

Раздел 1. Разработка архитектурно-строительных решений

§ 1. Требования к проектной документации

§§ 1.1 Документы, регламентирующие разработку архитектурно-строительного раздела проектной документации зданий (сооружений)

Основными документами, регламентирующими разработку проектной документации на территории РФ, содержащими сведения по разработке, составу проектной и рабочей документации, являются:

- **Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004 №190-ФЗ** (ред. от 30.12.2021) статья 48 «Архитектурно-строительное проектирование», статья 55.5.-1. «Специалисты по организации инженерных изысканий, специалисты по организации архитектурно-строительного проектирования, специалисты по организации строительства»;

- **Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. № 87** г. Москва «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» (ред. от 01.12.2021);

- **Постановление Правительства РФ от 27 мая 2022 № 963** «О внесении изменений в положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию и признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации»

- **ГОСТ Р 21.101-2020** «Основные требования к проектной и рабочей документации»;

- **РД-11-02-2006** «Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требования, предъявляемые к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения»;

- и др.

В соответствии с **Градостроительным кодексом РФ от 29.12.2004 №190-ФЗ**:

Согласно ст. 48 «Архитектурно-строительное проектирование», ст. 55.5.-1. «Специалисты по организации инженерных изысканий, специалисты по организации архитектурно-строительного проектирования, специалисты по организации строительства» Градостроительного кодекса РФ от 29.12.2004 №190-ФЗ (ред. от 30.12.2021):

Ст. 48 п. 1: **«Архитектурно-строительное проектирование осуществляется путем подготовки проектной документации, рабочей документации** (в том числе путем внесения в них изменений в соответствии с настоящим Кодексом) применительно к объектам капитального строительства и их частям, строящимся, реконструируемым в границах принадлежащего застройщику или иному правообладателю ... земельного участка, а также раздела проектной документации "Смета на капитальный ремонт объекта капитального строительства" при проведении капитального ремонта объекта капитального строительства в случаях, предусмотренных частью 12.2 настоящей статьи. (в ред. Федеральных законов от 13.07.2015 N 216-ФЗ, от 03.08.2018 N 342-ФЗ, от 27.06.2019 N 151-ФЗ, от 02.08.2019 N 283-ФЗ, от 01.07.2021 N 275-ФЗ)»;

Ст. 48 п.2: **«Проектная документация** представляет собой документацию, **содержащую материалы в текстовой и графической формах и (или) в форме информационной модели и определяющую архитектурные, функционально-технологические, конструктивные и инженерно-технические решения** для обеспечения строительства, реконструкции объектов капитального строительства, их частей, капитального ремонта. (в ред. Федеральных законов от 18.07.2011 N 243-ФЗ, от 03.08.2018 N 342-ФЗ, от 27.06.2019 N 151-ФЗ)»;

Ст. 48 п.4: «Работы по договорам о **подготовке проектной документации**, внесению изменений в проектную документацию в соответствии с частями 3.8 и 3.9 статьи 49 настоящего Кодекса, заключенным с застройщиком, техническим заказчиком, лицом, ответственным за

эксплуатацию здания, сооружения, региональным оператором (далее также - договоры подряда на подготовку проектной документации), **должны выполняться только индивидуальными предпринимателями или юридическими лицами, которые являются членами саморегулируемых организаций в области архитектурно-строительного проектирования, если иное не предусмотрено настоящей статьей.** Выполнение работ по подготовке проектной документации по таким договорам обеспечивается специалистами по организации архитектурно-строительного проектирования (главными инженерами проектов, главными архитекторами проектов). Работы по договорам о подготовке проектной документации, внесению изменений в проектную документацию в соответствии с частями 3.8 и 3.9 статьи 49 настоящего Кодекса, заключенным с иными лицами, могут выполняться индивидуальными предпринимателями или юридическими лицами, не являющимися членами таких саморегулируемых организаций. (в ред. Федеральных законов от 03.07.2016 N 372-ФЗ, от 27.06.2019 N 151-ФЗ)»;

Ст. 48 п. 5: «Лицом, осуществляющим подготовку проектной документации, может являться застройщик, иное лицо (в случае, предусмотренном частями 1.1 и 1.2 настоящей статьи) либо индивидуальный предприниматель или юридическое лицо, заключившие договор подряда на подготовку проектной документации. **Лицо, осуществляющее подготовку проектной документации, несет ответственность за качество проектной документации и ее соответствие требованиям технических регламентов.** Застройщик, иное лицо (в случае, предусмотренном частями 1.1 и 1.2 настоящей статьи) вправе выполнить подготовку проектной документации самостоятельно при условии, что они являются членами саморегулируемой организации в области архитектурно-строительного проектирования, либо с привлечением иных лиц по договору подряда на подготовку проектной документации. (в ред. Федеральных законов от 03.07.2016 N 372-ФЗ, от 02.08.2019 N 283-ФЗ)»;

Ст. 55.5-1 п. 1: «Специалистом по организации инженерных изысканий, **специалистом по организации архитектурно-строительного проектирования**, специалистом по организации строительства является физическое лицо, которое имеет право осуществлять по трудовому договору, заключенному с индивидуальным предпринимателем или юридическим лицом, трудовые функции по организации выполнения работ по инженерным изысканиям, подготовке проектной документации, строительству, реконструкции, капитальному ремонту, сносу объекта капитального строительства **в должности главного инженера проекта, главного архитектора проекта и сведения о котором включены в национальный реестр специалистов в области инженерных изысканий и архитектурно-строительного проектирования или в национальный реестр специалистов в области строительства.** (в ред. Федерального закона от 03.08.2018 N 340-ФЗ)».

Состав проектной документации объектов капитального строительства и требования к ее содержанию установлены законодательством, утвержденным Правительством Российской Федерации Положением и нормативно-правовыми актами федеральных органов исполнительной власти. Проектную документацию комплектуют по отдельным разделам и подразделам, установленным Положением.

В соответствии с Постановлением № 87 от 16 февраля 2008 года «Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», а также Постановлением Правительства Российской Федерации от 27.05.2022 № 963 «О внесении изменений в положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию и признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации» устанавливается состав разделов проектной документации, подлежащей экспертизе в соответствии со статьей 49 Градостроительного кодекса Российской Федерации, и требования к содержанию разделов такой проектной документации для строительства,

реконструкции, капитального ремонта различных видов объектов капитального строительства (включая линейные объекты), в том числе состав разделов проектной документации и требования к содержанию разделов такой проектной документации на отдельные этапы строительства, реконструкции объектов капитального строительства.

Проектная документация состоит из текстовой и графической частей, содержащих материалы в текстовой и графической формах и (или) в форме информационной модели.

Текстовая часть содержит сведения в отношении объекта капитального строительства, описание принятых технических и иных решений, в том числе значения параметров и другие проектные характеристики зданий, строений и сооружений, направленные на обеспечение выполнения установленных требований, пояснения, ссылки на нормативные и (или) технические документы и (или) исходные данные для проектирования (в том числе результаты инженерных изысканий), используемые при подготовке проектной документации, и результаты расчетов, обосновывающие принятые технические и иные решения.

Графическая часть отображает принятые технические и иные решения и выполняется в виде чертежей, схем, планов и других документов в графической форме.

Подготовка проектной документации должна осуществляться в соответствии с законодательством Российской Федерации о государственной тайне.

Принятые в проектной документации технические и иные решения должны быть совместимы друг с другом, то есть обеспечивать технологическую возможность их совместной реализации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте, а также возможность эксплуатации объекта капитального строительства с учетом требований, установленных законодательством Российской Федерации.

Принятые в проектной документации решения и мероприятия, обеспечивающие промышленную безопасность на опасных производственных объектах, должны соответствовать законодательству Российской Федерации о промышленной безопасности опасных производственных объектов.

В состав проектной документации для строительства объектов капитального строительства производственного и непроизводственного назначения, а также проектной документации, подготовленной в отношении отдельных этапов строительства объектов капитального строительства производственного и непроизводственного назначения, в обязательном порядке включаются следующие разделы:

- а) раздел 1 "Пояснительная записка";
- б) раздел 2 "Схема планировочной организации земельного участка";
- в) раздел 3 "Объемно-планировочные и архитектурные решения";
- г) раздел 4 "Конструктивные решения";
- д) раздел 5 "Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения";
- е) раздел 6 "Технологические решения" (для объектов капитального строительства непроизводственного назначения разрабатывается в случае наличия требования о его разработке в задании на проектирование);
- ж) раздел 7 "Проект организации строительства", содержащий в том числе проект организации работ по сносу объектов капитального строительства, их частей (при необходимости сноса объектов капитального строительства, их частей для строительства, реконструкции других объектов капитального строительства);
- з) раздел 8 "Мероприятия по охране окружающей среды";
- и) раздел 9 "Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности";
- к) раздел 10 "Требования к обеспечению безопасной эксплуатации объектов капитального строительства";
- л) раздел 11 "Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов к объекту капитального строительства";

м) раздел 12 "Смета на строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, снос объекта капитального строительства" (разрабатывается в случаях в случаях, если строительство, реконструкция, снос финансируются с привлечением средств бюджетов бюджетной системы Российской Федерации, средств юридических лиц, указанных в части 2 статьи 8.3 Градостроительного кодекса Российской Федерации, а капитальный ремонт финансируется с привлечением средств бюджетов бюджетной системы Российской Федерации, средств лиц, указанных в части 1 статьи 8.3 Градостроительного кодекса Российской Федерации);

н) раздел 13 "Иная документация в случаях, предусмотренных законодательными и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации".

Состав разделов проектной документации для реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства (включая линейные объекты) определяется заказчиком в соответствии с Положением о составе разделов проектной документации и требованиям к их содержанию и указывается в задании на проектирование.

В целях реализации в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта архитектурных, технических и технологических решений, содержащихся в проектной документации на объект капитального строительства, разрабатывается рабочая документация, состоящая из документов в текстовой форме, рабочих чертежей, спецификации оборудования и изделий.

Разделы проектной документации разрабатываются в объеме материалов, содержащих архитектурные, функционально-технологические, конструктивные, инженерно-технические решения и (или) мероприятия, направленные на обеспечение соблюдения:

а) требований технических регламентов, в том числе требований механической, пожарной и иной безопасности, требований энергетической эффективности, требований оснащенности зданий, строений, сооружений

приборами учета используемых энергетических ресурсов к зданиям, строениям и сооружениям (в том числе к входящим в их состав сетям и системам инженерно-технического обеспечения), требований к обеспечению доступа инвалидов к объекту капитального строительства (в случае подготовки проектной документации применительно к объектам здравоохранения, образования, культуры, отдыха, спорта и иным объектам социально-культурного и коммунально-бытового назначения, объектам транспорта, торговли, общественного питания, объектам делового, административного, финансового, религиозного назначения, объектам жилищного фонда);

б) санитарно-эпидемиологических требований, требований в области охраны окружающей среды, требований к безопасному использованию атомной энергии, требований промышленной безопасности, требований к обеспечению надежности и безопасности электроэнергетических систем и объектов электроэнергетики, требований антитеррористической защищенности объектов, требований законодательства Российской Федерации об охране объектов культурного наследия (в случае подготовки проектной документации для проведения работ по сохранению объектов культурного наследия, при которых затрагиваются конструктивные и иные характеристики надежности и безопасности таких объектов);

в) требований к процессам проектирования, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации зданий, строений и сооружений;

г) требований технических условий подключения (технологического присоединения) объектов капитального строительства к сетям электро-, газо-, тепло-, водоснабжения и водоотведения, сетям связи (далее - сети инженерно-технического обеспечения);

д) задания застройщика или технического заказчика на проектирование.

Правила выполнения и оформления текстовых и графических материалов, входящих в состав проектной и рабочей документации,

устанавливаются Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации.

В состав проектной документации могут включаться иные разделы и материалы, наличие которых согласно Положению «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» не является обязательным, в том числе разделы, содержащие смету на строительство или реконструкцию объектов капитального строительства, финансируемых без привлечения средств соответствующих бюджетов бюджетной системы Российской Федерации, средств юридических лиц, указанных в части 2 статьи 8.3 Градостроительного кодекса Российской Федерации, и другие разделы.

Необходимость подготовки таких разделов и материалов проектной документации определяется в задании на проектирование.

Необходимость разработки проектной документации на объект капитального строительства применительно к отдельным этапам строительства устанавливается заказчиком и указывается в задании на проектирование.

Возможность подготовки проектной документации в отношении отдельных этапов строительства должна быть обоснована расчетами, подтверждающими технологическую возможность реализации принятых проектных решений при осуществлении строительства по этапам.

Проектная документация в отношении отдельного этапа строительства разрабатывается в объеме, необходимом для осуществления этого этапа строительства. Указанная документация должна отвечать требованиям к составу и содержанию разделов проектной документации.

§§ 1.2 Техническое задание на разработку раздела проектной документации здания (сооружения).

Подготовка задания на проектирование объекта капитального строительства осуществляется застройщиком (техническим заказчиком) в

соответствии с типовой формой задания на проектирование объекта капитального строительства.

Проект задания на проектирование подлежит согласованию с руководителем главного распорядителя средств федерального бюджета в отношении объекта федеральной собственности, главного распорядителя средств бюджета субъекта Российской Федерации в отношении объекта государственной собственности субъекта Российской Федерации или главного распорядителя средств местного бюджета в отношении объекта муниципальной собственности.

Задание на проектирование утверждается застройщиком (техническим заказчиком) после проведения технологического и ценового аудита обоснования инвестиций.

Задание на проектирование должно содержать исходные данные, достаточные для разработки проектной документации объекта капитального строительства в соответствии с требованиями Положения о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. N 87.

Задание на проектирование подготавливается в электронной форме, за исключением случаев, при которых в задании на проектирование могут содержаться сведения, составляющие государственную тайну, (в этом случае задание на проектирование подготавливается на бумажном носителе), и утверждается путем подписания застройщиком (техническим заказчиком) с использованием усиленной квалифицированной электронной подписи.

Задание на проектирование в форме электронного документа подготавливается в следующих форматах:

а) doc, docx, odt - для документов с текстовым содержанием, не включающим формулы;

б) pdf - для документов с текстовым содержанием, в том числе включающих формулы и (или) графические изображения, а также документов с графическим содержанием.

Электронный документ, выданный органом государственной власти, органом местного самоуправления, организацией, физическим лицом в соответствии с требованиями, установленными законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности, прилагается к заданию на проектирование в исходном формате.

В случае, когда оригинал документа, прилагаемый к заданию на проектирование, выдан и подписан уполномоченным органом государственной власти, органом местного самоуправления или организацией на бумажном носителе, допускается формирование электронного документа путем сканирования непосредственно с оригинала документа (использование копий не допускается), которое осуществляется с сохранением ориентации оригинала документа в разрешении 300 dpi (масштаб 1:1) с использованием следующих режимов:

а)"черно-белый" (при отсутствии в документе графических изображений и (или) цветного текста);

б)"оттенки серого" (при наличии в документе графических изображений, отличных от цветного графического изображения);

в)"цветной" или "режим полной цветопередачи" (при наличии в документе цветных графических изображений либо цветного текста).

Если бумажный документ состоит из двух и более листов, электронный образ такого бумажного документа формируется в виде одного файла.

Сформированный электронный документ подписывается усиленной квалифицированной электронной подписью лица, осуществляющего подготовку задания на проектирование.

Задание на проектирование, содержащее сведения, составляющие государственную тайну, подготавливается на бумажном носителе.

С типовой формой задания на проектирование можно ознакомиться в Приказе Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ № 125/пр от 1 марта 2018 г. «Об утверждении типовой формы задания на проектирование объекта капитального строительства и требований к его подготовке»

§§ 1.3 Требования к оформлению текстовой и графической части проекта зданий (сооружений)

При выполнении проектной и рабочей документации, а также отчетной технической документации по результатам инженерных изысканий для строительства следует руководствоваться положениями стандартов СПДС (Система проектной документации для строительства) и ЕСКД (Единая система конструкторской документации).

Перечень стандартов ЕСКД, подлежащих учету при выполнении графической и текстовой документации для строительства, приведен в ГОСТ Р 21.101-2020 «Основные требования к проектной и рабочей документации» в таблице Д.1 (приложение Д).

Документацию, как правило, выполняют автоматизированным способом (с использованием специальных программ) на бумажном носителе (в бумажной форме), и/или в виде ДЭ, и/или в форме информационной модели объекта строительства.

Документы одного вида и наименования, независимо от способа выполнения, являются равноправными и взаимозаменяемыми. Взаимное соответствие между документами в электронной и бумажной формах обеспечивает разработчик.

В графических документах изображения и условные обозначения выполняют линиями по ГОСТ 2.303. Допускается применение линий других типов, наименования, начертание, толщина и основные назначения которых устанавливаются в соответствующих стандартах СПДС.

В графических документах условные обозначения следует выполнять в основном черным цветом. Некоторые условные обозначения или их отдельные элементы допускается выполнять другими цветами. Указания о цвете условных обозначений приведены в соответствующих стандартах СПДС. Если цвета условных обозначений, применяемых на чертежах и схемах, не установлены в стандартах, их назначение указывают на чертежах.

В подлинниках, предназначенных для изготовления черно-белых копий, цветные условные обозначения и их элементы следует выполнять черным цветом.

При выполнении графических документов применяют шрифты по ГОСТ 2.304, а также другие шрифты, используемые средствами вычислительной техники, при обеспечении условий доступности этих шрифтов пользователям документов.

Изображения на чертежах выполняют в оптимальных масштабах по ГОСТ 2.302 с учетом их сложности и насыщенности информацией.

Масштабы изображений на чертежах не указывают, за исключением чертежей изделий и других случаев, предусмотренных в соответствующих стандартах СПДС. В этих случаях масштабы указывают в круглых скобках непосредственно после наименований изображений в соответствии с ГОСТ 2.316-2008 (пункт 4.19).

Содержательная и реквизитная части ДЭ (документ электронный) должны соответствовать требованиям стандартов СПДС и ЕСКД.

Структура и состав реквизитов ДЭ должны обеспечивать его обращение в рамках программных средств (отображение, внесение изменений, печать, учет и хранение в базах данных, а также передачу в другие автоматизированные системы) с соблюдением при этом нормативных требований по оформлению документов.

На рассмотрение, согласование, экспертизу и утверждение представляют копии документов проектной и рабочей документации, скомплектованные,

как указано в разделе 8 в ГОСТ Р 21.101-2020 «Основные требования к проектной и рабочей документации».

Форма представления документов проектной и рабочей документации (бумажная или электронная), если она не указана в задании на проектирование, определяется разработчиком по согласованию с заказчиком. Допускается включать в состав проектной и рабочей документации документы в различных формах представления.

В графических документах допускается применение сокращений слов, перечни которых приведены в ГОСТ 2.316 и таблице Е.1 (приложение Е).

Информационные ресурсы:

1. Постановление № 87 от 16 февраля 2008 года «Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 27.05.2022 № 963 «О внесении изменений в положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию и признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации»
3. ГОСТ Р 21.101-2020 «Основные требования к проектной и рабочей документации»
4. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ № 125/пр от 1 марта 2018 г. «Об утверждении типовой формы задания на проектирование объекта капитального строительства и требований к его подготовке»

Раздел 2. Фасады зданий и их системы

§ 2. Колористическое решение фасадов зданий

§§ 2.1 История колористики

Колористика (от лат. Color - «цвет, краска») - наука о цвете, включающая знания о природе цвета, основных, составных и дополнительных цветах, характеристиках цвета, цветовых контрастах, смешении цветов, колорите, цветовой гармонии, цветовой культуре и языке цвета.

Колорит — это система соотношения цветов, образующая их единство и являющаяся эстетическим выражением красочного разнообразия действительности.

Существуют более или менее общие оценки воздействия цвета на человека, не зависящие от факторов, которые, естественно, влияют на восприятие. Это факторы времени, возраста, пола, национальности и т. д. Они могут усилить или ослабить воздействие, но не способны снять его полностью.

В 1676 году сэр Исаак Ньютон с помощью трехгранной призмы разложил белый солнечный свет на цветовой спектр. Подобный спектр содержал все цвета, за исключением пурпурного. Ньютон ставил свой опыт следующим образом: солнечный свет пропускался через узкую щель и падал на призму.

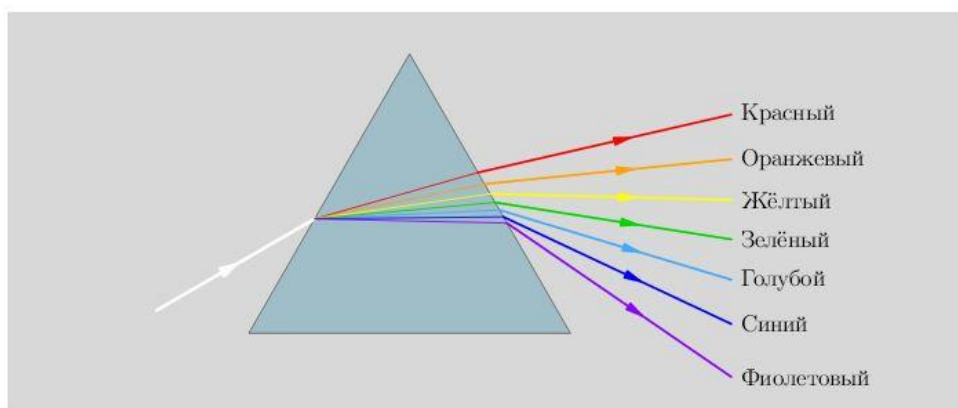


Рис. 2.1 Опыт Ньютона

В призме луч белого цвета расслаивался на отдельные спектральные цвета. Разложенный таким образом, он направлялся затем на экран, где

возникало изображение спектра. Непрерывная цветная лента начиналась с красного цвета и, проходя через оранжевый, желтый, зеленый, синий, кончалась фиолетовым. Если это изображение затем пропускалось через собирающую линзу, то соединение всех цветов вновь давало белый цвет. Эти цвета получаются из солнечного луча с помощью преломления.

