пол может применяться толков ограниченных по количеству зрителей помещений. На предельное удаление имеет значительное влияние высота расположения расчетной точки над горизонтальным уровнем зрения сидящих людей. Но неограниченный подъем расчетной точки в большинстве помещений невозможен. Например, низ меловой доски в аудитории по условиям удобного пользования может быть расположен на высоте 1 м от пола.

Если требуется запроектировать помещение большей вместимости, например, в сельском клубе, то на практике применяется требование ограниченных условий видимости 0.06 м, т.е. видимость расчетной точки над

головой сидящего на один ряд впереди – ограниченная а на 2 ряда впереди – беспрепятственная ($0.06 \times 2 = 0.12$). При высоте экрана над полом – 2м расчет предельного удаления ведется для лучей зрения над головой сидящего через ряд. Это считается допустимым, т.к. для беспрепятственной видимости достаточно сдвинуть голову вбок на 40см.

$$AE = (2 - 1.15) \times 1.8 / (2 \times 0.06) = 12.75 \text{ м}$$

В зрительных залах большей вместимости обеспечение условий беспрепятственной видимости достигается последовательным подъемом зрительских мест. Подъем по прямой линии удобен, т.к. он осуществляется ступеньками одинаковой высоты. Однако превышение луча зрения во втором ряду BD (назовем его С) будет значительно превышать нормативное 0.12м (в 2.5 -3 раза), что приводит к излишней высоте помещения или трибун. Таким образом, расположение рядов по наклонной прямой целесообразно только при небольшом их количестве.

Для обеспечения беспрепятственной видимости при наименьшем подъеме рядов необходимо, чтобы нормативное превышение С для всех рядов было одинаковым.

Построение профиля кривой беспрепятственной видимости может быть графическим или аналитическим. При графическом способе в достаточно крупном масштабе (1:50 и более) вычерчивают схему продольного разреза зрительного зала по его центральной оси (рис.10) с указанием расчётной точки объекта наблюдения F, а также глаз первого ряда зрителей (точка А) с привязкой по горизонтали и вертикали к расчётной точке. Затем вертикальными линиями наносят границы всех рядов мест.

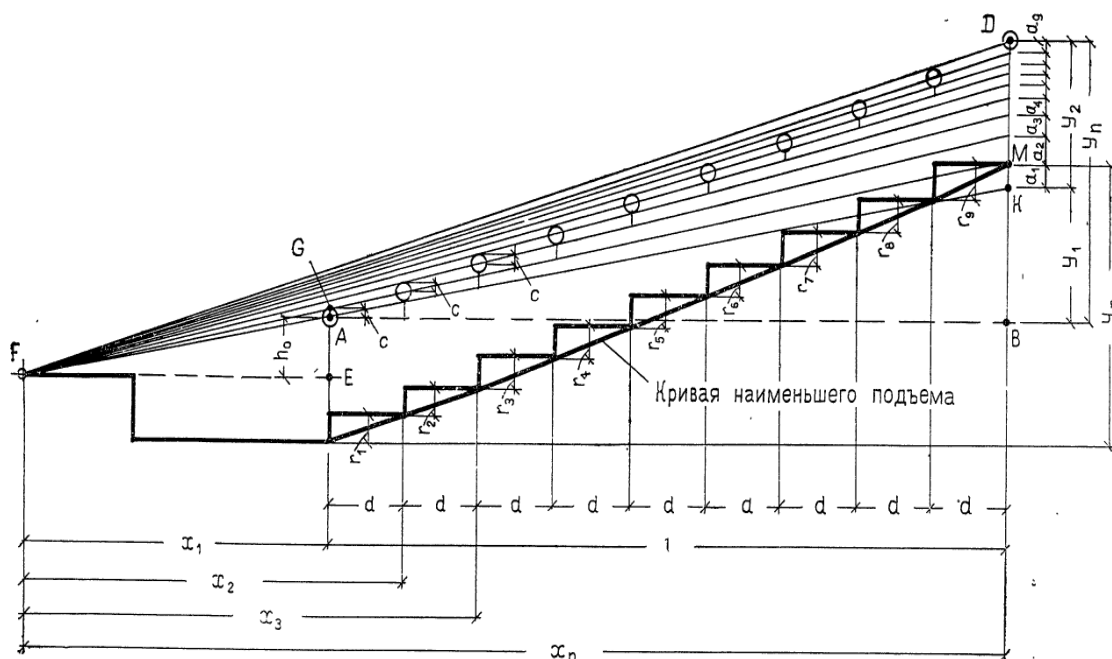


Рис. 8. Построение подъема рядов мест по кривой наименьшего подъема

При этом допускается совмещать положение глаз зрителя каждого ряда с его границей, т.е. со спинкой кресла. От уровня глаз зрителя первого ряда вверх откладывается отрезок C , равный нормативному для данного здания или сооружения, и из точки F через вершину этого отрезка проводят прямую линию до пересечения с задней границей второго ряда. Для следующих рядов это действие последовательно повторяется. Таким образом мы получаем профиль **кривой наименьшего подъёма** рядов мест при обеспечении для всех рядов условий беспрепятственной видимости. Полученная кривая близка к гиперболе.