Ньютон показал, что белый свет состоит из всех цветов спектра. По мере развития волновой теории света стало ясно, что каждому цвету соответствует определенная частота световой волны. Каждый цвет спектра характеризуется своей длиной волны, т. е. он может быть совершенно точно задан длиной волны или частотой колебаний. Световые волны сами по себе не имеют цвета. Цвет возникает лишь при восприятии этих волн человеческим глазом и мозгом. В общем спектре электромагнитных излучений видимое излучение составляет очень небольшой процент.

Цвет предметов возникает в процессе отражения и поглощения волн, главным образом в процессе поглощения. Предметы сами по себе не имеют никакого цвета, он создаётся при их освещении. Все живописные краски являются пигментными. Это впитывающие (поглощающие) краски, их смешение происходит по правилам вычитания.

Приверженцы опытов Ньютона понятие цвета трактуют так: цвет — это свойство спектрального состава излучения (пропускания, отражения), вызывающее у человека особые зрительные ощущения.

Вместо ньютоновского механистического понимания взаимодействия как сложения и разложения элементов (цветов) логическая теорема И. В. Гёте моделирует диалектический синтез, намеренно используя логические конструкции, соответствующие теперь общепринятым гегелевским («противоположности», «единство», «качество», «отрицание отрицания», «возникновение нового» и т. п.), т. е. понятия, описывающие не статику, а динамику, процесс.

Гёте выделил три основных (первичных) цвета - красный, желтый и синий - и три вторичных, полученных смешиванием первичных - оранжевый,

зеленый и фиолетовый. Он не только считал, что цвет существует реально, он еще и исследовал его влияние на человека. Он первым обратил внимание на психологические аспекты цвета.



Рис. 2.2 Двенадцатичастный цветовой круг И. В. Гете.

§§ 2.2. Психологический аспект цвета

Оранжевый - Привлекает и притягивает к себе внимание, воспринимается как что-то необычное, интересное, яркое и оригинальное. Поднимает настроение, заставляет двигаться активнее. В больших объёмах начинает быстро раздражать. Требуется поддержки другим цветом – контрастным и неярым - чтобы «погасить» свою активность.

Розовый - Воспринимается как цвет инфантильности или нежности.

Коричневый - Воспринимается как домашняя обстановка, материалы – как натуральные. Придаёт строгость и стильность, но при использовании дешёвых материалов или непродуманном освещении создаёт иллюзию дешевизны и экономии на всём.

Синий - Создает особое настроение, торжественность и неторопливость. Хорошо воспринимается практически любыми группами людей, считается нейтральным самодостаточным цветом.

Голубой - Создает ощущение чистоты, лёгкости, пространства, придаёт тонус, не привлекает к себе особого внимания.

Зелёный - Снимает раздражение, освежает, расслабляет, приятнее глазу, не привлекает к себе особого внимания.

Серый - Придаёт интерьеру строгость, упорядоченность. Цвет современных стилей – «хай-тек», минимализм. Требуется продуманной подсветки и материалов. Сочетается с яркими цветами. Отличный нейтральный фон для ярких, сочных цветовых пятен. Требуется внимательного отношения к фактуре отделки – при экономичных материалах выглядит бедно.

Чёрный - Создаёт запытую атмосферу. Неправильно применённый содержит угрозу и неприятен большинству людей как цвет. Требуется идеальной поверхности, дорогого покрытия и точечного освещения.

Белый - Хороший фон, т.к. не привлекает внимания. Нейтрален, сочетается с любыми цветами, приглушает действие ярких цветов, смягчает «однозначность» чёрного, серого и коричневого.

Глубокие знания правил колористики – важный момент в успешной работе любого специалиста, которая связана с цветами и их комбинациями.

§§ 2.3. Разновидности колористических решений

Колористическое решение – это, цветовое оформление наружных стен, кровли, отдельных элементов конструкций или архитектуры. Указанные решения могут определяться цветом, текстурой, фактурой поверхностей конструкций и материалов.

§§ 2.3.1. Виды колористических решений

Монохромный - он основан на одном цвете и его различных тонах и оттенках. Монохромная палитра всегда представляет собой беспримесный вариант.



Рис. 2.3 Монохромное решение фасада

Аналоговый - создания аналоговой палитры используются цвета, расположенные рядом друг с другом на цветовом круге. Этот вид цветовой палитры используется там, где не нужен контраст.



Рис. 2.4 Аналоговое решение фасада

Комплементарная - палитра представляет собой смешение цветов, которые находятся друг напротив друга на цветовом круге. Эта схема противоположна аналогичной и монохромной, так как ее целью является создание контраста.

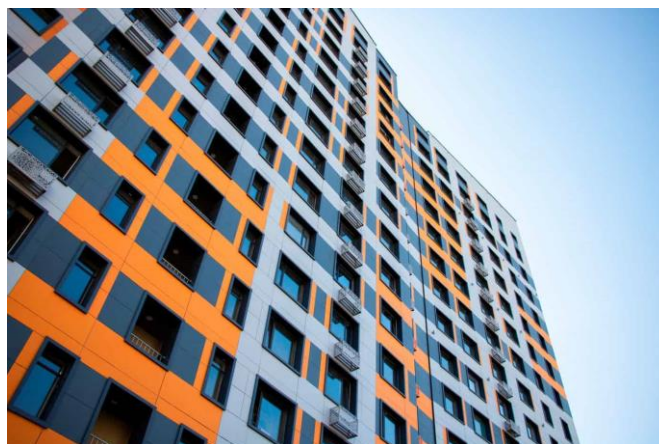


Рис. 2.5 Комплементарное решение фасада

Триадическая - Когда цветовому решению требуется больше красок, можно прибегнуть к триадической схеме. Она основана на трех отдельных равноудаленных друг от друга цветах. Для сохранения баланса в схеме рекомендуется использовать один цвет в качестве доминирующего, а два других как акцентные.

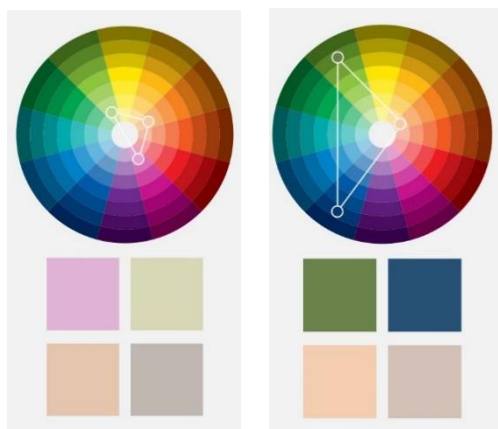


Рис. 2.6 Триадическое решение фасада

Четвертичная/Сдвоенное-комплементарная - Четвертичная цветовая схема предназначена для использования опытными дизайнерами, так как в ней сложнее всего достичь баланса. Она задействует четыре цвета из круга, которые составляют комплементарные пары. Если соединить точки на выбранных цветах, они образуют прямоугольник.



Рис. 2.7 Триадическое решение фасада

§§ 2.4 Требования к цветовым решениям и материалам

До 1991 года внешний облик большинства зданий был типовым. В любом случае, основным застройщиком и владельцем зданий было государство, следовательно, не было необходимости в согласованиях внешнего облика, ведь граждане и не могли вносить в него серьёзных изменений.

В новой же эпохе отсутствие требований к материалам и цвету отделки фасадов как в Москве, так и в городах Московской области и других субъектов Российской Федерации привели к катастрофическим последствиям.

В первую очередь они были эстетическими – улицы потеряли единый гармоничный облик.

Во вторую, но тоже важную очередь – новые материалы отделки, переполнившие строительную сферу, далеко не всегда оказывались безопасными для жизни и здоровья людей.

Поэтому начиная с 1996 года вводились различные требования, в частности обязанность получать колористический паспорт фасада, в котором указываются используемые в отделке цвета и материалы. Эти характеристики должны соответствовать установленным в определённых городах, кварталах и улицах требованиям.

Для получения колористического паспорта подаются различные документы, в том числе проект колористического решения с указанными в палитрах RAL и NCS цветами, причём каждого элемента фасада.



Рис. 2.8 Таблица цветов RAL

В сфере градостроительства требования к наружной отделке зданий играют решающую роль в формировании эстетической привлекательности, функциональности и долговечности сооружений. Внешняя отделка является не только важным компонентом для защиты зданий от воздействия окружающей среды, но и отражением характера и стиля окружающего городского ландшафта. Различные категории городской застройки требуют особых соображений при выборе, применении и уходе за внешней отделкой.

§§ 2.5 Требования к наружной отделке

Жилые районы. В жилых районах внешняя отделка зданий должна соответствовать общему дизайну и архитектурному языку, преобладающему в данном районе. Владельцы домов и застройщики часто стремятся к гармоничному сочетанию эстетики, добиваясь того, чтобы фасады зданий дополняли друг друга, сохраняя при этом особую визуальную привлекательность.

Чтобы соответствовать требованиям к наружной отделке в жилых районах, необходимо учитывать следующие аспекты:

Совместимость с окружающей средой: Внешняя отделка должна гармонизировать с окружающей природной и строительной средой. Например, в пригородном районе с пышной зеленью уместно использовать земляные тона или натуральные материалы, такие как деревянный сайдинг.

Долговечность и устойчивость к погодным условиям: Жилые дома подвергаются различным погодным условиям в течение всего года. Выбранная внешняя отделка должна обладать прочностью, устойчивостью к влаге, ультрафиолетовым лучам и перепадам температур, обеспечивая долговечность фасада здания.

Обслуживание и простота очистки: Домовладельцы предпочитают внешнюю отделку, которая не требует особого ухода и легко чистится. Такие факторы, как устойчивость к пятнам, грязи и образованию плесени, способствуют общей привлекательности и уходу за зданием.

Коммерческие помещения. Требования к наружной отделке в коммерческих зонах отличаются от требований в жилых зонах. Коммерческие здания часто нацелены на создание визуального эффекта, привлечение клиентов и создание профессионального имиджа. При выборе наружной отделки для коммерческих зданий необходимо учитывать следующие соображения:

Имидж и идентичность бренда: Коммерческие здания представляют предприятия и организации. Внешняя отделка должна соответствовать имиджу бренда, идентичности и целевой аудитории. Например, элитный магазин розничной торговли может выбрать гладкую и современную отделку, в то время как традиционный банк может выбрать более классическую и вневременную эстетику.

Дизайн, привлекающий внимание: В коммерческих районах с высокой конкуренцией, где множество предприятий борются за внимание, внешняя отделка должна быть разработана так, чтобы выделяться. Смелые цвета, уникальные текстуры и отличительные архитектурные особенности помогут привлечь потенциальных клиентов.

Интеграция вывесок и рекламы: В коммерческих зданиях часто размещают вывески и рекламу. Выбранная внешняя отделка должна способствовать интеграции этих элементов, обеспечивая оптимальную видимость и читаемость.

Исторические районы. Сохранение наследия и исторической ценности зданий является приоритетом в определенных исторических районах. Когда речь идет о наружной отделке, основное внимание уделяется сохранению, реставрации и поддержанию первоначального характера зданий. В исторических районах необходимо соблюдать следующие требования:

Аутентичность материалов: Внешняя отделка должна соответствовать оригинальным материалам и строительным технологиям, распространенным во время строительства. Особое внимание следует уделить выбору материалов, соответствующих историческому контексту здания.

Историческая точность: Любые реставрационные или ремонтные работы должны проводиться с тщательным соблюдением исторической точности. Это включает в себя воспроизведение архитектурных деталей, цветовых схем и узоров, которые были распространены в эпоху строительства здания.

Соблюдение разрешений и нормативных требований: В исторических районах часто действуют особые правила и

требования, которые необходимо соблюдать при наружной отделке. Очень важно получить необходимые разрешения и соблюдать правила, установленные местным советом или органом по охране исторических памятников.

Многофункциональная застройка. В сфере многофункциональной застройки, где сосуществуют жилые, коммерческие и рекреационные помещения, требования к внешней отделке становятся более разнообразными. Целью является создание целостной среды, которая органично объединяет различные функции и виды деятельности. Необходимо учитывать следующие аспекты:

Визуальная непрерывность: Внешняя отделка должна способствовать визуальной непрерывности всей застройки, обеспечивая целостный и единый внешний вид. Этого можно достичь путем использования взаимодополняющих материалов, цветовых схем и архитектурных элементов для различных типов зданий.

Зонирование и функциональность: В многофункциональных комплексах часто выделяют зоны для определенных видов деятельности, например, для розничной торговли, офисных помещений и жилых домов. Внешняя отделка должна отражать зонирование и функциональность каждой зоны, создавая ощущение идентичности и предназначения.

Общественные пространства и удобства: Внешняя отделка в многофункциональных комплексах должна распространяться и на общественные пространства, такие как площади, парки и зоны отдыха. Отделка должна быть долговечной, легко обслуживаемой и пригодной для интенсивного пешеходного движения, улучшая при этом общее впечатление от района.

Проектирование и строительство фасадов здания — это большой комплекс мероприятий, которые в последствии должны обеспечивать надежную защиту здания от атмосферного воздействия и длительную эксплуатацию.

Требования энергоэффективности. Применяемые материалы для фасада должны выполнять требования по теплотехническому расчету в соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

§§ 2.6 Требования пожарной безопасности

Соблюдение требований пожарной безопасности обязательно и очень строго проверяется надзорными органами. Но в зависимости от типа здания и конструкций требования отличаются, так согласно **ФЗ 123** отделка фасада здания материалами группы горючести Г2-Г4 допускается для малоэтажных жилых домов (до трех этажей включительно). Соответственно для всех остальных зданий в отделке можно использовать только негорючие материалы

(НГ) или группы горючести Г1. Все фасады, не зависимо от функционального назначения необходимо проектировать в соответствии с таблицей 22 **ФЗ 123**.

Таблица 1

Требования пожарной безопасности

Класс	Класс пожарной опасности строительных конструкций				
Конструктив ной пожарной опасности здания	Несущие стержнев ые элементы (колонны, ригели, фермы)	Наружны е стены с внешней стороны	Стены, перегород ки, перекрыти я и бесчердач ные покрытия	Стены лестничных клеток и противопожа рные преграды	Марши и площадк и лестниц в лестничн ых клетках
C0	K0	K0	K0	K0	K0
C1	K1	K2	K1	K0	K0
C2	K3	K3	K2	K1	K1
C3	не нормируе тся	не нормируе тся	не нормирует ся	K1	K3

Система навесной вентилируемый фасад (НВФ).

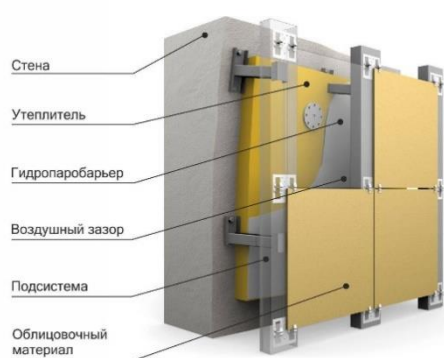


Рис. 2.9 Система навесной вентилируемый фасад (НВФ).

Навесной вентилируемый фасад, дает возможность создать уникальный внешний вид здания, но он самый сложный с точки зрения проектирования и пожарных требований. В интернете можно найти большое количество видеозаписей как горят вент фасады. Чаще всего горит ветрозащита. В начале проектирования необходимо сразу определиться с производителем подсистемы и облицовки и запросить пакет документов, а также альбом технических решений.

Навесной вентилируемый фасад необходимо проектировать в соответствии с следующими нормами ГОСТ Р 58883-2020 «Системы навесные фасадные вентилируемые. Общие правила расчета подконструкций», ГОСТ Р 58154-2018 «Материалы подконструкций навесных вентилируемых фасадных систем», СП 518.1311500.2022. Свод правил. Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Обеспечение пожарной безопасности при монтаже, эксплуатации и ремонте».

Штукатурный фасад по утеплителю.

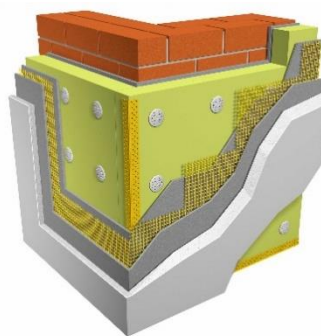


Рис. 2.10 Штукатурный фасад по утеплителю

Штукатурный фасад по утеплителю необходимо проектировать в соответствии с нормами СП 293.1325800.2017 «Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружным штукатурным слоем».

Облицовка фасада кирпичной кладкой.

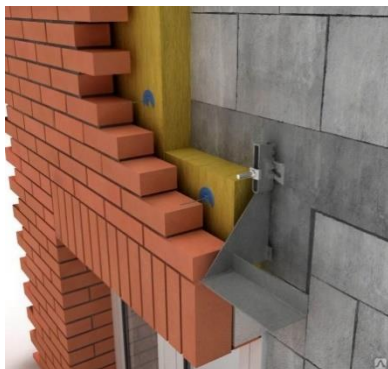


Рис. 2.11 Облицовка фасада кирпичной кладкой

Облицовка фасада кирпичной кладкой необходимо проектировать в соответствии с нормами СП 327.1325800.2017 Стены наружные с лицевым кирпичным слоем Правила проектирования, эксплуатации и ремонта.

§§ 2.7 Паспорт колористического решения фасадов зданий

Колористический паспорт – это документ, в котором описан внешний вид фасада здания. Облик наружных фасадов для разработки паспорта определяется гаммами и насыщенностью цветов стен и иных элементов, проемов и входных групп, материалов для облицовки и отделки. Для изменения цветовых схем и подготовки нового паспорта требуется подготовить и представить на согласование проект по колористическим решениям. Правила оформления, предписания к содержанию паспортов и проектов регламентированы Постановлением № 114-ПП.

На основании проекта будет оформлен паспорт колористических решений. Отметим, что это документ, сам по себе, не является разрешением на фасадные работы. Для их выполнения нужно получить положительное заключение о техническом состоянии конструкций, возможности производства работ. Согласно п. 4.4 Постановления № 114-ПП, заключение может оформить проектная организация, состоящая в СРО.

В содержании паспорта может предусматриваться до 3-х вариантов колористических решений с одинаковой маркировкой цвета. Но при этом насыщенность цвета по каждому из этих вариантов не может отличаться более чем на 5%. Согласно Приложению № 3 к Постановлению № 114-ПП, паспорт включает следующие разделы:

- адрес здания;
- общие данные по объекту (наименование, тип, год постройки, правообладатель, этажность и т.д.);
- вид заявленных работ (например, окрашивание, текущий или капитальный ремонт);
- градостроительная характеристика (морфотип, колористика окружающей застройки и т.д.);
- художественно-архитектурная характеристика (стилистика и пластика объекта, архитектурные детали и т.д.);
- фактическое состояние фасадов в целом и по каждому элементу отдельно (кровля, дверные и оконные блоки, цоколь, стены и т.д.);
- чертежи (схемы) фасадов М 1:50, М 1:100, М 1:200;
- таблицы с наименованиями отдельных фасадных элементов, материала (вида) отделки, маркировке цвета.



Рис. 2.12 Пример чертежа фасада колористического паспорта

§§ 2.8 Проект колористического решения

Облик фасада определяется конструктивными, планировочными и архитектурными решениями, параметрами проемов дверей и окон, цветовым и световым дизайном. Цветовую (колористическую) схему объекта нельзя определить произвольно, так как это может привести к несоответствию единой

художественно-архитектурной концепции города, района, квартала. Указанная концепция реализуется в нормативных актах города или регион.

Колористический паспорт и проект – это документация и визуализация, раскрывающие цвета и оформление фасада, их изменения после различных видов работ. Документы нужны для согласования фасадных изменений, подтверждения по художественно-архитектурным регламентам. Проект описывает работы и решения, которые предстоит реализовать на фасаде, его элементах и частях. Паспорт изготавливается в цифровом формате.

§§ 2.9 Требования к формированию колористического решения

Колористическое решение фасадов отдельно стоящих объектов и решение фасадов встроенно-пристроенных помещений формируется с учетом:

- Местоположения объекта в структуре города, округа, района, квартала (на красной линии застройки, внутри застройки).

- Зон визуального восприятия (участие в формировании силуэта и/или панорамы, визуальный акцент, визуальная доминанта).

- Типа окружающей застройки (архетип и стилистика).

- Тектоники объекта (пластически разработанная, художественно осмысленная, в том числе цветом, конструкция объекта) и целостности его архитектурно-художественного облика.

- Архитектурной колористики окружающей застройки.

- Материала существующих ограждающих конструкций.

При формировании колористического решения фасадов объекта допускается использование отделочных материалов, различных по фактуре, текстуре и цвету в пределах плоскости одного фасада, учитывающих композиционную структуру фасада, его пластику и стилистику.

§§ 2.10 Состав проекта колористического решения.

В состав проекта колористического решения фасадов зданий и сооружений входят следующие разделы и материалы:

- 1) Пояснительная записка (с описанием существующего состояния и проектного колористического решения фасадов).

2) Графические материалы — ортогональные чертежи фасадов объекта в масштабах М:500, М 1:200, М 1:100, М 1:50 (в зависимости от габаритных размеров объекта) с текстовыми комментариями (указанием адреса объекта, автора проекта колористического решения).

- Ортогональные чертежи должны отображать все видимые элементы фасадов (входные группы, крыльца и т.п.), попадающие в проекцию чертежа без аксонометрических и перспективных искажений.

- На объектах, имеющих заблокированные объемы или объемы, соединенные наземными или надземными переходами, на ортогональных чертежах фасадов отображаются силуэты по контуру примыкания разрезной линии к данному фасаду объекта.

- При изображении окон производится вертикальная градиентная заливка от темного к светлому вниз с использованием серой цветовой гаммы для изображения остекления.

- Проект колористического решения должен быть оформлен в цвете, содержать все фасады зданий, строений, сооружений, отображенные в ортогональной проекции без теней, высотных отметок, осевых и размерных линий.

Проект колористического решения **не должен содержать информации о размещении рекламных и информационных конструкций, навесного оборудования (вентиляционные короба, кондиционеры).**

- Проект колористического решения должен содержать сведения о материалах, видах отделки, марках цветов по палитрам NCS и RAL всех элементов фасада.

3) Графическое обоснование проекта колористического решения, выполненное в виде разверток фасадов объектов кварталов, в границах которых располагается объект (в цвете) (при окраске, текущем ремонте, капитальном ремонте фасадов, осуществляемых с частичным либо комплексным изменением колористического решения фасадов).

4) Раздел об обеспечении сохранности объекта культурного наследия, выявленного объекта культурного наследия, являющийся приложением к проекту колористического решения, с оценкой воздействия проводимых работ по реализации колористического решения на объект культурного наследия, выявленный объект культурного наследия — в случаях обращения за оформлением Паспорта на здания, строения, сооружения, не являющиеся объектами культурного наследия, выявленными объектами культурного наследия, если они расположены в границах территорий объектов культурного наследия, а также на земельных участках, непосредственно связанных с земельными участками в границах территории объектов культурного наследия, выявленных объектов культурного наследия.

5) Заключение экспертной организации (в случаях замены материалов облицовки фасадов объекта, запрещенных к применению на дату обращения за предоставлением государственной услуги, а также в случаях частичной или полной окраски и (или) облицовки фасадов объекта при утрате цвета и фактуры существующей облицовки из кирпича, наличия на ней повреждений (сколы, выбоины)).

Раздел 2. Фасады зданий и их системы

§ 3. Расчеты фасадов

§§ 3.1 Расчеты фасадов с учетом воздухопроницаемости

Воздухопроницаемость ограждающих конструкций

Фасадным системам, как наружным ограждающим конструкциям зданий, из-за разности давлений воздуха Δp , возникающей под влиянием перепада температуры воздуха внутри и снаружи здания, а также от ветра, присуща воздухопроницаемость, во многом зависящая от конструктивного решения ограждения.

Тепловой напор, как один из факторов, создающий разность давлений воздуха, особенно значим в зимнее время, так как в это время года из-за большой разности температур внутреннего и наружного воздуха, а следовательно и плотностей воздуха, создается большая разность его давлений. Картина теплового напора на ограждающие конструкции здания, изображенная на рис. 1, наглядно показывает нейтральную зону, где $\Delta p = 0$, расположенную посередине высоты помещения, при условии абсолютной воздухонепроницаемости потолка и пола этого помещения. В этом случае величина Δp будет возрастать по мере приближения к полу и потолку. В сечении ab , находящемся от нейтральной зоны на расстоянии h_i , значение Δp можно определить по формуле:

$$\Delta p = gh_i(\gamma_n - \gamma_v), \quad (1)$$

где γ_n и γ_v – плотности наружного и внутреннего воздуха, кг/м³.

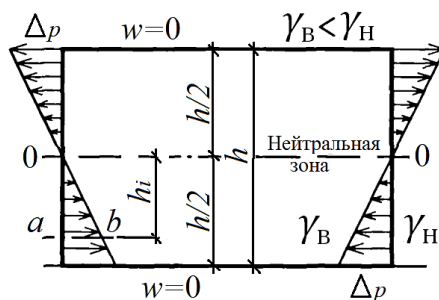


Рис. 1. Эпюра разности давлений внутреннего и наружного воздуха

В случае, если потолок и пол воздухопроницаемы, а также при открытых окнах в наружных стенах здания. нейтральная зона может располагаться выше либо ниже середины высоты помещения. В этом случае максимальную величину теплового напора Δp можно определить по формуле:

$$\Delta p = 0,5gh(\gamma_H - \gamma_B), \quad (2)$$

где h – высота помещения, м.

По формуле (2) видно, что величина теплового напора возрастает с увеличением высоты помещения, а также с повышением разности температур внутреннего и наружного воздуха.

Плотность воздуха может быть вычислена по формуле:

$$\gamma = \frac{\gamma_0}{1 + \frac{t}{273}}, \quad (3)$$

где $\gamma_0 = 1,293 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха при температуре 0°C .

Рассматривая воздухопроницаемость конструкций наружных стен в условиях ветрового напора, надо понимать, что давление ветра на наружные ограждения здания составляет некоторую часть от его полного давления, величина которого зависит от формы фасада здания и направления ветра и характеризуется аэродинамическим коэффициентом.

Полное давление ветра, оказываемое на плоскость, перпендикулярную его направлению, определяется по формуле:

$$p = \frac{v^2 \gamma}{2}, \quad (4)$$

где p – давление ветра, Па; v – скорость ветра, м/с; γ – плотность воздуха, кг/м^3 .

Для вертикальных ограждений фасадов при направлении ветра перпендикулярно их поверхности значения аэродинамических коэффициентов принимают равными: для наветренной стороны $n_1 = +0,8$, а для заветренной стороны $n_2 = -0,4$. Приняв указанные значения n_1 и n_2 и температуру воздуха равную 0°C , по формуле (4) можем получить величину ветрового напора Δ_p для вертикальных ограждений в зависимости от скорости ветра v :

$$p = \frac{0,8+0,4}{2} \cdot \frac{1,293}{2} v^2 = 0,39v^2 \quad (5)$$

Для расчетов воздухопроницаемости значения v принимаются равными среднемесячной скорости ветра наиболее холодного месяца.

Величина ветрового напора может значительно превышать величину теплового напора, но действие ветра не является постоянным и поэтому более значимым при теплотехнических расчетах ограждений с учетом воздухопроницаемости, нежели действие теплового напора. При совместном действии ветра и разности температур величина Δ_p определяется по приближенной формуле, полученной численным расчетом для зданий высотой до 14 этажей:

$$\Delta_p = -0,8[\pm g(\gamma_n - \gamma_v)h \pm 0,6 \frac{(nv)^2}{2} \gamma_n], \quad (6)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; γ_n – плотность наружного воздуха, кг/м^3 ; γ_v – плотность внутреннего воздуха, кг/м^3 ; h – расстояние по вертикали от середины высоты этажа до нейтральной зоны, м (нейтральная зона располагается на расстоянии $0,7$ высоты здания от уровня земли); n – коэффициент учитывающий несовпадение во времени расчетной скорости ветра и расчетной наружной температуры, равный отношению скорости ветра при расчетной наружной температуре к принятой расчетной скорости ветра; v – расчетная скорость ветра, м/с .

В формуле (6) в квадратных скобках перед первым членом знак минус принимается для ограждений, расположенных ниже, а знак плюс – выше

нейтральной зоны, а перед вторым членом знаки минус и плюс относятся соответственно к наветренной и заветренной фасадной стороны здания. При этом величина коэффициента n принимается равной: 1,2 для прибрежных районов Приморского края; 0,6 – для европейской территории бывшего СССР севернее широты 52° , для центральных районов Западной Сибири до широты 68° и Восточной Сибири до широты 70° , для Иркутской, Читинской, Амурской, Сахалинской, Камчатской, Магаданской областей, Бурятии, хабаровского и Приморского краев, Чукотского национального округа, а также для районов Средней Азии и Закавказья; 1 – для всей остальной территории бывшего СССР.

Как уже отмечалось выше, воздухопроницаемость наружных ограждений зданий во многом зависит от их конструктивного решения и воздухопроницаемости материалов, из которых они состоят. Воздухопроницаемость строительных материалов объясняется их пористостью, определяемой экспериментально продувкой воздуха через опытный образец испытываемого материала.

На рис. 2 приведены графики зависимости расхода воздуха W , проходящего через продуваемый образец материала от разности давлений воздуха Δp по обе стороны этого образца для разных видов материалов.

Кривая 1 на рис. 2 соответствует материалу, имеющего равномерную структуру с порами одинаковых размеров. Прямолинейный участок кривой, от начала координат до точки a , соответствует ламинарному движению воздуха в порах материала. От точки a начинается криволинейный участок, свидетельствующий о переходе движения воздуха в порах от ламинарного к турбулентному. Кривая 2, соответствующая материалам с порами различных размеров, не имеет прямолинейного участка и характеризуется турбулентным потоком воздуха уже при минимальных значениях Δp . Кривая 3 характерна для маловоздухопроницаемых материалов, ее прямолинейность свидетельствует о ламинарном потоке воздуха при самых малых значениях Δp . Кривая 4 свойственна влажным материалам. Она не проходит через

начало координат. Это говорит о том, что воздух начинает проникать через материал только при некотором минимальном давлении $\Delta p_{\text{мин}}$, необходимом для преодоления сил поверхностного натяжения воды, содержащейся в порах материала. Чем больше будет влажность материала, тем выше значение $\Delta p_{\text{мин}}$.

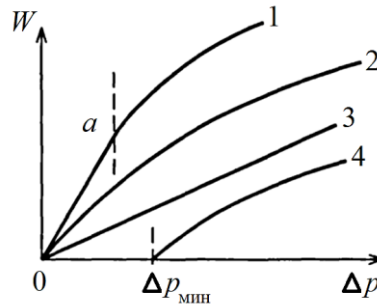


Рис. 2. Графики зависимости « $W - \Delta p$ » различных типов по структуре строительных материалов

При ламинарном движении воздуха в порах материала плотность потока воздуха W , кг/(м²·ч), проникающего через 1 м² слоя материала в течение 1 часа, определяется по формуле:

$$W = i \frac{\Delta p}{\delta}, \quad (7)$$

где i – коэффициент воздухопроницаемости материала, кг/(м·ч·Па); Δp – разность давлений воздуха, Па; δ – толщина слоя материала, м.

Коэффициент воздухопроницаемости материала аналогичен коэффициенту теплопроводности и является показателем воздухопроницаемости материала.

При турбулентном движении воздуха в порах материала прямой зависимости между W и Δp нет. Кривые 1 и 2 (рис. 2) показывают, что в этом случае необходимо принимать Δp^n , причем n может быть в пределах от 0,5 до 1. Однако для практических расчетов формулу (7) можно использовать и для турбулентного движения воздуха, если i определено для данного значения Δp и его изменение берется в небольших пределах.

Необходимо отметить, что на величину коэффициента воздухопроницаемости большое влияние оказывает влажность материала. С

повышением влажности материала понижается и его воздухопроницаемость. Кроме того, прохождение воздуха через влажный материал начинается только при некоторой разности давлений воздуха $\Delta p_{\text{мин}}$, увеличивающейся с повышением влажности материала (рис. 2). Так, например, для обыкновенного глиняного кирпича при влажности 14,5%, $\Delta p_{\text{мин}} = 490,5$ Па. Этой влажности соответствует насыщение пор водой равное 84%. При этом следует отметить, что значительному снижению воздухопроницаемости способствует достижение материалом 50%-ной влажности, соответствующей полному насыщению материала водой.

В расчетах ограждающих конструкций на воздухопроницаемость оценка воздухопроницаемости конструктивных слоев осуществляется по величинам их сопротивлению воздухопроницанию. Для сплошных слоев материалов без щелей и стыков, сопротивление воздухопроницанию $R_{\text{и}}$ определяется по формуле:

$$R_{\text{и}} = \frac{\delta}{i}, \quad (8)$$

где δ – толщина слоя, м; i – коэффициент воздухопроницаемости материала, кг/(м·ч·Па).

Сопротивление воздухопроницанию $R_{\text{и}}$, (м²·ч·Па)/кг показывает величину разности давлений воздуха в Па, при которой за 1 час через 1 м² данного слоя проходит 1 кг воздуха.

Количество воздуха, проходящее через ограждение, W , кг/(м²·ч), определяется по формуле:

$$W = \frac{\Delta p}{\sum R_{\text{и}}}, \quad (9)$$

где Δp – разность давлений воздуха с одной и с другой стороны ограждения, Па; $\sum R_{\text{и}}$ – сумма сопротивлений воздухопроницанию всех слоев ограждения, (м²·ч·Па)/кг.

Воздухопроницаемость конструкций наружных стен, особенно многослойных, не содержащих стыков, практически нулевая. К примеру, в наружных панельных стенах воздухопроницаемыми являются только стыки

панелей. Однако воздухопроницаемость стыков панельных стен увеличивает тепловые потери через ограждение, повышая его коэффициент теплопередачи и увеличивая смещение температурного поля в ограждающей конструкции. Смещение температурного поля происходит вследствие того, что часть теплоты, проходящей через ограждение, идет на нагревание наружного воздуха, проникающего через ограждение. Дифференциальное уравнение температурного поля ограждения с учетом инфильтрации воздуха строится на предположении равнозначности температур воздуха в порах материала и собственно материала в любом сечении ограждения. При этом, количество теплоты, проходящей через бесконечно тонкий слой толщиной dx при отсутствии инфильтрации составит:

$$Q = -\lambda \frac{dt}{dx}, \quad (a)$$

Вследствие инфильтрации воздуха изменение количества теплоты при прохождении ее через слой толщиной dx составит:

$$\frac{dQ}{dx} = -\lambda \frac{d^2t}{dx^2}, \quad (б)$$

Это изменение происходит в результате нагревания воздуха на величину dt , следовательно:

$$\frac{dQ}{dx} = -Wc \frac{dt}{dx},$$

где W – количество воздуха, проходящего через ограждение, кг/(м²·с);

c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1005 Дж/(кг·°С). Приравнивая правые части этих уравнений, получим уравнение температурного поля плоского ограждения при инфильтрации воздуха:

$$\lambda \frac{d^2t}{dx^2} - Wc \frac{dt}{dx} = 0 \quad (10)$$

Решением уравнения (10) получено:

$$\tau_x = t_n + (t_b - t_n) \frac{e^{cWRx} - 1}{e^{cWRo} - 1}, \quad (11)$$

где τ_x – температура в любой плоскости ограждения при инфильтрации воздуха, °С ; t_n и t_b – температуры соответственно наружного и внутреннего воздуха, °С ; e – основание натуральных логарифмов; R_x – термическое

сопротивление ограждения от наружного воздуха до рассматриваемой плоскости при отсутствии инфильтрации воздуха, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; R_o – сопротивление теплопередаче всего ограждения при отсутствии инфильтрации воздуха, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Величина коэффициента теплопередачи ограждения с учетом инфильтрации воздуха определяется по формуле:

$$k = \frac{cW e^{cWR_o}}{e^{cWR_o} - 1} \quad (12)$$

При фильтрации воздуха из здания наружу (эксфильтрация) величина cW берется со знаком минус и коэффициент определяется по формуле:

$$k_{\text{эксфильтр.}} = \frac{cW}{e^{cWR_o} - 1}. \quad (12a)$$

Современные нормы по проектированию тепловой защиты зданий, базируясь на численных и лабораторных исследованиях воздухопроницаемости наружных ограждающих конструкций зданий, допускают инфильтрацию воздуха через наружные стены в количестве не более: $0,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ для жилых зданий и $1,0 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ – для производственных зданий.

В аспекте рассмотренного вопроса сквозной, иначе говоря «поперечной» фильтрации, следует отметить, что в наружных стенах зданий может иметь место т.н. «продольная» фильтрация воздуха, напрямую зависящая от конструктивного решения стен. Продольная фильтрация может происходить под действием ветра на стены, вызывая тем самым тепловые потери из здания, а также без ветрового воздействия под влиянием теплового напора, если стены, выполнены из воздухопроницаемых крупнопористых материалов, в которых не предусмотрен защитный слой от наружного воздуха. В последнем случае через наружную поверхность в нижней части стены будет проникать холодный наружный воздух, а в верхней ее части нагретый воздух будет уходить из нее. В связи с этим, для исключения вредного влияния продольной фильтрации на тепловую эффективность

наружных стен зданий, в их конструкциях следует предусматривать защиту наружной поверхности от излишней воздухопроницаемости.

При большой воздухопроницаемости материалов ограждения, даже при хорошей защите от инфильтрации наружной и внутренней поверхностей конструкции ограждения, в толще материала под влиянием разности температур могут возникнуть конвекционные токи воздуха, аналогичные конвекционным токам в воздушных прослойках. В случае применения крупнопористых воздухопроницаемых материалов или засыпок в конструкции стены влияние внутренней фильтрации на её теплозащитные свойства незначительно. Повышение коэффициента теплопередачи при этом не превышает 5%. Однако внутренняя фильтрация может оказать негативное влияние на тепловую эффективность ограждающей конструкции, значительно снижая ее сопротивление теплопередаче, при устройстве в ней воздушной прослойки, расположенной между воздухопроницаемыми слоями.

Расчет ограждений с вентилируемой воздушной прослойкой

Конструктивные решения наружных стен, формирующие фасады современных зданий, в своем составе имеют вентилируемые воздушные прослойки, необходимые, для нормализации температурно-влажностного режима конструкции стены и повышения тепловой защиты здания.

Вентилируемые фасадные системы являются сложными конструкциями, состоящими из разнородных по своим свойствам материалов (рис. 1). В связи с чем, методика расчета теплофизических свойств таких конструкций, должна позволять рассчитывать влажностный режим и теплозащитные свойства с учетом фильтрации воздуха в фасадной конструкции.

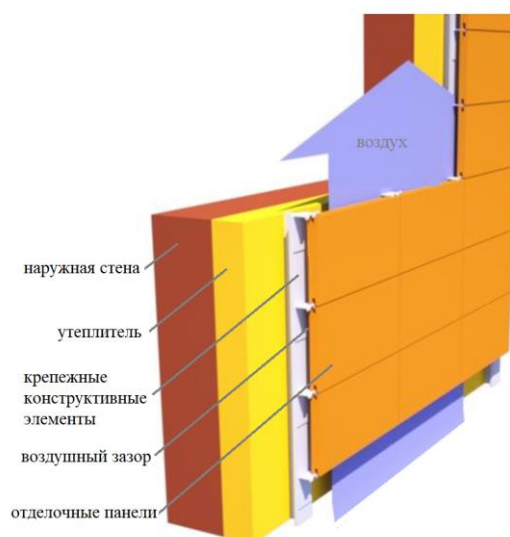


Рис. 3. Конструкция наружной стены с вентилируемой фасадной системой

Теплофизические свойства вентилируемых воздушных прослоек и влияние их на температурно-влажностный режим ограждающих конструкций изучались многими учеными. Так, еще в 40-х годах прошлого столетия была разработана методика теплофизического расчета воздушных прослоек советским профессором В.Д. Мачинским, который рассматривал вентилируемый зазор в конструкции наружного ограждения как воздушный канал, через одну сторону которого теплота поступает в канал от внутреннего воздуха, а через другую сторону передается наружному воздуху. Принцип этого расчета заключается в следующем:

Количество воздуха W (кг/ч), проходящего через воздушную прослойку шириной 1 м, определяется по формуле:

$$W = 3600\nu\delta\gamma, \quad (1)$$

где ν – скорость воздуха в прослойке, м/с; δ – толщина воздушной прослойки; γ – плотность воздуха, кг/м³.

Обозначая коэффициент теплопередачи части ограждения от внутреннего воздуха до воздуха в прослойке k_v , а другой его части от воздуха в прослойке до наружного воздуха через k_n , выделяется по длине прослойки бесконечно малый элемент ограждения dx шириной 1 м. Для этого элемента определяются количество теплоты Q_1 , поступающей в прослойку от внутреннего воздуха, количество теплоты Q_2 , уходящей из прослойки к

наружному воздуху и количество теплоты Q_3 , идущей на изменение температуры воздуха в прослойке на величину dt , °C по формулам:

$$\begin{aligned} Q_1 &= k_B (t_B - t_x) dx \\ Q_2 &= k_H (t_x - t_H) dx \\ Q_3 &= Wcdt \end{aligned} \quad (2)$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг·°C); t_x – температура воздуха в данном сечении прослойки, °C.

Из условий теплового баланса $Q_3 = Q_1 - Q_2$ имеем:

$$Wcdt = k_B (t_B - t_x) dx - k_H (t_x - t_H) dx. \quad (3)$$

Интегрированием уравнения (3) получена формула по вычислению температуры воздуха в прослойке на расстоянии x м от входа воздуха в прослойку:

$$t_x = \frac{A + [t_0(k_B + k_H) - A]e^{-\frac{k_B + k_H}{Wc}x}}{k_B + k_H}, \quad (4)$$

где t_x – температура воздуха в прослойке на расстоянии x от входа воздуха в прослойку; $A = k_B t_B + k_H t_H$, Вт/м² – температура воздуха, входящего в прослойку, °C; e – основание натуральных логарифмов.

Действительная величина коэффициента теплопередачи ограждения определяется по формуле:

$$k = \frac{t_B - t_x}{t_B - t_H} k_B. \quad (5)$$

В связи с тем, что температура воздуха по длине прослойки изменяется, то и величина коэффициента теплопередачи тоже будет меняться по длине прослойки.

Конструкции навесных фасадных систем (НФС) имеют воздушный зазор между облицовкой и утеплителем (рис. 3), влияние которого на тепловую эффективность наружных стен должно учитываться в теплофизических расчетах при проектировании зданий. Однако расчет тепломассообмена в вентилируемом воздушном зазоре, рассматривающий несколько типов теплопередачи, является сложной задачей. Поэтому расчет температуры, скорости движения воздуха и других параметров тепломассообмена в

воздушном зазоре рекомендуется проводить численными методами с использованием вычислительных программ, реализующих расчеты двухмерных и трехмерных температурных полей.

Рекомендуемая методика теплофизического расчета НФС с вентилируемой воздушной прослойкой приведена в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (Приложение Л).

§§ 3.2. Нестационарные теплофизические расчеты ограждающих конструкций с учетом тепловой инерции

Как известно, при стационарном тепловом потоке, при котором температура не изменяется во времени, количество теплоты Q , проходящей через 1 м^2 бесконечно тонкого слоя ограждения толщиной dx в течение 1 с , определяется по формуле (а), см п.2.2.1). В нестационарных условиях теплопередачи величина теплового потока при прохождении его через выделенный слой будет изменяться. Для определения величины изменения теплового потока по толщине слоя уравнение (а) дифференцируют по dx и получают уравнение (б), см п.2.2.1), характеризующее изменение количества теплоты при прохождении ее через слой толщиной dx .

Изменение температуры теплового потока во времени связано с поглощением или выделением теплоты слоем. Количество теплоты dQ_1 , требуемое для повышения температуры слоя толщиной dx на dt градусов за промежуток времени dz , пропорционально теплоемкости слоя, равной $c\gamma dx$, определяется по формуле:

$$dQ_1 = -c\gamma dx \frac{dt}{dz}, \quad (1)$$

где c – удельная теплоемкость материала слоя, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$. dQ_1 является отрицательной величиной, в связи с тем, что повышение температуры слоя связано с поглощением им теплоты и уменьшением величины теплового потока.