Как и все графические методы этот метод прост, но несовершенен. Величины удаления от точки F и подъём рядов оцениваются десятками метров, а превышение лучей зрения — сотыми долями метра. Поэтому требуется большой масштаб чертежа. Более надёжным, точным и практичным является аналитический метод. Он основан на геометрическом подобии последовательной серии треугольников, образованных лучами зрения от глаза наблюдателя соответствующего ряда к точке объекта наблюдения и горизонтального расстояния от наблюдателя до этой точки и эмпирического

коэффициента сглаживания ломанной линии. Метод был разработан выдающимся ученым А.М. Данилюком в 60-х годах прошлого века.

Недостатком кривой наименьшего подъема пола зала для обеспечения беспрепятственной видимости является то, что кривизна профиля ряд от ряда изменяется и все ступени получаются разной высоты. Это усложняет строительство, является опасным, особенно при эвакуации зрителей, затрудняет применение промышленных конструкций. Поэтому на практике вместо кривой применяют подъем пола в виде ломаной линии, вписанной в эту кривую. Каждый отрезок имеет свой угол наклона и на нем размещают группу рядов с одинаковым уклоном.

Шахматное расположение зрительских мест хоть и создает лучшие условия видимости, но оно неудобно при организации проходов между рядами, поэтому от шахматного расположения рядов сейчас отказались. При расположении зрительских мест по кривой линии при секторном плане зрительного зала строят кривые подъема не менее, чем по двум разрезам зрительного зала. При этом получаются разные высоты подъема, которые, однако, легко выполняются с технологической точки зрения.

Задание по практической работе может включать построение кривой беспрепятственной видимости в большом зрительном зале или обеспечение видимости различной степени ограниченности в зале с плоским полом в зависимости от назначения зала и его вместимости по заданию преподавателя.

Практическое занятие 8. Расчет акустики зрительного зала

Требуется произвести акустический расчет аудитории на 500 мест. Основные параметры зала (см. рис. 1) таковы:

- воздушный объем зала со сценой $V = 3070 \text{ м}^3$, определен по геометрическим параметрам зала;
- воздушный объем на одного зрителя = 6 м^3 ;
- длина зала – 24 м;
- ширина зала в центральной части – 15,5 м;
- высота зала в центральной части – 8 м;
- общая площадь внутренних поверхностей $S_{\text{общ}} = 1220 \text{ м}^2$;
- подъем зрительных мест – 2,8 м;
- сужение боковых стен под углом $\gamma = 2,5^\circ$.

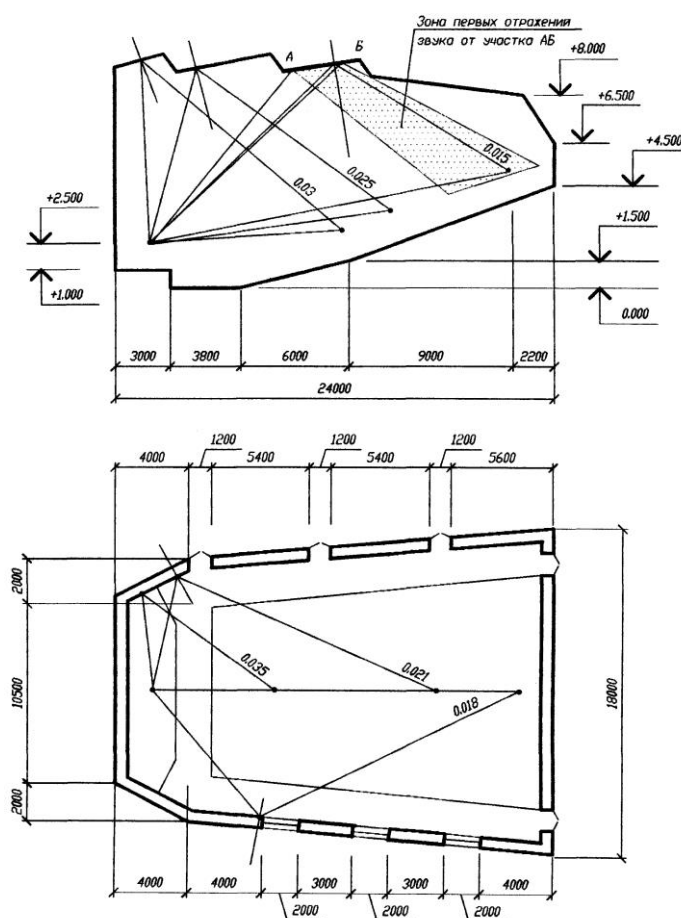


Рис. 1. Схема разреза и плана зала

Зал запроектирован с учетом сказанного выше: полу придан значительный уклон, над сценой в передней части зала устроен звукоотражатель, а ширина зала в этой части уменьшена, задняя стена наклонена в сторону слушателей, стены запроектированы непараллельными.