В частных производных уравнение (1) имеет вид:

$$\frac{\partial Q_1}{\partial x} = -c\gamma \frac{\partial t}{\partial z}, \quad (2)$$

Уравнение (2) характеризует изменение величины теплового потока по толщине слоя в результате аккумуляирования им теплоты. В связи с тем, что изменение величины теплового потока в слое при отсутствии в нем внутренних источников теплоты, является следствием только поглощения теплоты слоем, величины $\frac{dQ}{dx}$ и $\frac{\partial Q_1}{\partial x}$ должны быть равны, из уравнений (б, см п.2.2.1) и (1) получим дифференциальное уравнение теплопроводности для одномерного движения теплоты:

$$\frac{\partial t}{\partial z} = \frac{\lambda}{c\gamma} \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}, \quad (3)$$

где $\frac{\lambda}{c\gamma}$ – коэффициент температуропроводности материала обозначается буквой a и имеет размерность м²/с.

Уравнение (3), в левой части которого представлено изменение температуры среды во времени, а в правой – пространственное изменение градиента температуры, показывает, что в каждой точке среды изменение температуры во времени пропорционально пространственному изменению градиента температуры. Коэффициент температуропроводности $a = \frac{\lambda}{c\gamma}$ является коэффициентом этой пропорциональности, из чего следует, что он характеризует скорость выравнивания температуры в различных точках среды. Чем больше будет величина a , тем скорее во всех точках какого-либо тела при его остывании или нагреве температура достигнет одинаковой величины.

Так как, движение теплоты происходит во всех направлениях (по трем осям координат), дифференциальное уравнение теплопроводности можно представить в виде:

$$\frac{\partial t}{\partial z} = a \left[\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial u^2} \right]. \quad (4)$$

Решение вопросов, связанных с передачей теплоты в нестационарных условиях, сводится к интегрированию дифференциальных уравнений теплопроводности (3) и (4). Следует отметить, что решение этих уравнений для условий нестационарного переноса теплоты является более сложной задачей, нежели решение дифференциальных уравнений температурных полей в стационарных условиях теплопередачи. Однако решение таких вопросов в строительной теплотехнике как прогрев и остывание массивных конструкций, затухание температурных колебаний в ограждении в связи с колебаниями температуры наружного воздуха или под воздействием солнечной радиации и т.п. требует учета теплопередачи в нестационарных условиях.

Метод конечных разностей

Одним из наиболее часто применяемых на практике методов расчетов теплопередачи в нестационарных условиях является метод конечных разностей. Этот метод основан на возможном допущении замены процесса непрерывного изменения температуры на скачкообразный как в пространстве, так и во времени. При этом дифференциальные уравнения теплопроводности заменяются уравнениями в конечных разностях.

Рассмотрим случай передачи теплоты через плоскую стену неограниченного протяжения при движении её в одном направлении (случай одномерной задачи), описываемый дифференциальным уравнением (3). В конечных разностях это уравнение имеет вид:

$$\frac{\Delta\tau}{\Delta z} = a \frac{\Delta^2\tau}{\Delta x^2}, \quad (a)$$

где $\Delta\tau$ – конечные приращения температур, °С; Δz – конечные приращения времени, ч; a – коэффициент температуропроводности среды, м²/ч; Δx – толщины элементарных слоев в направлении оси x , м.

Для решения этого уравнения плоская однородная стенка разбивается на элементарные слои одинаковой толщины Δx . Плоскости, разделяющие эти слои обозначаются номерами $\dots n - 1; n; n + 1; \dots$, а время разбивается на

равные интервалы Δz , ч (рис. 1). Определяемые температуры в плоскостях, делящих стенку на слои, обозначаются буквами τ с двумя индексами, (1-ый – номер плоскости; 2-ой – момент времени, которому соответствует данная температура). Подставляя эти данные в уравнение (а) получим:

$$\frac{\tau_{n,z+1} - \tau_{n,z}}{\Delta z} = a \frac{\tau_{n+1,z} + \tau_{n-1,z} - 2\tau_{n,z}}{\Delta x^2}, \quad (6)$$

где $\tau_{n,z+1}$ – температура в плоскости n в момент времени $z + \Delta z$.

Решая уравнение (б) относительно $\tau_{n,z+1}$ получим формулу для определения температуры в любой плоскости через интервал времени Δz по температурам в этой же плоскости и в двух соседних плоскостях в предыдущий момент времени z :

$$\tau_{n,z+1} = \tau_{n,z} + a \frac{\Delta z}{\Delta x^2} (\tau_{n+1,z} + \tau_{n-1,z} - 2\tau_{n,z}). \quad (5)$$

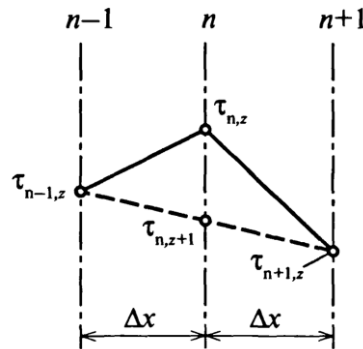


Рис. 1. К расчету изменения температуры в плоской стенке

Для частного случая, при подборе значений Δz и Δx , чтобы $a \frac{\Delta z}{\Delta x^2} = 0,5$, можно получить формулу (5а), имеющую простой вид, справедливую только при $\Delta z = \frac{\Delta x^2}{2a}$:

$$\tau_{n,z+1} = \frac{\tau_{n+1,z} + \tau_{n-1,z}}{2}. \quad (5a)$$

Физический смысл формулы (5а) заключается в том, что через данный интервал времени Δz между плоскостями $n + 1$ и $n - 1$ устанавливается стационарное состояние теплопередачи. Следовательно, этот интервал времени является максимальным, и при пользовании формулой (5) можно

принимать интервалы времени Δz , не превышающие величину $\Delta z_{\text{макс}}$, определяемую по формуле:

$$\Delta z_{\text{макс}} = \frac{\Delta x^2}{2a} . \quad (6)$$

При этом, чем меньше будут взяты интервалы времени, тем более точным будет расчет, так как даже при незначительном превышении величины $\Delta z_{\text{макс}}$ изменения температуры начинают носить скачкообразный характер и результаты расчета будут неверными.

Формула (5а) показывает, что при $\Delta z = \Delta z_{\text{макс}}$ определение температур в плоскостях раздела слоев можно выполнять графически. Для этого достаточно соединить прямой линией точки, соответствующие температурам в двух соседних плоскостях в момент времени z , чтобы получить температуру в данной плоскости через интервал времени Δz (пунктирная прямая на рис. 1). Но следует отметить, что графический способ расчета не является достаточно точным.

В случае двумерной задачи, когда движение теплоты рассматривается в направлении двух осей координат x и y , ограждение разбивают на квадраты со сторонами $\Delta = \Delta x = \Delta y$. В этом случае величина максимального интервала времени $\Delta z_{\text{макс}}$ определяется по формуле:

$$\Delta z_{\text{макс}} = \frac{\Delta^2}{4a} . \quad (7)$$

При $\Delta z = \Delta z_{\text{макс}}$ температуры в узлах квадратной сетки в момент времени $z + \Delta z$ определяются по формуле:

$$\tau_{x,y,z+1} = \frac{\tau_{x+\Delta,z} + \tau_{x-\Delta,z} + \tau_{y+\Delta,z} + \tau_{y-\Delta,z}}{4} , \quad (8)$$

из которой видно, что температура в каждом узле сетки равна средней арифметической из температур четырех соседних узлов в предыдущий момент времени. При $\Delta z < \Delta z_{\text{макс}}$, температуры в узлах сетки в двумерном температурном поле вычисляются по формуле:

$$\tau_{n,z+1} = \tau_{n,z} + a \frac{\Delta z}{\Delta x^2} (\tau_{x+\Delta,z} + \tau_{x-\Delta,z} + \tau_{y+\Delta,z} + \tau_{y-\Delta,z} - 4 \tau_{n,z}) . \quad (8a)$$

Граничные условия на поверхностях, граничащих с воздухом или разделяющих различные материалы, определяются как для одномерной задачи.

В общем случае при трехмерной задаче, описываемой дифференциальным уравнением (4), пространство разбивается кубической решеткой, в узлах которой определяются температуры. В этом случае $\Delta z_{\text{макс}} = \frac{\Delta^2}{6a}$ и при $\Delta z = \Delta z_{\text{макс}}$ температуры в соответствующих узлах решетки определяются как среднее арифметическое из температур в шести соседних узлах в предыдущий момент времени.

При расчетах двухмерных температурных полей в нестационарных условиях можно использовать неравномерную прямоугольную сетку. В этом случае для определения температуры $\tau_{x,z+1}$ в каждом узле сетки по температурам в четырех соседних узлах в момент времени z вычисляют коэффициенты теплопередачи от этого узла к соседним узлам с учетом площади теплопередачи, как это делается в расчете температурного поля при стационарных условиях теплопередачи.

Количество теплоты, приходящей за время Δz к узлу с температурой τ_x :

от узла 1 $Q_1 = k_1 (\tau_1 - \tau_x) \Delta_z$ (Дж)

от узла 2 $Q_2 = k_2 (\tau_2 - \tau_x) \Delta_z$ (Дж)

от узла 3 $Q_3 = k_3 (\tau_3 - \tau_x) \Delta_z$ (Дж)

от узла 4 $Q_4 = k_4 (\tau_4 - \tau_x) \Delta_z$ (Дж)

В нестационарных условиях теплопередачи сумма этих количеств теплоты $\sum Q$ в общем случае не равняется нулю, как это имеет быть место в стационарных условиях теплопередачи. Её величина должна быть равной изменению теплосодержания прямоугольной призмы высотой 1 м и площадью поперечного сечения прямоугольника F , стороны которого проходят через середины расстояний между узлом τ_x и соседними узлами. Изменение теплосодержания этой призмы в связи с изменением ее температуры за время Δz от τ_x до $\tau_{x,z+1}$ определяется по формуле:

$$\Delta Q = \gamma F c \cdot 1000 (\tau_{x,z+1} - \tau_x) \text{ (Дж)},$$

где γ – плотность материала, кг/м³; F – площадь поперечного сечения призмы, м² (численно равная объему призмы (м³) при высоте призмы 1 м); c – удельная теплоемкость материала, кДж/(кг·°С). Приравнявая $\sum Q$ и ΔQ и подставляя их значения, получим уравнение:

$$k_1(\tau_1 - \tau_x)\Delta z + k_2(\tau_2 - \tau_x)\Delta z + k_3(\tau_3 - \tau_x)\Delta z + k_4(\tau_4 - \tau_x)\Delta z = \gamma F c \cdot 1000 (\tau_{x,z+1} - \tau_x),$$

решая которое относительно $\tau_{x,z+1}$, получим расчетную формулу:

$$\tau_{x,z+1} = \frac{\Delta z}{\gamma F c \cdot 1000} [k_1(\tau_1 - \tau_x) + k_2(\tau_2 - \tau_x) + k_3(\tau_3 - \tau_x) + k_4(\tau_4 - \tau_x)] + \tau_x,$$

для вычисления температур в любом узле прямоугольной сетки в момент времени $z + \Delta z$ по температурам за предыдущий момент времени в этом узле и в четырех соседних узлах. При этом величина $\Delta z_{\text{макс}}$ определяется по формуле (7), принимая Δx равным наименьшему из расстояний между узлами сетки.

Если в пределах температурного поля имеется не один материал, то величина $\gamma F c$ вычисляется для каждого материала по занимаемой им площади в пределах общей площади, равной F_0 . Полученные величины суммируются. Величины коэффициентов теплопередачи между узлами сетки в этом случае вычисляются так же, как при расчете стационарных температурных полей.

Метод конечных разностей прост и универсален. Им возможно решать многие задачи, связанные с нестационарным тепловым потоком. При этом можно принимать любые изменения температуры внутреннего и наружного воздуха во времени, изменения величин α и λ и коэффициентов теплопроводности во времени, что не достигается аналитическими решениями дифференциальных уравнений теплопроводности.

Теплоусвоение

Свойство поверхностей ограждающих конструкций в той или иной степени воспринимать теплоту при периодических колебаниях теплового потока или температуры воздуха в строительной теплотехнике называют теплоусвоением. Понятие теплоусвоения внесено О.Е. Власовым в разработанную им теорию теплоустойчивости ограждений, в которой он рассматривал тепловые потоки и температуры как гармонические, происходящие по закону синусоиды, в большинстве случаев отражающих действительную картину этого процесса.

В случаях, когда фактическая кривая колебаний теплового потока значительно отличается от синусоиды, её, по правилам гармонического анализа можно разложить на ряд синусоид, а колебания температуры, вызванные ими, суммировать с учетом сдвига их фаз.

Колебания теплового потока и температуры внутренней поверхности ограждения в предположении, что количество теплоты Q , Вт/м², воспринимаемой внутренней поверхностью ограждения, при неравномерной теплоотдаче отоплением изменяется во времени по синусоиде с периодом z , равным периоду колебания отдачи теплоты отоплением, графически изображены на рис. 2, на котором прямая линия $Q_z - Q_z$ выражает тепловой поток, проходящий через 1 м² ограждения в 1 ч за период времени z , ч.

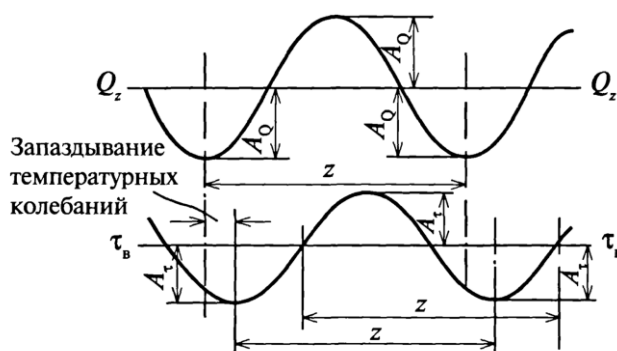


Рис. 2. Колебания теплового потока и температуры внутренней поверхности ограждения

Величина Q_z определяется по формуле:

$$Q_z = \frac{t_B - t_H}{R_0},$$

где $t_{\text{в}}$ – среднее значение температуры внутреннего воздуха за период времени z , °C.

Величина максимального повышения или понижения теплового потока относительно его среднего значения называется амплитудой колебания теплового потока и обозначается A_Q . Как видно из рис. 2, тепловой поток колеблется в пределах от максимального его значения, соответствующего максимальной отдаче теплоты отопительным прибором $Q_{\text{макс}} = Q_z + A_Q$, до минимального его значения $Q_{\text{мин}} = Q_z - A_Q$, соответствующего наименьшей отдаче теплоты отоплением.

Величина A_Q может быть выражена как часть от среднего расхода теплоты: $A_Q = mQ_z$, где m – отвлеченное число, которое при колебаниях отдачи теплоты отоплением, зависит исключительно от свойств отопительного прибора и называется коэффициентом неравномерности отдачи теплоты отоплением. При этом, чем равномернее происходит отдача теплоты отопительными системами, тем меньше величина m , а следовательно, меньше и A_Q . В пределе при $m = 0$ A_Q тоже будет равно нулю, а значит тепловой поток будет стационарным.

Колебания величины теплового потока, проходящего через ограждение, вызывают колебания температуры на внутренней поверхности ограждения, которые происходят тоже по синусоиде и с тем же периодом z , однако запаздывая по времени (нижняя кривая на рис. 2). Запаздывание колебаний температуры на внутренней поверхности ограждения объясняется тем, что в то время как величина теплового потока достигает своего минимума и начинает увеличиваться, температура на внутренней поверхности ограждения некоторое время еще продолжает понижаться, пока не достигнет своего минимума. Такое запаздывание наблюдается и при достижении тепловым потоком своего максимума.

Прямая линия $\tau_{\text{в}} - t_{\text{в}}$, изображенная на рис. 2, характеризует среднюю величину температуры внутренней поверхности ограждения за период

времени z . Эта температура соответствует стационарному тепловому потоку при данных температурах внутреннего t_v и наружного t_n воздуха. Величина максимального повышения или понижения температуры на внутренней поверхности ограждения в сравнении со средним ее значением – есть амплитуда колебания температуры внутренней поверхности ограждения A_τ , которая зависит от амплитуды колебания теплового потока A_Q , периода колебания z и теплотехнических свойств собственно ограждения. Температура внутренней поверхности ограждения колеблется в пределах от ее максимального значения $\tau_{\max} = \tau_v + A_\tau$ до минимального $\tau_{\min} = \tau_v - A_\tau$. Отношение величины амплитуды колебания теплового потока A_Q к величине амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности ограждения A_τ называется коэффициентом теплоусвоения внутренней поверхности ограждения Y_v . Таким образом,

$$Y_v = \frac{A_Q}{A_\tau} . \quad (9)$$

Коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности является важной характеристикой ограждения в отношении воздействия на него периодических колебаний температуры и теплового потока, так как напрямую зависит не только от теплотехнических свойств конструкции ограждения, но и от периода колебаний теплового потока z . Величина коэффициента Y_v характеризуется максимальным изменением амплитуды колебания теплового потока, воспринимаемого внутренней поверхностью ограждения при её амплитуде колебания температуры, равной 1°C . Чем больше будет величина коэффициента теплоусвоения внутренней поверхности ограждения Y_v при одной и той же величине амплитуды колебания теплового потока A_Q , тем меньше будет амплитуда колебания температуры на его внутренней поверхности A_τ .

Если ограждение состоит из одного материала и имеет очень большую толщину, то теплоусвоение его внутренней поверхности при заданном периоде колебания температуры будет зависеть только от свойств этого

материала. В этом случае теплоусвоение представляет физическую характеристику материала ограждения, называемую коэффициентом теплоусвоения материала, который обозначается буквой s и имеет размерность $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$, как и коэффициент теплоусвоения поверхности ограждения. Величина коэффициента теплоусвоения материала зависит от коэффициента теплопроводности λ , удельной теплоемкости c и плотности γ , а также от периода колебания теплового потока z и определяется по формуле:

$$s = \sqrt{\frac{2\pi\lambda c\gamma}{z}} \quad (10)$$

В частном случае при $z = 24$ ч формула (10) принимает вид:

$$s_{24} = 0,0085\sqrt{\lambda c\gamma} \quad (10a)$$

При $z = 12$ ч формула (10) имеет вид:

$$s_{12} = 0,012\sqrt{\lambda c\gamma} = 1,41 \quad (10б)$$

Формула (10) показывает, что коэффициент теплоусвоения материала увеличивается с уменьшением периода z . В пределе, когда $z = 0$, т. е. колебания теплового потока отсутствуют, $s = \infty$. В этом случае по формуле (9) получим, что $A_\tau = 0$, т. е. колебания температуры на внутренней поверхности ограждения будут отсутствовать, что свидетельствует о том, что тепловой поток является стационарным. По формуле (10) видим, что наибольшим теплоусвоением обладают тяжелые теплопроводные материалы, а наименьшим – легкие малотеплопроводные материалы.

Колебания температуры на внутренней поверхности ограждения вызывают и колебания температуры в толще ограждения. По мере удаления от внутренней поверхности ограждения амплитуды колебания температуры постепенно уменьшаются, как это демонстрирует схема колебаний температуры в ограждении, приведенной на рис. 3. На схеме сплошная прямая линия $\tau_B - \tau_H$ представляет падение температуры в толще ограждения

при стационарном тепловом потоке. Пунктирные линии выше и ниже этой прямой дают границы колебания температуры в соответствующих плоскостях ограждения. Таким образом, расстояния по вертикали от любой точки этой линии до наклонной прямой выражают амплитуды колебания температуры в соответствующих плоскостях ограждения. На этой схеме четко видно убывание этих амплитуд от их максимального значения A_τ по мере удаления от внутренней поверхности вглубь ограждения.

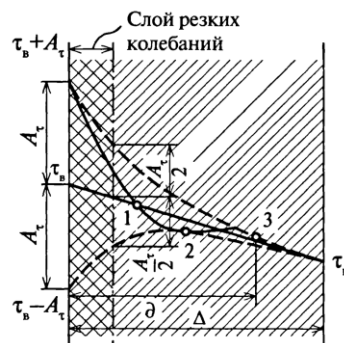


Рис. 3. Схема колебания температуры в толще ограждения

Кроме уменьшения амплитуд колебания температуры по мере их удаления от внутренней поверхности ограждения происходит также и запаздывание этих колебаний во времени. На рис. 3 это изображено волнообразной линией, показывающей температуру в любой плоскости ограждения в момент времени, соответствующий максимальной температуре внутренней поверхности ограждения $\tau_v = A_\tau$. На схеме видно, что в тот момент, когда на внутренней поверхности ограждения температура достигла своего максимума, в точке 1 она имеет значение, соответствующее средней температуре в этой точке, в точке 2 в этот момент наблюдается минимальная температура, а в точке 3 – максимальная температура, соответствующая предыдущему максимуму температуры внутренней поверхности. Следовательно, в точке 3 температурные колебания отстают от колебаний температуры на внутренней поверхности ограждения на время, равное периоду колебания теплового потока z .

Таким образом, в толще ограждения образуется температурная волна, затухающая по мере проникания ее в толщу ограждения. Расстояние между

двумя максимумами или двумя минимумами волны называется длиной волны. Для характеристики числа волн, расположенных в толще ограждения может служить величина его тепловой инерции D («условная толщина ограждения», по определению О.Е. Власова).

Показатель тепловой инерции однородного ограждения определяется как произведение его термического сопротивления теплопередаче R на коэффициент теплоусвоения материала ограждения s , т.е.

$$D = Rs \quad (11)$$

Для многослойного ограждения показатель тепловой инерции определяется как сумма показателей тепловой инерции его отдельных слоев:

$$D = R_1s_1 + R_2s_2 + \dots + R_ns_n \quad (11a)$$

Показатель тепловой инерции ограждения является величиной безразмерной. В ограждении, имеющем $D = 8,5$, располагается около одной целой температурной волны. При $D < 8,5$ в ограждении располагается неполная волна, а при $D > 8,5$ – более одной температурной волны.

Значение показателя тепловой инерции зависит от периода колебания теплового потока, так как значение s , входящее в формулу (11), зависит от величины z . С уменьшением периода колебания теплового потока увеличивается показатель тепловой инерции ограждения, т.е. в ограждении располагается большее число волн, уменьшается длина температурной волны и быстрее затухают температурные колебания в толще ограждения. При увеличении периода колебания происходит обратное явление.

При определении величины коэффициента теплоусвоения внутренней поверхности ограждения большое значение имеет так называемый «слой резких колебаний», который непосредственно примыкает к ограждению, с другой стороны которого амплитуда колебания температуры составляет приблизительно половину амплитуда колебания температуры на поверхности ограждения ($\frac{A_\tau}{2}$, рис. 3). В слое резких колебаний располагается около $1/8$ длины температурной волны. Этот слой характеризуется тем, что для него показатель тепловой инерции равен единице, т.е.

$$D_{\partial} = R_{\partial} s = 1, \quad (11б)$$

где R_{∂} – термическое сопротивление слоя резких колебаний, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; s – коэффициент теплоусвоения материала $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

На величину коэффициента теплоусвоения внутренней поверхности ограждения $Y_{\text{в}}$ оказывают влияние только теплотехнические свойства материалов ограждения, расположенных в его слое резких колебаний. Остальная часть ограждения, расположенная за пределами слоя резких колебаний, на коэффициент теплоусвоения его внутренней поверхности не влияет. Подставив в формулу (11б) $R_{\partial} = \frac{\partial}{\lambda}$ и получив $D = \frac{\partial}{\lambda} s = 1$, можно определить толщину слоя резких колебаний ∂ , м для однородного ограждения по формуле:

$$\partial = \frac{\lambda}{s}, \quad (11в)$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала ограждения, $\text{Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$; s – коэффициент теплоусвоения материала $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Толщина слоя резких колебаний ∂ , также как и показатель тепловой инерции ограждения, зависит от периода колебания теплового потока z , но увеличивается с увеличением этого периода и уменьшается с его уменьшением.

Для определения величины коэффициента теплоусвоения внутренней поверхности ограждения $Y_{\text{в}}$, зависящей от расположения слоя резких колебаний в ограждении, рассматривают следующие возможные случаи, влияющие на точность решения этой задачи.

1. Слой резких колебаний полностью расположен в первом слое ограждения. Такой вариант возможен в случае, когда показатель тепловой инерции первого слоя $D_1 = R_1 s_1 \geq 1$. Если $D_1 = 1$, то граница слоя резких колебаний совпадает с границей между первым и вторым слоем ограждения. Т.к. в этих случаях на теплоусвоение внутренней поверхности ограждения материалы следующих слоев влияния не оказывают, теплоусвоение

внутренней поверхности ограждения будет равно коэффициенту теплоусвоения материала первого слоя, т.е. $Y_B = s_1$.

2. Слой резких колебаний расположен в двух первых слоях ограждения, т.е. граница его находится во втором слое ограждения при условии, что первый слой имеет $D_1 < 1$, а сумма величин D первого и второго слоев $D_1 + D_2 \geq 1$. При этом на величину Y_B оказывает влияние также и теплоусвоение материала второго слоя ограждения и значение Y_B определяется по формуле:

$$Y_B = \frac{R_1 s_1^2 + s_2}{1 + R_1 s_2} \quad (12)$$

где R_1 – термическое сопротивление первого слоя, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$; s_1 и s_2 – коэффициенты теплоусвоения первого и второго слоев, соответственно, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

3. Слой резких колебаний расположен в нескольких слоях ограждения, т.е. граница его располагается в некотором n -ом слое ограждения. Такой случай возможен, если сумма величин D_{n-1} первых слоев ограждения будет меньше единицы, т.е. $D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_{n-1} < 1$, но $D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n \geq 1$, т.е. n слоев дают показатель тепловой инерции, равный или больший единицы. В этом случае определение величины теплоусвоения начинается с внутренней поверхности $n - 1$ слоя по формуле:

$$Y_{n-1} = \frac{R_{n-1} s_{n-1}^2 + s_n}{1 + R_{n-1} s_n}. \quad (12a)$$

Затем определяют величину теплоусвоения внутренней поверхности $n - 2$ слоя по формуле:

$$Y_{n-2} = \frac{R_{n-2} s_{n-2}^2 + Y_{n-1}}{1 + R_{n-2} Y_{n-1}}, \quad (12b)$$

где Y_{n-1} – теплоусвоение внутренней поверхности $n - 1$ слоя, определенное по формуле (12a), $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Далее в том же порядке определяют величины коэффициентов теплоусвоения $n - 3$ слоя Y_{n-3} и т.д. до тех пор, пока не дойдут до первого слоя ограждения, теплоусвоение которого будет равным теплоусвоению внутренней поверхности ограждения, определенное по формуле (12b), т.е.

$$Y_B = Y_1 = \frac{R_1 s_1^2 + Y_2}{1 + R_1 Y_2},$$

где Y_2 – теплоусвоение внутренней поверхности второго слоя, определенное предварительно по формуле (12б), Вт/(м²·°C).

4. Слой резких колебаний выходит за пределы ограждения, т.е. граница его находится вне ограждения. Это будет в том случае, если сумма величин D всех слоев ограждения составит меньше единицы.

В этом случае сначала определяют теплоусвоение внутренней поверхности последнего (наружного) слоя ограждения по формуле:

$$Y_n = \frac{R_n s_n^2 + \alpha_n}{1 + R_n \alpha_n}, \quad (12в)$$

где R_n – термическое сопротивление последнего слоя ограждения, (м²·°C)/Вт; s_n – коэффициент теплоусвоения материала этого слоя, Вт/(м²·°C); α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, Вт/(м²·°C).

Дальнейший порядок расчета идентичен третьему случаю.

5. В случае, когда однородность материала слоя нарушена, т.е. слой состоит из нескольких материалов, расположенных по поверхности слоя и каждый материал имеет толщину, равную толщине слоя, определяют средний коэффициент теплоусвоения по формуле:

$$s_{cp} = \frac{s_I F_I + s_{II} F_{II} + \dots + s_n F_n}{F_I + F_{II} + \dots + F_n}, \quad (13)$$

где $s_I, s_{II}, \dots, s_n$ – коэффициенты теплоусвоения отдельных материалов слоя, Вт/(м²·°C); $F_I, F_{II}, \dots, F_n$ – площади, занимаемые отдельными материалами по поверхности слоя, м²; n – число материалов, входящих в слой. Средний коэффициент теплоусвоения материалов слоя s_{cp} берется как при определении величины Y_B , так и при определении величины D слоя.

6. Для практических расчетов при определении теплоусвоения воздушных прослоек принимается коэффициент теплоусвоения воздуха $s = 0$ независимо от периода колебания теплового потока.

Теплоусвоение внутренней поверхности ограждения зависит от порядка расположения в нем слоев материалов. При расположении у внутренней

поверхности ограждения материалов, имеющих большое значение коэффициента теплоусвоения s , повышает теплоусвоение внутренней поверхности ограждения Y_B и понижает его при расположении с внутренней поверхности материалов с низким коэффициентом теплоусвоения s .

Теплоустойчивость

О.Е. Власовым в строительную теплотехнику было введено понятие коэффициента теплоустойчивости ограждения φ для характеристики теплоустойчивости наружных ограждений зданий. Коэффициент φ представляет собой отношение разности температур внутреннего и наружного воздуха $t_B - t_H$ к максимальной разности температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждения $t_B - \tau_{\min}$, т.е. $\varphi = \frac{t_B - t_H}{t_B - \tau_{\min}}$, где $\tau_{\min}$ – минимальная температура внутренней поверхности ограждения, °С. Величина φ зависит как от теплотехнических свойств ограждения, так и от системы отопления. По формуле О.Е. Власова φ определяется:

$$\varphi = \frac{R_0}{R_0 + \frac{m}{Y_B}}, \quad (14)$$

где R_0 – сопротивление теплопередаче ограждения, (м²·°С)/Вт; Y_B – коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждения, Вт/(м²·°С).

Формула (14) показывает, что теплоустойчивость ограждения может быть повышена за счет: увеличения сопротивления теплопередаче ограждения; увеличения коэффициента теплоусвоения внутренней поверхности ограждения Y_B , которое может быть достигнуто расположением у внутренней поверхности ограждения материалов с большим коэффициентом теплоусвоения s , а также за счет уменьшения периода колебания теплового потока, отдаваемого отопительной системой; использования систем отопления с равномерной отдачей тепла (уменьшения величины m).

В заключение следует заметить, что в теории теплоустойчивости ограждение рассматривается изолированно от внутреннего помещения и конструктивной системы, влияющих на теплоустойчивость наружных

ограждающих конструкций здания. При этом коэффициент теплоустойчивости может служить хорошей оценкой для сравнения теплоустойчивости отдельных конструкций ограждений.

Раздел 2. Фасады зданий и их системы

§ 4. Фасадные системы зданий

§§ 4.1 Конструктивные решения фасадов зданий

Наружные стены, формирующие фасад здания, должны отвечать не только требованиям его теплозащиты, прочности, устойчивости, технологичности, но и архитектурной выразительности. От конструктивного решения наружных стен зависит комфортность пребывания в здании и срок его службы. Поэтому наружные стены, главным образом, должны быть прочными и «теплыми»: либо однослойными однородными, и по этой причине, очень толстыми и тяжелыми, либо многослойными, неоднородными, выполненными из легких эффективных материалов.

В зависимости от функционального назначения здания, его конструктивной системы и статического типа наружных стен фасады зданий могут быть кирпичными, каменными, выполненными из сборного или монолитного железобетона, штукатурными (по технологии «мокрого» фасада), навесными, в том числе вентилируемыми, с различными типами облицовки, а также светопрозрачными.

Современные требования по повышению энергетической эффективности зданий ставят перед проектировщиками задачи по проектированию ограждающих конструкций, обладающих повышенным сопротивлением теплопередаче. К таким конструкциям можно отнести многослойные фасадные системы, включающие теплоизоляционный слой из легких теплоэффективных материалов – это так называемые «мокрые» (штукатурные) и навесные фасады.

Штукатурные («мокрые») фасады зданий

Штукатурные фасады получили название «мокрых фасадов» в связи с тем, что технологический процесс их возведения связан с водой. Применяют такие фасады для стен, выполненных из сборного или монолитного

железобетона, а также из природных или искусственных камней (кирпича, блоков).

Конструкция «мокрого фасада» представляет собой многослойную «шубу», состоящую из слоя теплоизоляции, прикрепленной к стене, армирующей сетки и отделочного слоя штукатурки (рис. 1).

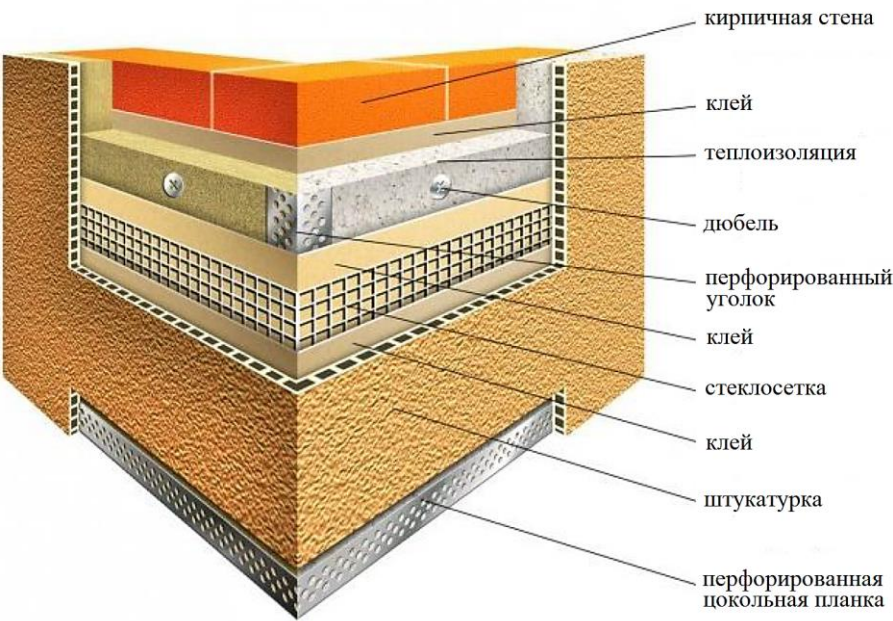


Рис. 1. Конструктивное решение штукатурного фасада

Система утепления штукатурного фасада состоит из двух конструктивных слоев: теплоизоляции и отделочного штукатурного слоя.

Отделочный слой выполняют из фасадной штукатурки различного состава: минеральной на основе цемента; акриловой на основе акриловых смол; силикатной на основе жидкого калийного стекла; силиконовой на основе силиконовых смол, физико-технические характеристики которых представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Физико-технические характеристики материалов

Тип штукатурк	Стойкость к воздействиям				
	Механическ	Атмосферн	Солнечн	Низким	Загрязнен

и	им	ым осадкам	ой радиаци и	температур ам	ию
Минеральн ая	Низкая	Средняя	Высокая	Высокая	Средняя
Акриловая	Высокая	Высокая	Низкая	Низкая	Низкая
Силикатна я	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя
Силиконов ая	Средняя	Высокая	Высокая	Низкая	Высокая

В качестве теплоизоляции в штукатурных фасадах применяют минераловатные плиты из базальтового волокна на синтетическом связующем с гидрофобными добавками, а также пенополистирольные плиты. Минераловатные плиты применяют как для устройства собственно теплоизоляции, так и для противопожарных рассечек в теплоизоляционном слое, выполненном из пенополистирольных плит. В фасадных системах в качестве теплоизоляции используют специальные марки минераловатных плит, способных выдерживать нагрузки и имеющие достаточную прочность на отрыв. Теплоизоляционные минераловатные плиты обладают высокой степенью огнестойкости и являются хорошим основанием под штукатурку для стен, выполненных из пено- или газобетона. Кроме того, базальтовые минераловатные плиты устойчивы к воздействию воды, экологичны и долговечны.

Для штукатурных фасадов применяют пенополистирольные плиты плотностью не менее 16 – 17 кг/м³, обладающие достаточной прочностью и малой горючестью марки ПСБ-С. При использовании пенополистирола в качестве основного утеплителя, для предотвращения распространения пламени по фасаду здания, в нем предусматривают специальные рассечки и обрамления из негорючей базальтовой минеральной ваты. К достоинствам

фасадной теплоизоляции из пенополистирольных плит можно отнести: низкий коэффициент теплопроводности; хорошая сопротивляемость ряду химических веществ; высокое сопротивление диффузии водяных паров и намоканию; стойкость к отрицательным температурам (t до -65°C); высокая прочность при низкой плотности; малый вес. Недостатками утеплителя из пенополистирольных плит являются: низкая паропроницаемость (требуется дополнительная пароизоляция в стенах из пено- или газобетона); низкая стойкость к высоким температурам (t не должна быть выше 80°C). Кроме того, этот утеплитель разрушается под действием ультрафиолета, при горении токсичен, не стоек к воздействию растворителей и веществ, содержащих в своем составе битум.

По конструкции штукатурные фасады подразделяют на два типа: фасады с тонким и толстым штукатурными отделочными слоями.

Фасады с тонким штукатурным слоем применяют как для вновь строящихся зданий, так и реконструируемых, в основном с целью их утепления.

Фасадная система с тонким штукатурным слоем характеризуется высокой прочностью, хорошими звукоизоляционными свойствами и эксплуатационной надежностью. Данная система состоит из трех основных конструктивных слоев: утеплителя, армирующего слоя и отделочного слоя из декоративной штукатурки (рис.2).

Толщина и материал теплоизоляционного слоя определяются на основе теплотехнического расчета. Утеплитель крепят к стене с помощью дюбелей тарельчатого типа и штукатурно-клеевой смеси.

Армирующий слой состоит из клеевого состава, соответствующего типу применяемой теплоизоляции, и армирующей сетки, располагаемой между двумя клеевыми слоями. После высыхания армирующий слой выравнивают и по нему устраивают отделочный штукатурный слой. В качестве армирования в таких фасадах применяют сетки из стекловолокна.

Отделочный штукатурный слой не только защищает конструкцию утепления наружной стены, но и является ее декоративным элементом. Для него может применяться мозаичная, структурная и другие виды декоративных штукатурок.

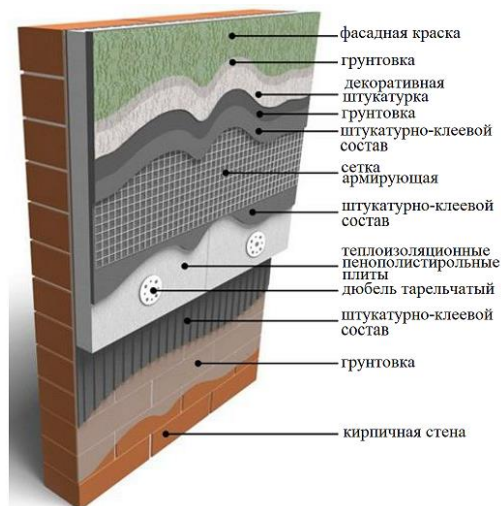


Рис. 2. Конструктивное решение фасада с тонким штукатурным слоем

Конструкция фасада с толстым штукатурным слоем отличается от тонкого штукатурного фасада тем, что ее крепление к стене осуществляется с помощью металлических элементов: сетки и анкеров (рис. 3). В таких системах в качестве утеплителя, как правило, применяют теплоизоляционные минераловатные плиты, толщина которых определяется теплотехническим расчетом. К преимуществам таких фасадных систем следует отнести высокую устойчивость к механическим воздействиям и меньшую трудоемкость технологии монтажа в сравнении с фасадами с тонким штукатурным слоем.

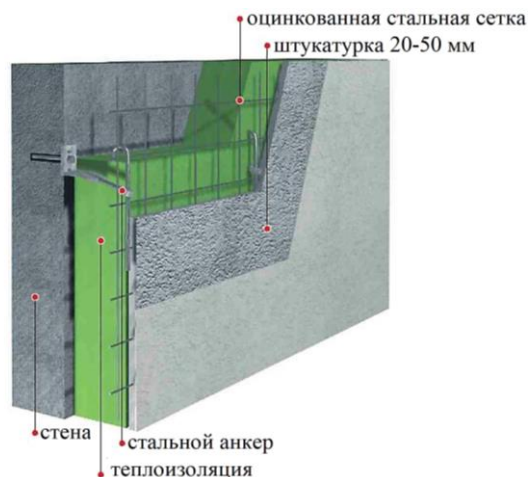


Рис. 3. Конструктивное решение фасада с толстым штукатурным слоем

Навесные фасадные системы

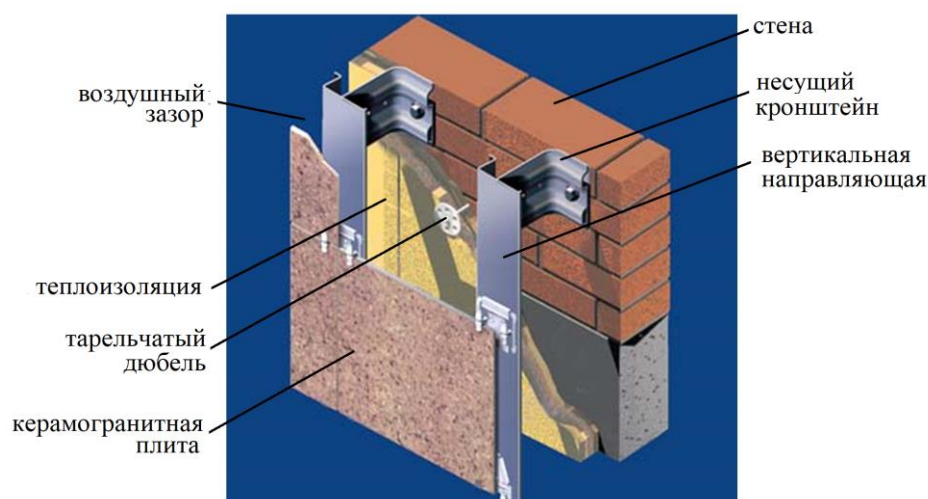
В последнее время в современном строительстве и при реконструкции зданий различного назначения достаточно широко начали применяться системы навесных вентилируемых фасадов. Конструкции таких фасадов имеют ряд достоинств и преимуществ, в сравнении с традиционными наружными стенами. К ним можно отнести: легкость, долговечность, эстетичность, а также достаточно быстрый монтаж таких систем при любых погодных условиях ввиду отсутствия "мокрых процессов" при их возведении.

Навесные вентилируемые фасады (НВФ) имеют высокие эксплуатационные свойства. Они устойчивы к изменениям температуры в широком диапазоне, имеют возможность поглощать термические деформации, возникающие при суточных и сезонных перепадах температур, что позволяет избежать внутренних напряжений в материалах облицовки и несущей конструкции, и, как следствие, исключает возможность появления трещин и разрушения облицовки.

Также несомненным достоинством навесных вентилируемых фасадов является то, что теплоизоляция в данной конструкции расположена снаружи. Во-первых, это защищает стены от попеременного замерзания и оттаивания. Во-вторых, благодаря этому, выравниваются температурные колебания массива стены, что препятствует появлению различного вида деформаций. И,

в-третьих, теплоизоляция увеличивает теплоаккумулирующую способность массива стены. А это приводит к тому, что при отключении источника теплоснабжения стена будет остывать в несколько раз медленнее, чем при внутреннем расположении слоя теплоизоляции.

Система навесного вентилируемого фасада представляет собой многослойную конструкцию, состоящую из несущих элементов, утеплителя (в неотапливаемых зданиях этот слой отсутствует), воздушной прослойки и облицовочного слоя. Тип и схема креплений фасадных систем зависят от конструкции несущей части стены, материала облицовочного слоя, величины нагрузок, действующих на стену. Отделочный слой располагают на отnose от несущей части стен и крепят к ней с помощью специальных анкеров, кронштейнов и направляющих. Между несущей частью стены и облицовкой располагают утепляющий слой (по теплотехническому расчету) с воздушным зазором 40-80 мм между экраном и слоем утеплителя, необходимым для вентиляции утеплителя. Одна из таких систем, где облицовочным слоем служит плитка из керамического гранита, крепящаяся к несущей стене на жестких связях, показана на рисунке 4.