Построим распределение первых отражений от потолка и стен зала. Для примера рассмотрим построение хода прямых и отраженных звуковых лучей для точки М. Длина пути прямого звука для расчетной точки М = 18 м. для нормального восприятия звука слушателями необходимо, чтобы суммарная длина первого звукового отражения не превышала

$$r = 18 \text{ м} + (340 \text{ м/сек} \cdot 0,02 \text{ сек}) = 25 \text{ м}$$

Можно считать, что для слушателя, находящегося в точке М, слышимость будет удовлетворительной. Аналогичным образом строится лучевой эскиз для других точек.

Определение времени реверберации. Расчет проводим в соответствии с п.2 настоящих указаний. Общий объем зала ($V = 3070 \text{ м}^3$) и площадь внутренних поверхностей ($S_{\text{общ}} = 1220 \text{ м}^2$) определены нами заранее. Далее необходимо подобрать отделку зала таким образом, чтобы время реверберации составляло $T_{500} = 1,04 \text{ сек}$ (рис. 5). На частоте 125 Гц время реверберации несколько увеличено и может быть $T_{125} = 1,04 \text{ сек} \cdot 1,4 = 1,42 \text{ сек}$. На частоте 2000 Гц $T_{2000} = 0,9 \cdot T_{500} = 0,93 \text{ сек}$.

Определение эквивалентной площади звукопоглощения проводим в табличной форме (см. табл. 1).

Определение эквивалентной площади звукопоглощения

№ п.п.	Наименование поверхностей	Пло- щадь $S \text{ м}^2$	125 Гц		500 Гц		2000 Гц	
			α	$A=\alpha S$	α	$A=\alpha S$	α	$A = \alpha S$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Потолок: в том числе	350	0,04	12	0,06	18	0,05	15
	1.1. Подвесной	300	0,01	0,5	0,02	1,0	0,02	1,0
	потолок. Штукатурка По металлической сетке.	50						
	1.2. Бетонная поверхность							
2	Стены:	460	0,01	1,5	0,02	3	0,02	3
	в том числе	150						
	2.1. Штукатурка, окрашенная масляной краской							
	2.2. Плиты пористые акусти- ческие «Акмигран» 300x300x20 Воз-душ. прослойка 100мм	174	0,25	43,5	0,55	95,7	0,65	113,1
	2.3. Плиты древесностружечные,	120	0,1	12	0,05	6	0,08	9,6

	неокрашенные, толщиной 20 мм							
	2.4. Переплеты оконные, застекленные	16	0,3	4,8	0,15	2,4	0,06	0,96
3	Пол паркетный	200	0,04	8,0	0,07	14,0	0,06	12,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Добавочное звукопоглощение	1220	0,09	110	0,05	61	0,05	61
	Звукопоглощение зала	-	-	202,2	-	217,8	-	226,26
5	Зрители, 70% заполнения зала	350 чел.	0,25	87,5	0,4	140	0,45	157,5
6	Свободные кресла (полумягкие, с тканевой обивкой)	150 шт.	0,08	12	0,15	22,5	0,20	30
	Аобщ, м²	-	-	301,7	-	380,3	-	413,76

Определяем время реверберации на требуемых частотах.

На частоте 125 Гц

Средний коэффициент звукопоглощения

$$\alpha_{cp} = A_{общ}/S_{общ} = 301,7/1220 = 0,25$$

$$(\alpha_{cp}) = 0,29$$

Время реверберации определим по формуле:

$$T = (0,163 \cdot 3070) / (1220 \cdot 0,29) = 1,41 \text{ сек.}$$

На частоте 500 Гц

$$\alpha_{\text{ср}} = 380,3/1220 = 0,31;$$

$$(\alpha_{\text{ср}}) = 0,36;$$

$$T = (0,163 \cdot 3070) / (1220 \cdot 0,37) = 1,10 \text{ сек.}$$

На частоте 2000 Гц

$$\alpha_{\text{ср}} = 413,76/1220 = 0,34;$$

$$(\alpha_{\text{ср}}) = 0,42;$$

$$T = (0,163 \cdot 3070) / (0,42 \cdot 1220) = 0,89 \text{ сек.}$$

Построим сравнительный график времени реверберации нашего зала (рис. 2).

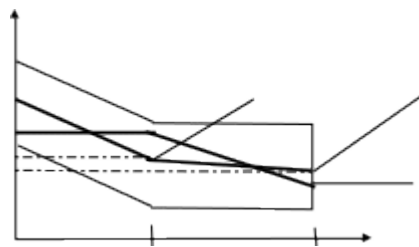


Рис. 2. График времени реверберации

Вывод: расчетные значения времени реверберации вполне удовлетворительны, так как отклонение их от нормативных не превышает 10%.