*Рис. 4. Конструктивное решение навесного вентилируемого фасада
с отделкой из керамогранитных плит*

Конструктивные решения навесных вентилируемых фасадных систем очень разнообразны, отличительные особенности которых заключаются в:

- различных способах крепления теплоизоляции к несущим конструкциям;
- материале, геометрии и расположении конструктивных элементов несущего каркаса;
- выборе отделочных материалов и способе их крепления к несущему каркасу.

Несущие конструктивные элементы (подсистемы) навесных фасадов изготавливают из оцинкованной стали (или стали с полимерным покрытием), из нержавеющей стали, а также из алюминиевых сплавов.

Подсистемы из оцинкованной стали (или стали с полимерным покрытием) применяются со всеми известными на сегодня облицовочными материалами. Такие системы являются недолговечными, их срок службы ниже, чем у подсистем из алюминиевого сплава и антикоррозионной стали. Теплопроводность и деформативность оцинкованной стали, как и стали с полимерным покрытием, значительно ниже, чем алюминиевого сплава. В сравнении: коэффициент теплопроводности λ оцинкованной стали составляет 47 Вт/м · °С, а алюминиевых сплавов — 209 Вт/м · °С. Система из оцинкованной стали является самой дешёвой.

Подсистемы из алюминиевого сплава являются самыми используемыми сегодня в строительной практике, и применяются со всеми облицовочными материалами. Чаще всего такие конструкции применяют для облицовки зданий алюминиевыми композитными панелями, так как их наружные слои выполняют тоже из алюминиевого сплава, то в таком соединении невозможно образования гальванической пары.

Системы из антикоррозионной (нержавеющей) стали являются самыми дорогими конструкциями. Они применимы для всех видов облицовочных материалов и являются самыми долговечными. Теплопроводность и деформативность систем из антикоррозионной стали значительно ниже, чем у систем из алюминиевого сплава (коэффициент теплопроводности λ антикоррозионной стали составляет 20 Вт/м · °С).

Конструкция подсистемы, являясь основным несущим элементом НВФ, должна соответствовать следующим требованиям:

- антикоррозионной устойчивости;
- высокой несущей способности;
- пожаробезопасности;
- эксплуатационной надежности;
- сейсмостойкости.

В навесных вентилируемых фасадах в качестве теплоизоляции применяют негорючие минераловатные плиты.

Наружный экран в НВФ, выполненный в виде облицовочных плит, обладает определенными функциями: он защищает расположенный за ним слой теплоизоляции от атмосферных воздействий, а летом отражает значительную часть падающих на него солнечных лучей, что предотвращает перегревание здания. Его выполняют из разнообразных отделочных материалов: металлического и ПВХ сайдинга, керамического гранита, профилированного настила, а также из композитных материалов ("Краспан", "Алюкобонд", "Фасст" и др). Надо отметить, что плиты из композитного материала имеют небольшую массу, что делает фасадные системы из них легкими и быстро возводимыми, а их богатая цветовая гамма позволяет разнообразить архитектурную выразительность зданий за счет колоритных экстерьеров (рис. 5).



Рис. 5. Колористическое решение навесных вентилируемых фасадов

Однако к недостаткам навесных фасадных систем надо отнести тот факт, что неоднородность конструкции наружных стен с «мостиками холода» в них в виде крепежных элементов (анкеров и кронштейнов) значительно повышают тепловые потери из зданий. Поэтому при проектировании таких систем необходимо предусматривать специальные мероприятия по теплоизоляции наружных стен, в том числе и за счет конструктивного решения навесного фасада.

НВФ имеет ряд преимуществ по сравнению, например, с «мокрой» штукатуркой. «Мокрая» штукатурка имеет сравнительно меньшую стоимость. К основным её недостаткам можно отнести нижеследующее. «Мокрая» штукатурка имеет короткий срок службы и нуждается в проведении плановых ремонтных работ при её эксплуатации. Она достаточно быстро теряет первоначальный внешний вид. Возникает ряд трудностей при монтаже такого фасада при отрицательных температурах наружного воздуха. Главными преимуществами НВФ является значительный срок службы, возможность монтажа в зимний период времени и большое количество видов отделочного слоя, который может придать зданию необходимый архитектурный облик.

Светопрозрачные фасадные системы

Большое распространение в современном строительстве получило оформление наружных стен зданий в виде светопрозрачных навесных систем, разнообразие конструкций которых позволяет проектировщикам создавать неповторимые архитектурно выразительные экстерьеры зданий. Так называемый, «стеклянный» фасад не только пропускает достаточно света внутрь помещений, но и визуально придает ему легкость и воздушность, при этом надежно обеспечивая защиту от уличного шума и атмосферных воздействий. Прозрачные стекла таких систем обеспечивают свободный обзор, как снаружи здания, так и изнутри, а тонированные – только изнутри, частично нейтрализуя вредное воздействие ультрафиолетовых лучей (рис. 6).

Светопрозрачные фасадные системы, как и НВФ, являются сложными конструкциями. ГОСТ 33079-2014 определяет светопрозрачную фасадную систему как наружную несущую стену, состоящую из каркаса, крепежных элементов, уплотнителей и светопрозрачного заполнения.

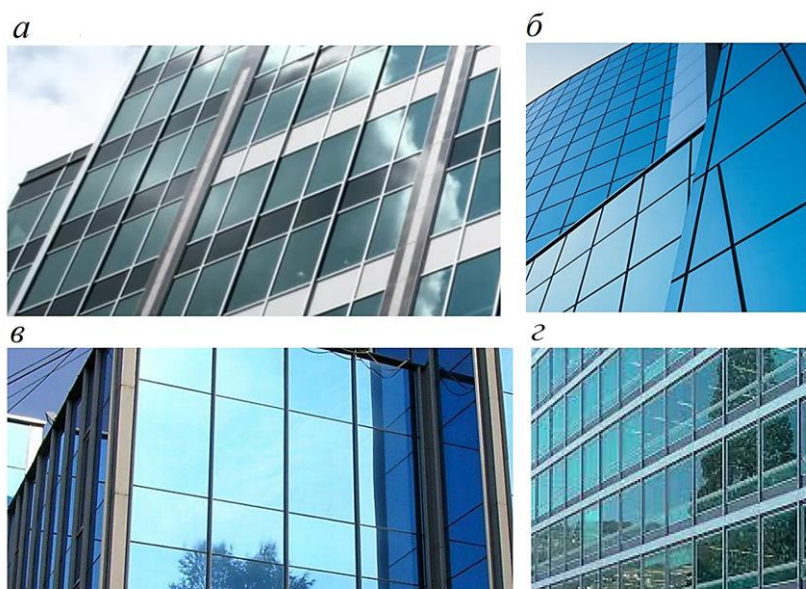


Рис. 6. Фрагменты светопрозрачных фасадов зданий: а – стоечно-ригельная система с прижимными профилями; б – стоечно-ригельная система со структурным остеклением; в – стоечно-ригельная система с полуструктурным остеклением; г – модульная система

Светопрозрачные фасадные системы классифицируют:

По расположению:

- навесная конструкция, устанавливаемая на отnose от каркаса здания;
- встраиваемая конструкция, монтируемая в стеновой проем или между плитами перекрытий;
- стоечно-ригельная конструкция, состоит из стоек, ригелей и светопрозрачного заполнения, образующие единую ограждающую оболочку здания.

По типу несущих конструкций:

- стоечно-ригельная (рис. 7);
- модульная (рис. 8);
- фахверковая (рис. 9);
- вантовая (рис. 10);
- бескаркасная (рис. 11);
- комбинированная (рис.12).

По материалу каркаса:

- стальной;
- из алюминиевых сплавов;
- из древесины;
- из многослойного стекла;
- из пластмасс;
- комбинированный.

По типу крепления светопрозрачного заполнения:

- механическое с прижимными планками или болтовыми опорами;
- клеевое;
- комбинированное.

По наличию выступающих из плоскости остекления элементов механического крепления:

- с видимыми элементами;
- с невидимыми элементами;
- комбинированное.

По виду светопрозрачного заполнения:

- листовое стекло;
- многослойное стекло;
- стеклопакеты;
- профилированное стекло;
- светопрозрачные пластмассы.

Светопрозрачные фасадные системы – это рамные конструкции, основными элементами которых являются вертикальные стойки, горизонтальные ригели, панели заполнения и крепежные элементы. Такие системы могут устанавливаться на отnose от несущих конструкций здания, встраиваться в наружные стены в виде заполнения проемов или образовывать единую ограждающую оболочку здания.

Стойечно-ригельная конструкция, состоящая из стоек, ригелей и светопрозрачного заполнения, совместно образуют единую ограждающую оболочку здания. Такой фасад за счет прижимных профилей имеет визуальную разбивку по вертикали и горизонтали (рис. 6, а; рис. 7). Эта система используется как типовая, при этом ГОСТом допускается разработка конструкции индивидуального применения. На строительную площадку такую конструкцию поставляют как в виде набора отдельных элементов, так и частично укрупненными блоками.

Модульная конструкция состоит из набора модулей (панелей) и межпанельных уплотнителей, образующих единую ограждающую оболочку (рис. 6, г; рис. 8). Модули, имеющие полную заводскую готовность, монтируют на отnose, прикрепляя к несущим конструкциям здания с помощью кронштейнов и закладных крепежных элементов. Модульный фасад может быть выполнен как со структурным, так и с полуструктурным остеклением.

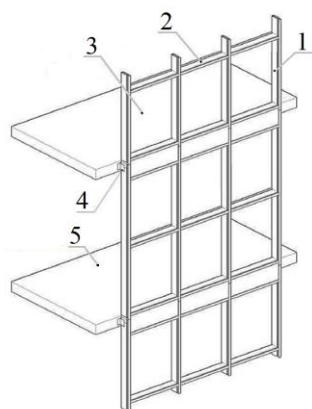


Рис. 7. Схема стоечно-ригельной фасадной системы: 1 – стойка; 2 – ригель; 3 – заполнение; 4 – крепежный элемент; 5 – перекрытие

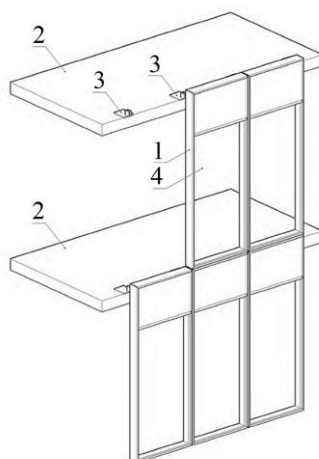
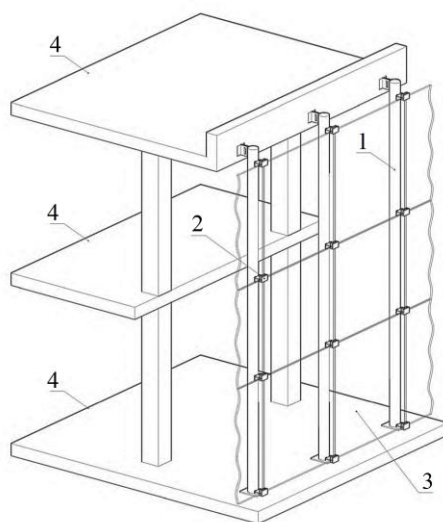


Рис. 8. Схема модульной фасадной системы: 1 – каркас панели; 2 – перекрытие; 3 – крепежный элемент; 4 – заполнение панели

Фахверковая фасадная система состоит из фахверкового каркаса и закрепленной на нем от него светопрозрачной оболочки (рис. 9). Каркас фахверка состоит из системы вертикальных и горизонтальных несущих элементов, которыми могут служить колонны, стойки, ригели, балки, фермы. Разновидностью фахверковой системы является конструкция, в которой светопрозрачная оболочка включает в себя специальные стоечно-ригельные конструкции с профилями малой изгибной жесткости, которые крепятся непосредственно к элементам фахверка.



*Рис. 9. Схема фахверковой фасадной системы: 1 – фахверк; 2 – крепежный элемент;
3 – заполнение; несущие конструкции перекрытия*

В вантовой фасадной системе светопрозрачную оболочку подвешивают с помощью стальных тросов или стержней к несущим конструкциям здания. Для стабилизации такой системы используют преднапряженные ванты, а усилия распора гасят за счет специальных пружинных амортизаторов. Такая система относится к безрамной, в которой основная часть нагрузки приходится на остекление. Поэтому в них используют закаленное стекло или триплекс. В таких фасадах поверхность стен может быть как плоской, так и криволинейно гладкой. Визуально эти фасады выглядят как сплошная стеклянная поверхность (рис. 10). Вантовые фасадные системы являются разновидностью спайдерного остекления.

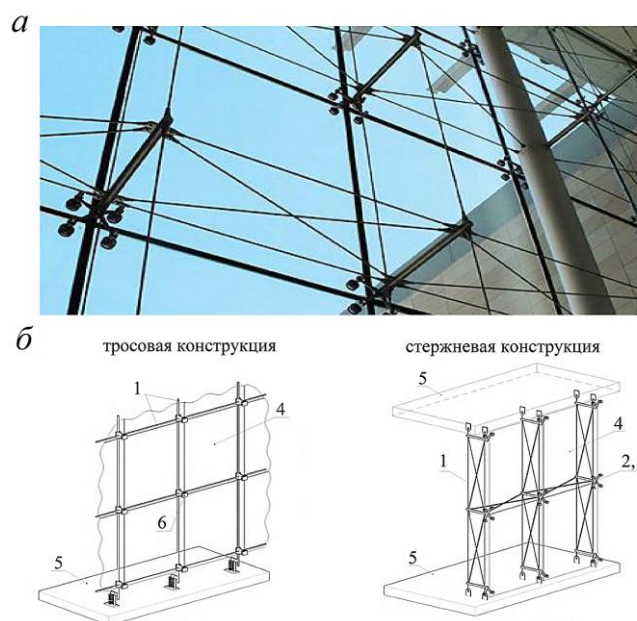


Рис. 10. Вантовая фасадная система: а – общий вид фасада; б – конструктивные схемы;

1 – вантовый каркас; 2, 3, 6 – элементы крепления; 4 – заполнение;

5 – несущие конструкции здания

Основным отличием спайдерного остекления от других способов возведения светопрозрачных фасадных систем является отсутствие несущих рам между панелями, так как их крепления осуществляют с помощью спайдеров – пространственных кронштейнов из высоколегированной стали. В таких системах стекла через заранее просверленные отверстия крепятся с помощью рутелей к спайдерам, а щели между ними заполняют силиконовым герметиком. Разнообразие форм и типоразмеров этих крепежных элементов позволяют создавать пластичные архитектурно выразительные экстерьеры зданий (рис. 11).

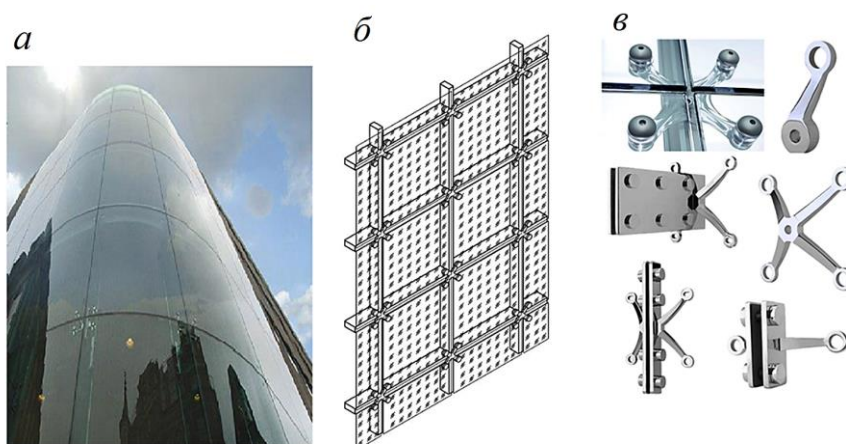


Рис. 11. Система спайдерного остекления фасада: а – общий вид фасада;

б – конструктивная схема; в – крепежные элементы

В бескаркасной фасадной системе светопрозрачные элементы крепятся непосредственно к несущим конструкциям здания с помощью несущих кронштейнов (рис. 12).

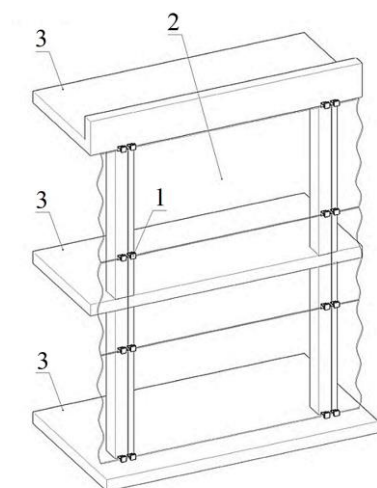


Рис. 12. Схема бескаркасной фасадной системы: 1 – элементы крепления; 2 – заполнение; 3 – несущие конструкции здания

Комбинированная фасадная система представляет собой комбинацию нескольких светопрозрачных конструкций со своими каркасами, расположенными в одной или нескольких плоскостях (рис. 13).

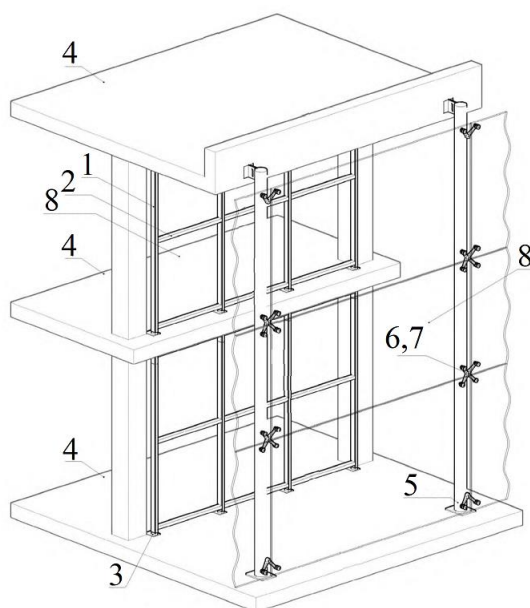


Рис. 13. Схема комбинированной фасадной системы на основе стоечно-ригельной и фахверковой конструкций: 1 – стойка; 2 – ригель; 3 – кронштейн крепления; 4 – несущие конструкции здания; 5 – фахверк; 6 – несущий кронштейн; 7 – болтовая опора; 8 – заполнение

Конструкции светопрозрачных фасадных систем крепят к несущим конструкциям здания несущими кронштейнами из стальных профилей: уголков или швеллеров, передающими ветровые и статические нагрузки от навесного фасада на несущий остов здания.

Системы навесных фасадов классифицируют также как стандартные и специальные. Стандартные системы предусматривают использование типовых узлов, прошедших необходимые испытания по несущей способности, и свойствам материалов заполнения. Эти системы более дешевые в сравнении со специальными системами, применяемыми для уникальных зданий с нетиповыми объемно-планировочными и конструктивными решениями. Специальные конструкции светопрозрачных навесных фасадов требуют дополнительных испытаний и контроля качества как на стадии проектирования, так и в процессе возведения, чтобы обеспечить специфические технические и эстетические требования, предъявляемые к уникальным зданиям.

Сегодня в строительстве зданий с навесными светопрозрачными фасадами широко применяются стоечно-ригельные системы, которые по конструктивному решению узлов крепления стеклопакетов к каркасу делят на три типа:

- Классический или стандартный, в котором стеклопакеты крепятся к элементам каркаса при помощи прижимных планок с эластичными уплотнителями (рис. 14, а).
- Структурный тип системы формирует сплошную стеклянную поверхность фасада, при котором несущий каркас невидим в экстерьере здания. Крепления стеклопакетов в этом случае осуществляется с помощью специальных устройств с зацепом в «карманы» дистанционной рамы, а внешние швы заделываются

силиконовым герметиком по цвету, соответствующим цвету остекления (рис. 14, б).

- Полуструктурный фасад представляет собой комбинацию конструктивных решений стандартного и структурного типов фасада (рис. 14, в).

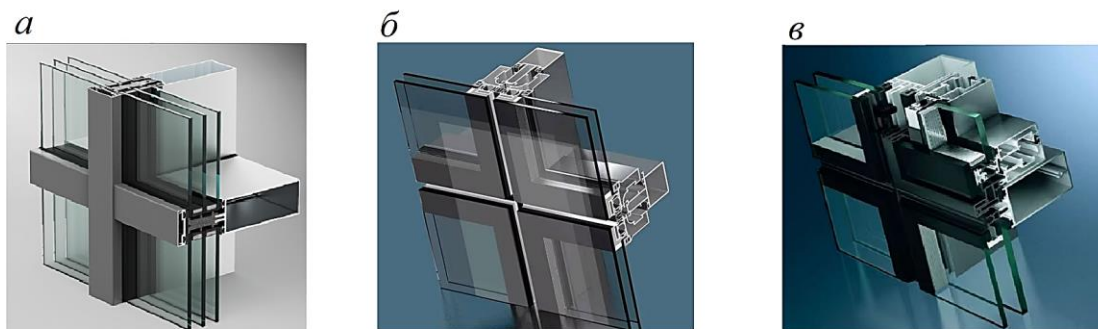


Рис. 14. Типы узлов стоечно-ригельной системы:

а – стандартный; б – структурный; в - полуструктурный

В светопрозрачных фасадах в качестве заполнения наиболее часто применяют стекла, реже – светопрозрачные пластмассы. Стекла крепят с помощью резиновых уплотнителей, силиконовых герметиков или точечных крепежных элементов (рис. 15).

В стеклянных фасадных системах применяют одно- или двухкамерные стеклопакеты со стеклами, обладающими высокими прочностными и эксплуатационными характеристиками, соответствующими функциональному назначению здания. К таким стеклам относятся бронированное, витринное, ударопрочное стекла, а также триплекс. Заполнение переплетов полимерными материалами редко используют в фасадных системах. Широкое применение такие материалы нашли в покрытиях зданий со сложной формой. В качестве светопрозрачного синтетического материала применяют поликарбонаты, листы ETFE др.

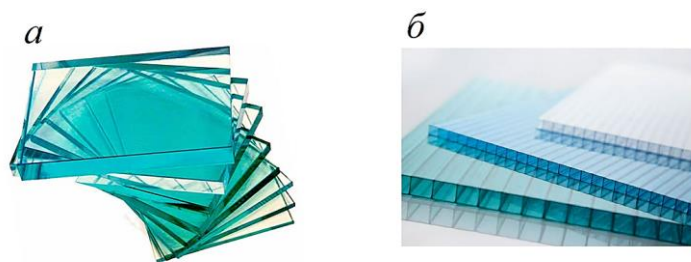


Рис. 15. Материалы заполнения в светопрозрачных фасадных системах:

а – стекло; б - поликарбонат

Конструктивные элементы каркасов фасадных конструкций в основном изготавливают из алюминия, главное преимущество которого заключается в том, что этот материал легко поддается extrusion, позволяющей изготавливать из него профили со сложным сечением. Кроме того, алюминий хорошо воспринимает различные виды защитно-декоративных покрытий, таких как жидкая или порошковая окраска и анодирование.

Стойки и ригели таких каркасов изготавливают в виде прямоугольных коробчатых профилей со специальными пазами для установки уплотнителей. На вертикальные стойки каркаса, прикрепляемые к междуэтажным перекрытиям с помощью кронштейнов, устанавливают горизонтальные ригели. В образовавшиеся проемы устанавливают стеклопакеты, прикрепляя их к каркасу прижимными планками с помощью самонарезающих винтов. Прижимная планка отделяется от стойки и ригеля пластиковым или резиновым уплотнителем.

Сегодня в строительстве зданий со светопрозрачными фасадами применяются различные типы стоечно-ригельных каркасов. Система ALTF50 – одна из них. Конструктивное решение этой системы характеризуется высокой эксплуатационной надежностью: долговечностью, тепловой эффективностью, хорошей звукоизоляцией, высокой коррозионной стойкостью (до 50 лет). Кроме того, широкая цветовая гамма разнообразных типов покрытий профилей позволяет создавать на фасадах зданий рисунки, подчеркивая индивидуальность их архитектуры.

В зданиях с повышенными требованиями пожарной безопасности применяют огнестойкие фасадные системы ALTF50FR (рис. 16, а),

характеризующиеся единой системой уплотнителей для всей системной платформы, наличием огнестойких вставок в несущий профиль. Конструктивные элементы этой системы выполняются из высококачественной нержавеющей стали, которые удобны при монтаже и гарантируют целостность конструкции.

Профили системы ALTF50 обеспечивают максимальную прозрачность и визуальную легкость фасадной конструкции за счет оптимальной конфигурации профилей и возможности сложного устройства их узловых сопряжений. Использование снаружи декоративных крышек в системе ALTF50HL делает фасад пластичным, придавая ему большую архитектурную выразительность (рис. 16, б).

Система ALTF50HC используется для наружной отделки фасадов зданий с бетонными стенами и оконными проемами, образуя двухслойную конструкцию наружных стен: теплую и холодную. Холодная часть стены выполняется из легких светопрозрачных каркасов ALTF50HC с одинарным остеклением (рис. 16, в).

Фасадная система ALTF50 предусматривает различные конструкции окон, интегрированных в фасад. Вариант интегрированного в фасад окна с установкой стандартного прямоугольного стеклопакета толщиной до 38 мм со штапиком (рис. 16, а) позволяет значительно снизить стоимость и упростить сборку изделия.



Рис. 16. Узловые сопряжения элементов фасадных систем:

а – ALTF50FR; б – ALTF50HL; в – ALTF50HC

Система интегрированного в фасад окна с фиксацией стеклопакета на окаймляющий профиль (рис. 17, б) представляет собой полноразмерную

конструкцию высотой на этаж, визуально не выделяясь из сплошного стеклянного фасада здания.

Конструкция скрытого окна с вклейкой стеклопакета (рис. 17, в), также как и интегрированного в фасад с фиксацией стеклопакета на окаймляющий профиль, представляет собой полноразмерную конструкцию «пол-потолок» с автоматическим или ручным открыванием.

Конструкция интегрированного окна типа со скрытой створкой представляет собой полноразмерную конструкцию с ручным или автоматическим открыванием (рис. 17, в). Такая конструкция, не выделяется из основного фасада.

Конструкция крупноразмерной интегрированной створки ALTF50 высотой на этаж имеет автоматическое открывание (рис. 17, д). Вес створки составляет 350 кг. Такие светопрозрачные конструкции представляют единое целое с фасадом здания.

В фасадной системе ALTF50 предусмотрены солнцезащитные конструктивные элементы – ламели ALT SP50, которые могут применяться в качестве декоративных наружных деталей, придающих зданию выразительный архитектурный облик (рис. 18).

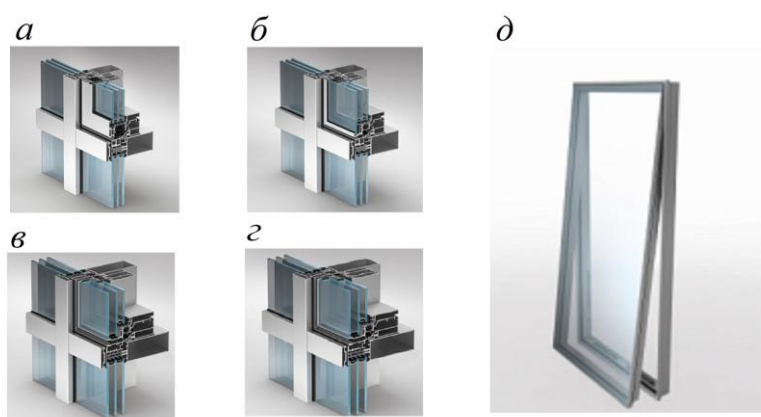


Рис. 17. Конструкции окон фасадной системы ALTF50:

а – интегрированного с установкой стеклопакета со штапиком; б – интегрированного с фиксацией стеклопакета на окаймляющий профиль; в – скрытого с вклейкой стеклопакета; г – интегрированного со скрытой створкой; д – крупноразмерной интегрированной створки

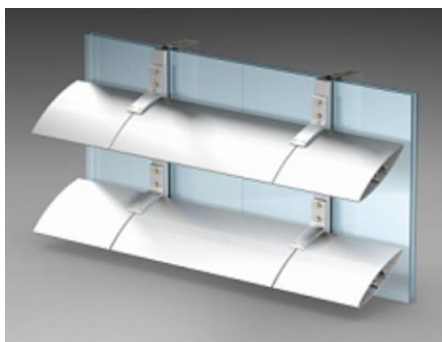


Рис. 18. Конструкция ламели ALTF50

§§ 4.2 Климатические нагрузки на фасадные системы

Являясь наружными ограждениями зданий, фасадные системы испытывают комплекс климатических воздействий силового и несилового характера, к которым относятся: ветер, снег, дождь, солнечная радиация, температура и влажность наружного воздуха, шум, агрессивность окружающей среды. Все они в той или иной степени влияют на эксплуатационную надежность наружных ограждающих конструкций зданий.

Поэтому конструктивные решения фасадных систем должны быть обоснованы не только статическими расчетами прочности и деформативности ограждающей конструкции на действие таких нагрузок как собственный вес, ветер, обледенение, температура, в значительной степени влияющих на несущую способность наружного ограждения, но и физико-техническими расчетами, от которых зависит его эксплуатационная надежность. Эксплуатационную надежность фасадной системы определяет её долговечность, тепловая эффективность, хорошая шумо-, гидро- и ветрозащита, а также способность сопротивляться воздействиям солнечной радиации и агрессивной среды.

Расчетные значения климатических нагрузок и воздействий (снеговые и гололедные нагрузки, воздействия ветра, температуры и др.) принимают по СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия». При этом, допускается их назначать в установленном порядке на основе климатических данных для соответствующего места строительства.

В навесных фасадных системах прочностные расчеты включают проверку прочности и деформаций вертикальных профилей (направляющих), кронштейнов, анкеров и крепежных элементов на действия нагрузок от: собственной массы, массы облицовки, от давления ветра и гололедных нагрузок.

Допускается нагрузку от собственной массы не учитывать, если масса профилей относительно мала.

Снеговые нагрузки учитывают только при условии, если в конструкциях фасадных систем возможно отложение снега на элементах облицовочного слоя.

Ветровая нагрузка

При расчете элементов ограждений и узлов их креплений учитывают пиковые положительные и отрицательные воздействия ветровой нагрузки, нормативные значения которых определяются по формуле:

$$w_{+(-)} = w_0 k(z_B) [1 + \zeta(z_B)] c_{p,+(-)} v_{+(-)}, \quad (1)$$

где w_0 – нормативное значение давления ветра, кПа (СП 20.13330);

z_B – эквивалентная высота, м, определяется для зданий:

а) при $h \leq d \rightarrow z_B = h$;

б) при $d < h \leq 2d$;

для $z \geq h - d \rightarrow z_B = h$;

для $0 < z < h - d \rightarrow z_B = d$;

в) при $h > 2d$;

для $z \geq h - d \rightarrow z_B = h$;

для $d < z < h - d \rightarrow z_B = z$;

для $0 < z \leq d \rightarrow z_B = d$;

здесь z – высота от поверхности земли;

d – размер здания (без учета стилобатной части) в направлении, перпендикулярном расчетному направлению ветра;

h – высота здания;

$k(z_B)$ и $\zeta(z_B)$ – коэффициенты, учитывающие, соответственно, изменение давления и пульсаций давления ветра на высоте z_B ;

$c_{p,+(-)}$ – пиковые значения аэродинамических коэффициентов положительного давления (+) или отсоса (–);

$\nu_{+(-)}$ – коэффициенты корреляции ветровой нагрузки, соответствующие положительному давлению (+) и отсосу (–), приведенные в табл. 1 в зависимости от площади ограждения A , с которой собирается ветровая нагрузка.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции ветровой нагрузки

$A, \text{м}^2$	<2	5	10	>20
ν_+	1,0	0,9	0,8	0,75
ν_-	1,0	0,85	0,75	0,65

Для отдельно стоящих прямоугольных в плане зданий значения аэродинамических коэффициентов $c_{p,+}$ и $c_{p,-}$ приведены в СП 20.13330. В остальных случаях их определяют на основе результатов модельных испытаний сооружений в аэродинамической трубе.

При определении ветровой нагрузки по формуле (1) принято, что конструктивные элементы ограждения и узлы их крепления к несущим конструкциям здания являются жесткими, в которых не возникают динамические усилия и перемещения.

Гололедная нагрузка

Для элементов вентилируемых фасадных систем, расположенных на высоте более 100 м от поверхности земли, следует учитывать гололедные нагрузки. Нормативное значение поверхностной гололедной нагрузки определяют по формуле:

$$i = bk\mu_2 \rho g , \quad (2)$$

где b – нормативное значение толщины стенки гололеда, мм, принимается по СП 20.13330; при этом допускается уточнять в установленном порядке на основе метеорологических данных района строительства; k – коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте и принимаемый при высоте 100 м по СП 20.13330; при больших высотах по формуле: $k_h = e^{0,007h}$, где h – высота элемента над поверхностью земли; μ_2 – коэффициент, учитывающий отношение площади поверхности элемента, подверженной обледенению, к полной площади поверхности элемента и принимаемый равным 0,6 для объектов с малыми размерами поперечного сечения, а для других объектов – по данным специально проведенных исследований; ρ – плотность льда, принимаемая равной 0,9 г/см³; g – ускорение свободного падения, м/с².

Гололедные районы принимают по карте приложения Е СП 20.13330. Толщину стенки гололеда в зависимости от гололедного района определяют по СП 20,13330, которую, при определении гололедной нагрузки на горизонтальные элементы цилиндрической формы диаметром до 70 мм, допускается снижать на 10%.

Нормативное значение ветровой нагрузки на покрытые гололедом элементы, определенное по формуле (2), следует снижать на 60%.

В районах, где наблюдаются сочетания значительных скоростей ветра с большими размерами наледей, толщину стенки гололеда и его плотность, а также давление ветра принимают с фактическими данными.

Температуру воздуха при гололеде независимо от высоты сооружения принимают для горных районов с отметкой: более 2000 м – – 15°C, от 1000 до 2000 м – – 10°C, для остальной территории для сооружений высотой до 100 м – – 5°C, более 100 м – – 10°C.

Коэффициент надежности по нагрузке γ_f для гололедной нагрузки следует принимать 1,8.

Температурная нагрузка

Нормативные значения изменений средних температур по сечению конструктивных элементов фасадных систем в теплое Δt_w и холодное Δt_c время года соответственно, определяют по формулам:

$$\Delta t_w = t_w - t_{0c} ; \quad (3)$$

$$\Delta t_c = t_c - t_{0w} , \quad (4)$$

где – t_w и t_c – нормативные значения средних температур по сечению элемента соответственно в теплое и холодное время года, °С; t_{0w} и t_{0c} – начальные температуры соответственно в теплое и холодное время года, °С.

Нормативные значения средних температур t_w и t_c и перепадов температур по сечению в теплое ϑ_w и холодное ϑ_c время года для однослойных конструкций определяют по табл. 2.

Для многослойных конструкций значения t_w , t_c , ϑ_w , ϑ_c определяют расчетом.

Многослойные конструкции со сходными теплофизическими характеристиками материалов слоев допускается рассматривать как однослойные.

Таблица 2

Нормативные значения средних температур
и перепадов температур по сечению в теплое и холодное время года

Конструкции зданий	Здания и сооружения в стадии эксплуатации		
	Неотапливаемые здания (без технологических источников тепла) и открытые сооружения	Отапливаемые здания	Здания с искусственным климатом или с постоянными технологическими источниками тепла
Не защищенные от	$t_w = t_{ew} + \Theta_2 + \Theta_4$		$t_w = t_{iw} + 0,6(t_{ew} - t_{iw}) \pm \Theta_2 + \Theta_4$
	$\vartheta_w = \Theta_5$		$\vartheta_w = 0,8(t_{ew} - t_{iw}) +$

воздействия солнечной радиации (в том числе наружные ограждающие)			$\theta_3 \pm \theta_5$
	$t_c = t_{ec} - 0,5\theta_1$	$t_c = t_{ic} + 0,6(t_{ec} - t_{ic}) - 0,5\theta_2$	
	$\vartheta_c = 0$	$\vartheta_c = 0,8(t_{ec} - t_{ic}) - 0,5\theta_3$	

Где t_{ew} и t_{ec} – средние суточные температуры наружного воздуха в теплое и холодное время года соответственно, принимаемые по формулам (5) и (6);

t_{iw} и t_{ic} – температуры внутреннего воздуха помещений в теплое и холодное время года соответственно, принимаемые по заданию на проектирование с учетом технологических решений;

$\theta_1, \theta_2, \theta_3$ – приращения средних по сечению элемента температур и перепада температур от суточных колебаний температуры наружного воздуха, принимаемые по табл. 3;

θ_4, θ_5 – приращения средних по сечению элемента температур и перепада температур от солнечной радиации, принимаемые по формулам (7) и (8).

Таблица 3

Приращения температуры

Конструкции зданий	Приращения температуры		
	θ_1	θ_2	θ_3
Металлические	8	6	4
Железобетонные, бетонные, армокаменные и каменные толщиной:			
до 15 см	8	6	4
от 15 до 39 см	6	4	6
свыше 40 см	2	2	4

Средние суточные температуры наружного воздуха в теплое t_{ew} и холодное t_{ec} время года для надземных частей зданий определяют по формулам:

$$t_{ec} = t_{\min} + 0,5A_I ; \quad (5)$$

$$t_{ew} = t_{\max} - 0,5A_{VII} , \quad (6)$$

где $t_{\min}$, $t_{\max}$ – нормативные значения минимальной и максимальной температуры воздуха, соответственно, принимаемые картам приложения Е СП 20.13330; A_I и A_{VII} – средние суточные амплитуды температуры воздуха наиболее холодного и наиболее теплого месяца, соответственно, принимаемые по СП 131.13330.

Нормативное значение минимальной и максимальной температуры воздуха допускается уточнять в установленном порядке на основе данных Росгидромета для района строительства. В этом случае значения $t_{\min}$, $t_{\max}$ вычисляют по формулам $t_{\min} = 0,9t_{\min,50}$, $t_{\max} = 0,9t_{\max,50}$, где $t_{\min,50}$ и $t_{\max,50}$ – минимальная и максимальная температуры воздуха, абсолютные значения которых превышают один раз в 50 лет.

Приращения Θ_4 , Θ_5 определяют по формулам:

$$\Theta_4 = 0,05pS_{\max}k; ; \quad (7)$$

$$\Theta_5 = 0,05pS_{\max}(1 - k) , \quad (8)$$

где p – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности конструкции, принимаемый по табл. 4; $S_{\max}$ – максимальное значение суммарной (прямой, рассеянной и отраженной) солнечной радиации, Вт·ч/м², принимаемое для вертикальных поверхностей различной ориентации по табл. 5; k – коэффициент, принимаемый по табл. 6.

Таблица.4

Коэффициенты поглощения отделочных материалов

Материал наружной поверхности ограждающей конструкции	Коэффициент поглощения солнечной радиации p
---	---

Алюминий	0,5
Асбоцементные листы	0,65
Бетон	0,7
Белый природный камень	0,45
Керамическая облицовочная плитка	0,8
Стеклянная облицовочная плитка синяя	0,6
Белая или палевая облицовочная плитка	0,45
Сталь листовая, окрашенная белой краской	0,45
Сталь листовая, окрашенная темно-красной краской	0,8
Сталь листовая, окрашенная зеленой краской	0,6
Сталь кровельная оцинкованная	0,65
Стекло облицовочное	0,7

Таблица 5

Суммарная солнечная радиация (прямая, рассеянная и отраженная), поступающая в июле месяце на вертикальную поверхность при безоблачном небе, Вт·ч/м² (максимальная часовая сумма)

Географическая широта, град. с.ш.								
	38	40	42	44	46	48	50	52
Южная ориентация	389	415	440	465	490	515	540	566
Восточная и западная ориентация	731	737	742	748	754	760	765	771
Северная ориентация	209	209	205	203	204	206	211	219
Географическая широта, град. с.ш.								
	54	56	58	60	62	64	66	68
Южная ориентация	591	616	641	666	691	717	742	767
Восточная и западная ориентация	777	783	789	794	800	806	812	817
Северная ориентация	228	240	254	270	288	309	331	356

Таблица 6

Коэффициент k

Конструкции зданий	Коэффициент k
Металлические	0,7

Железобетонные, бетонные, армокаменные и каменные толщиной:	
до 15 см	0,6
от 15 до 39 см	0,4
свыше 40 см	0,3

Начальную температуру, соответствующую замыканию конструкции или ее части в законченную систему, в теплое t_{0w} и холодное t_{0c} время года определяют по формулам:

$$t_{0w} = 0,8t_{VII} + 0,2t_I; \quad (9)$$

$$t_{0c} = 0,2t_{VII} + 0,8t_I, \quad (10)$$

где t_I и t_{VII} – многолетние средние месячные температуры воздуха в январе и июле, принимаемые по СП 131.13330.

Температурные климатические воздействия с пониженными нормативными значениями устанавливают при условии: $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 = 0$; $t_{ew} = t_{VII}$, $t_{ec} = t_I$.

Коэффициент надежности по нагрузке γ_f для температурных климатических воздействий Δt и ϑ следует принимать 1,1.

Раздел 3. Людские потоки в зданиях. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения

§ 5. Людские потоки в зданиях

§ 5.1 Основные сведения

Передвижение людей представляет собой один из тех функциональных процессов, которые характерны для зданий любого назначения. Для передвижения людей в помещениях предусматриваются проходы, а в зданиях коммуникационные помещения. Передвижение людей оказывает большое влияние на планировочные решения помещений и зданий, особенно таких, в которых одновременно могут находиться много людей и где возникают так называемые людские потоки, т. е. одновременное движение людей в одном направлении (здания зрелищного назначения, торговые и некоторые промышленные сооружения, вокзалы, станции метрополитена и т. п.). Правильная организация движения людских потоков имеет важное значение для обеспечения: вынужденной эвакуации людей из зданий в случае пожара, определенной продолжительности движения, например при освобождении залов кинотеатров между сеансами, или необходимой комфортности движения, например предупреждения скопления людей, коммуникационные помещения занимают в зданиях относительно большую площадь. Следовательно, выбор рациональных параметров коммуникационных помещений может дать существенный экономический эффект.

Поэтому знание закономерностей движения людских потоков необходимо для правильного проектирования зданий. Исследования движения людских потоков на научной основе впервые осуществлены С. В. Беляевым в Институте архитектуры Всесоюзной академии художников (ВАХ) в 1937 г. Результаты исследований позволили выдвинуть ряд предложений по расчету и нормированию вынужденной эвакуации людей из зданий. Для расчета времени эвакуации были рекомендованы наименьшие, полученные при наблюдениях, значения скоростей движения людских

потоков и пропускной способности так называемого «элементарного потока» (один ряд шириной 0,6 м двигающихся в затылок друг другу людей): скорость по горизонтальному пути — 16 м/мин, при спуске по лестницам—10 м/мин; при подъеме—8 м/мин; пропускная способность—25 чел/мин. Критерием безопасности вынужденной эвакуации было предложено считать ее допустимую продолжительность. Исследования и рекомендации ВАХ, с точки зрения современного понимания вопроса, содержат серьезные недостатки, существенно искажающие действительный ход процесса движения людских потоков и приводящие к неверным результатам. Но вместе с тем эти исследования положили начало научному решению задачи и в свое время оказали прогрессивное влияние на практику проектирования и строительного нормирования.

Экспериментальные исследования движения людских потоков были развиты А. И. Милинским во Всесоюзном научно-исследовательском институте противопожарной обороны (ВНИИПО) в 1946—1948 гг. Они внесли существенный вклад в изучение процессов движения людских потоков, дали надежные данные о плотностях и скоростях их движения и о зависимости скорости движения потока от его плотности.

В последующие годы в МИСИ им. В. В. Куйбышева В. М. Предтеченским были проведены новые экспериментальные и теоретические исследования, в результате которых построены теория движения людских потоков и метод расчета, близко отражающий действительную картину процесса движения. Результаты исследований МИСИ и ВНИИПО положены в основу излагаемых ниже теоретических основ и метода расчета времени и параметров путей движения людских потоков.

По виду движение может быть: одиночным и массовым;

беспорядочным, когда люди в толпе двигаются в разных направлениях, и поточным (в одном направлении);

согласованным (ходьба в ногу) и несогласованным;

свободным, когда каждый человек, участвующий в движении, в любой

момент может изменить направление и скорость ш своего движения, и стесненным, когда индивидуальная свобода действий ограничивается идущими в общем потоке людьми;

длительным — людской поток существует относительно долгое время (например, в магазинах) и кратковременным — вся масса людей начинает и заканчивает движение в сравнительно короткий промежуток времени (выход из театра после спектакля);

нормальным и аварийным, т. е. протекающим в нормальных или аварийных условиях.

Нормальное движение протекает обычно спокойно и планомерно, без серьезных осложнений даже при случайных нарушениях хода процесса (например, падение человека). Разновидностью нормального является так называемое комфортное движение, когда масса людей настроена празднично, отсутствует необходимость спешить, окружающая обстановка благоприятствует такому настроению людей (движение во время антракта в кулуарах театра). Комфортное движение характеризуется меньшими скоростями, чем при нормальном движении. Аварийное движение (вынужденная эвакуация) отличается от нормального повышенной напряженностью процесса, нервным возбуждением людей, обусловленным внезапностью начала движения, стремлением каждого участника движения максимально сократить время пребывания в опасной зоне, скорее уйти от источника опасности. Следствием этого всегда оказывается увеличение скорости движения против нормального и нарушение его планомерности из-за попыток людей обогнать идущих с ними в одном потоке. Случайные задержки могут внезапно изменить психическое состояние массы людей, придать процессу панический характер и привести к трагическим последствиям.

Таким образом, движение людских потоков представляет такой процесс, на который существенное влияние оказывает психологическое состояние людей, участвующих в движении.

Из перечисленных видов движения для проектирования наибольшее значение имеют только массовое, поточное, несогласованное, кратковременное движение, протекающее в нормальных и аварийных условиях, а также массовое, поточное, несогласованное, длительное движение, протекающее в нормальных условиях.

Двигаясь в одном направлении, люди образуют людской поток шириной d и длиной l м (рис.1). В действительности поток имеет сигарообразную форму. Поскольку головная и замыкающая части состоят из небольшого числа людей, а основная масса движется компактно, форма людского потока принимается прямоугольной. Боковые стороны потока обычно ровные, прямые, ограниченные шириной пути B . Поэтому принято считать, что $b=d$. Размещение людей в потоке — случайное, постоянно меняющееся в ходе движения.

Размеры людского потока зависят от числа людей N и их габаритов. Последние колеблются в достаточно широких пределах, так как зависят от одежды и возраста (табл.1).

Число людей в потоке может быть выражено числом человек или суммой их горизонтальных проекций на поверхность пола, т.е.

Таблица 1

Габариты людей

Возраст и одежда человека	Ширина (l , м)	Толщина C , м	Площадь горизонтальной проекции
Взрослый в одежде: летней	0,46	0,28	0,1
уличной демисезонной	0,48	0,3	0,113
уличной зимней	0,5	0,32	0,125
Подросток	0,43—0,38	0,27—0,22	0,09—0,067
Ребенок	0,34—0,3	0,21—0,17	0,056—0,04

Возраст и одежда человека	Ширина (1, м)	Толщина С, м	Площадь горизонтальной проекции
Взрослый:	—	—	0,29
с ручным багажом	—	—	0,36
с рюкзаком	—	—	0,26
с легким свертком	—	—	0,18-0,24

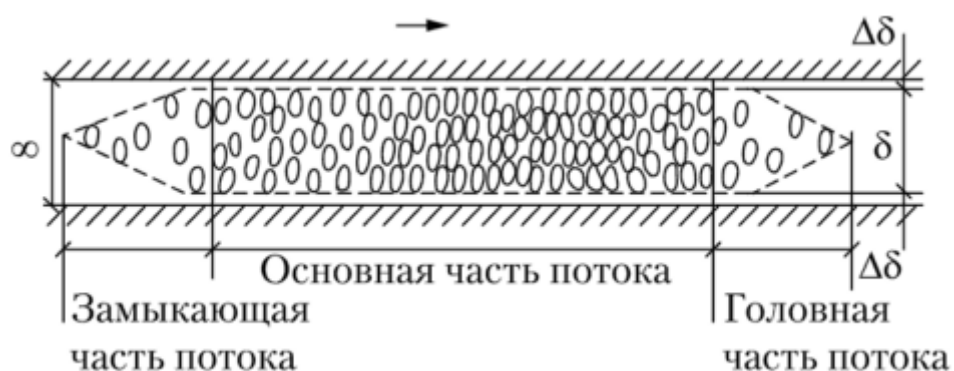


Рис. 1 Схема людского потока

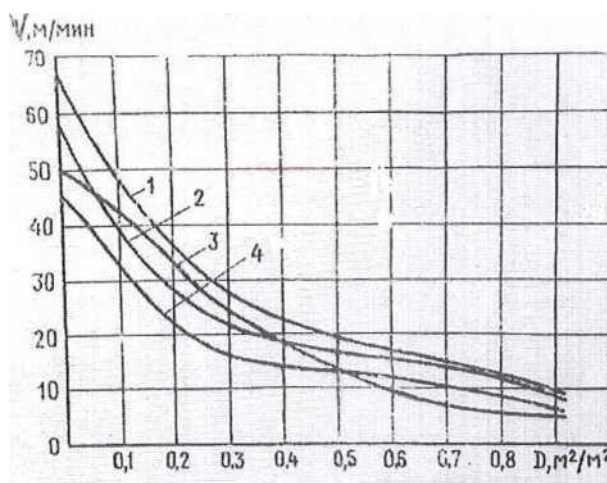


Рис. 3. Скорость движения людских потоков в зависимости от их плотности.

1 - проемы; 2 - горизонтальные пути; 3 - лестницы (спуск); 4 - лестницы (подъем)

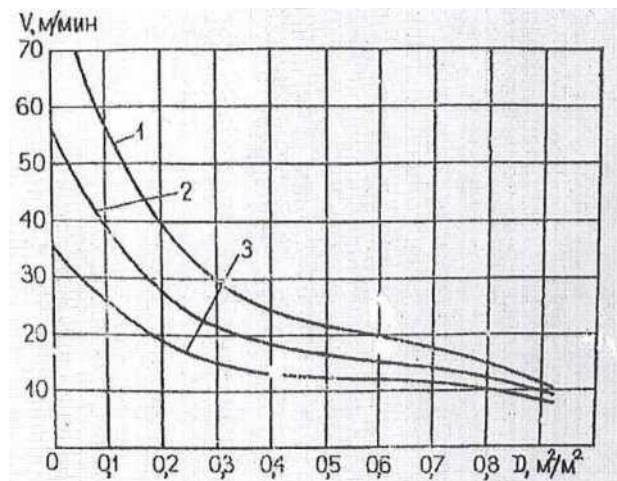


Рис. 4. Скорость движения по горизонтальным путям в зависимости от плотности потока для разных условий движения.

1 - аварийное; 2 - нормальное; 3 - комфортное

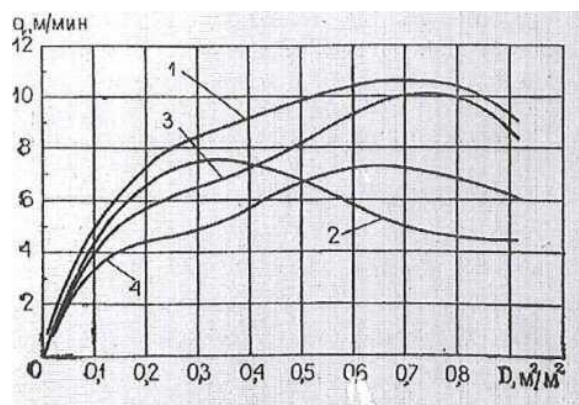


Рис. 5. Зависимость интенсивности движения от плотности потока при движении по горизонтальным и наклонным путям и через проемы

1 — проемы; 2 - лестницы (спуск); 3 - горизонтальные пути; 4 - лестницы

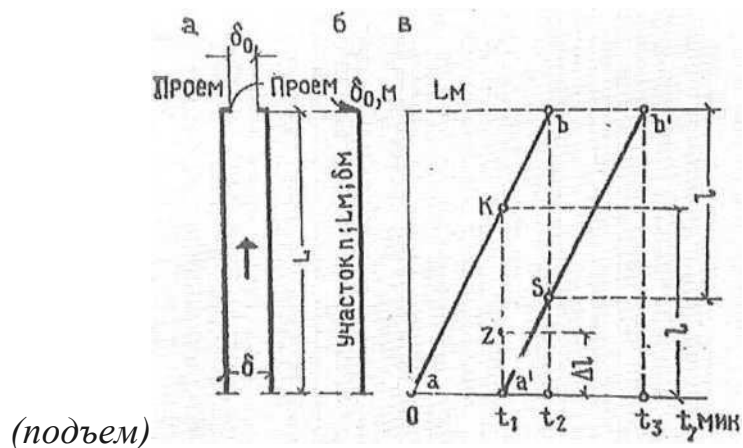


Рис. 6. Графическое изображение процесса движения людского потока а - план пути; б - схема пути; в - расчетный график

$\sum f \text{ м}^2$, где f — площадь горизонтальной проекции одного человека, м^2 (см. рис 2).

В дальнейшем под N понимается число людей в потоке, выраженное в м^2 , т. е.

$$N = \sum f \text{ м}^2 \quad (1)$$

Пути движения людских потоков в зданиях разделяются на горизонтальные и наклонные. К горизонтальным относятся проходы и коммуникационные помещения с горизонтальными полами, к наклонным — лестницы и пандусы с уклонами больше 1:8. Горизонтальные и наклонные пути характеризуются длиной L и шириной b (или <5). Длина пути определяется по его оси. Длину наклонного пути следует принимать по истинному значению, а не по горизонтальной проекции. Не допуская серьезной погрешности, горизонтальные лестничные площадки можно относить к наклонным путям и для облегчения вычислений длину пути по двухмаршевой лестнице в пределах одного этажа можно принимать равной его утроенной высоте H , т. е. $L=3H$.

Пути движения пересекаются дверными проемами, декоративными порталами, имеют сужения из-за выступающих из плоскости стен пилястр, трубопроводов и т.д. Для таких проемов или мест сужений длина пути принимается равной 0, если, например, проем расположен в тонкой стене ($<0,7$ м); в противном случае проем следует рассматривать как самостоятельный отрезок горизонтального пути.

Плотностью людского потока D называется отношение числа людей к площади пути, занимаемой потоком, т. е.

$$D = \frac{N}{\ell d} \text{ м}^2/\text{м}^2 \quad (2)$$

Так как и число людей, и площадь выражены в м^2 , плотность потока — величина безразмерная. Для определения ее надо знать число людей, как они одеты и их возраст, а также параметры пути движения.

Пример. Определить плотность людского потока, состоящего из 100

человек взрослых в уличной зимней одежде; площадь пути, занимаемая потоком, 25 м^2 ($l=10 \text{ м}$; $d=2,5$):

$$N = \sum f = 100 \cdot 0,125 = 12,5 \text{ м}^2, \text{ где значение } f \text{ взято из табл.1.}$$

$$D = \frac{N}{\ell d} = \frac{12,5}{10 \cdot 2,5} = 0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Если возникает необходимость перейти к оценке плотности потока в чел/м², то нужно полученную плотность разделить на/ т.е.

$$D = \frac{0,5}{f} = \frac{0,5}{0,125} = 4$$

Исследованиями установлен, что свободное движение возможно при плотности $D < 0,05$, т. е. один человек на 2—2,5 м². При больших плотностях движение уже становится стесненным. Максимальное значение плотности составляет $D_{\text{макс}}=0,92$, т. е. 7,4— 9,2 чел/м² (в зависимости от одежды). В условиях вынужденной эвакуации возможны более высокие плотности, даже больше 1, за счет сжатия потока и уменьшения значения f в результате давления людей друг на друга. Высокие плотности потоков — основная причина несчастных случаев с людьми.

Скорость движения людского потока v зависит от его плотности и вида пути (рис.3)

Эти зависимости получены в результате большого количества натурных наблюдений (более 10 тыс. замеров) и их последующей обработки методами математической статистики. На графике (рис. 3) представлены средние значения скоростей движения людских потоков, как функции плотности в нормальных условиях, по горизонтальным путям, через проемы и по лестницам вверх и вниз.

Наблюдения показали, что скорости могут иметь разные значения при одной и той же плотности потока. Например, при свободном движении (при $D < 0,05$) отмечались колебания от 5 до 135 м/мин. С увеличением плотности потока колебания значений скорости уменьшаются и в зоне высоких плотностей они не превышают ± 10 м/мин от средних значений. Эти колебания объясняются различным психологическим и физическим состоянием массы

людей в потоке, а также личными причинами, заставляющими отдельных людей сокращать время движения. При небольших плотностях потока люди имеют возможность изменять скорость движения, не мешая друг другу. Поэтому колебания значительны. С увеличением плотности в потоке возникают помехи и уменьшается величина колебаний скорости.

Из графика также следует, что скорость в проемах несколько выше скорости на горизонтальных путях, хотя проем представляет тот же горизонтальный путь. Здесь оказывает влияние чисто психологический фактор: люди стараются быстрее миновать более узкий и менее удобный участок пути. Скорость движения по лестницам вниз в определенном диапазоне плотностей потока выше, чем при движении по горизонтальному пути, поскольку человек затрачивает меньше энергии, а ступени определяют равномерный ритм движения всего потока. Однако с ростом плотности потока этот ритм нарушается, человек перестает видеть путь, боится оступиться, и скорость падает настолько, что оказывается даже меньше скорости при движении по лестницам вверх, поскольку вероятность падения при подъеме меньше, чем при спуске. В зоне высоких плотностей потока абсолютные значения скоростей движения по разным путям отличаются мало.

Для определения значений скорости движения людей в потоке можно пользоваться графиками рис. 3 или табл.1 приложения, в которых показаны величины скоростей движения людей для различных значений плотности (с градацией через 0,01)

Выше указывалось, что движение людских потоков может иметь разные скорости при тех же плотностях в зависимости от психологического состояния массы людей. В аварийных условиях установить значение скоростей движения людских потоков на основе, натурных наблюдений невозможно. Поэтому они определены на основании экстраполяции значений скоростей движения людских потоков, полученных для нормальных условий исходя из предположения, что потоки, имевшие большие скорости движения против средних значений, соответствующих нормальным условиям, по тем или иным

причинам двигались с повышенной напряженностью, т. е. движение приближалось к аварийным условиям. Таким образом, скорости для условий аварийного движения людских потоков вычислены как средние величины от тех значений скоростей движения, полученных в натуре для нормальных условий, которые оказались выше средних значений для нормального движения людей.

Кривая зависимости скорости движения людского потока в аварийных условиях от его плотности для горизонтальных путей представлена на графике рис. 4. Так же получены значения скоростей движения людей для комфортных условий, но при этом обрабатывались данные, которые были ниже принятых средних значений для нормального движения.

В аварийных и комфортных условиях скорости движения людей в проемах и по лестницам получены на основании тех же принципов.

Отношение скорости движения людей в аварийных (или комфортных) условиях к скорости в нормальных условиях называется коэффициентом условий движения μ . Его значения приведены в табл. 2.

С помощью этих коэффициентов, зная скорость движения людей в нормальных условиях, легко получить значения скоростей при вынужденной эвакуации или комфортном движении. Для облегчения расчетов в табл. 2 приложения даны графики значения скоростей для движения в аварийных μ_a условиях.

Таблица 2

Значения коэффициентов условий движения

Виды путей движения	Коэффициенты условий		
	аварийные μ_a	нормальные μ_n	комфортные μ_k
Горизонтальные		I	
Проемы	1.49-0.36	I	$0.63+0.25 D$
Лестницы (спуск)	1.21	I	0.76
Лестницы (подъем)	1.26	I	0.82

Величиной, связывающей плотность потока D , скорость v и ширину

пути δ , является пропускная способность Q , т. е. число людей, проходящих в единицу времени через «сечение» пути шириной δ :

$$Q = D \times \delta \text{ м}^2/\text{мин} \quad (3)$$

Произведение плотности потока и скорости его движения называется интенсивностью (или количеством) движения q :

$$q = D \cdot v \text{ м}/\text{мин} \quad (4)$$

Поскольку значения q не зависят от ширины пути, то они характеризуют кинетику процесса движения людского потока и соответствуют значениям пропускной способности пути шириной 1 м.

При определенной плотности потока, разной для каждого вида пути, q достигает максимума $q_{\text{макс}}$, а затем падает (рис. 5). Следовательно, горизонтальные наклонные пути движения, а также проемы имеют предел пропускной способности, определяемый плотностью при $q_{\text{макс}}$.

График движения людского потока строится в координатах: путь L — время /рис. 6). Предположим, что в начальный момент ($t = 0$) на участке пути длиной L и шириной δ появляется головная часть людского потока численностью N человек при плотности D . Через время t весь поток выходит на участок. Зная плотность потока D , по табл. 1 приложения находим скорость движения v , соответствующую этой плотности, виду пути и условиям движения. По скорости v и длине участка L определяется время t_2 , необходимое для прохождения участка:

$$t_2 = L/v \text{ мин} \quad (5)$$

Значения t_2 и L дают на графике точку B , которая соединяется с началом координат прямой ab и выражает характер движения головной части потока. Учитывая, что через время t_i весь поток выходит на участок и что скорость остается неизменной, можно без предварительных вычислений из точки a' , соответствующей началу пути и времени t_i , провести прямую $a'B'$, параллельную ab , выражающую движение замыкающей части потока.

По графику легко найти местоположение потока в любой момент времени. Например, в момент t_2 головная часть потока достигла конца участка

(точка Z), а замыкающая часть находится в точке x . Тангенс угла наклона прямых ab и $a'B'$ представляет собой скорость движения потока, в данном случае постоянную по всей длине участка, поскольку постоянны ширина пути 5 и плотность потока D . Следовательно, по наклону прямых можно судить о скорости движения потока: чем больше угол наклона, тем выше скорость.

По графику можно судить и о числе людей, миновавших то или иное место на пути движения или не дошедших до него. Общее число людей в потоке N , согласно выражению (2), составляет:

$$N = Ddl \text{ м}^2 \quad (6)$$

где l — длина потока, представленная на графике отрезками bs (в момент t_i) или ak (в момент T).

Тогда в любой точке, например z , отстоящей от начала пути на расстоянии A , искомое число людей, прошедших эту точку или не достигших ее, определится как величина, пропорциональная отрезкам $zk=l-M$ и $a'z=Bl$; отсюда число людей, прошедших точку z , составит

$$N_z = N \frac{l-A}{l},$$

а число людей, не достигших точки Z :

$$N_{a,,} = N \frac{l-A}{l}$$

Иначе говоря, при постоянных значениях 8 и D по длине потока можно определить число людей относительно любой точки пути в любой момент времени, вычислив число N людей на единицу длины потока, т. г.

Определить количество людей можно и другим способом. Между прямыми ab и $a'B'$ находится поток с плотностью D и скоростью v . Пользуясь выражением (3), можно определить пропускную способность Q потока, а умножив найденную величину на время, например на величину отрезка bb' , равного определим число людей, достигших к моменту t конца участка:

$$N = Ddl = Qt \text{ м}^2 \quad (7)$$

Этот прием целесообразно использовать для проверки полученного решения, например времени прохождения людей через конец участка, т. е. С-

С Если полученная величина N сходится с заданной, то это означает, что график построен правильно.

§ 5.2 Основные закономерности движения людских потоков

Общий путь, который преодолевает людской поток, обычно делится на участки, отличающиеся по виду пути (горизонтальные, наклонные, проемы) или по ширине. Границей смежных участков называется такое сечение пути, где меняется ширина пути δ , вид пути или то и другое одновременно.

Рассмотрим движение людского потока через границу двух смежных горизонтальных участков, имеющих разную ширину (рис.7). Предположим, что к границе по участку n движется людской поток с числом людей N_n , и пропускной способностью Q_n . Подойдя к границе, этот поток будет продолжать движение по участку $n+1$ с пропускной способностью Q_{n+1} . Очевидно, что то же количество людей, которое подошло к границе по участку n , уйдет от границы и пойдет по участку $n+1$, т.е.

$$N_n = N_{n+1}$$

Согласно выражению (7)

$$Q_n t = Q_{n+1} t \quad (8)$$

или при равных значениях

$$Q_n = Q_{n+1} \text{ м}^2/\text{мин} \quad (9)$$

т. е. для беспрепятственного перехода потока через границу смежных участков пропускная способность их должна быть одинаковой.

Для определения интенсивности движения на участке $w+1$ выражение (9) надо представить в развернутом виде, используя формулы (3) и (4):

$$q_n d_n = q_{n+1} d_{n+1}$$

тогда

$$q_{n+1} = q_n \frac{d_n}{d_{n+1}} \quad (10)$$

Из выражения (10) следует, что интенсивность движения на смежных участках пути обратно пропорциональна ширине этих участков.

Пример. Определить время движения людского потока по горизонтальному пути из двух участков разной ширины (см. рис. 7); условия движения нормальные; плотность потока на первом участке $\xi \geq 0,6$. Замыкающая часть потока выходит на первый участок через минуту после начала движения.

По графикам табл. 1 приложения определим, соответствующие D , значения $q_t = 9,28$ и $= 15,48$ м/мин.

Пользуясь выражением (10) определим

$$q_2 = q_1 \frac{d_1}{d_2} = 9,28 \frac{2}{3}$$

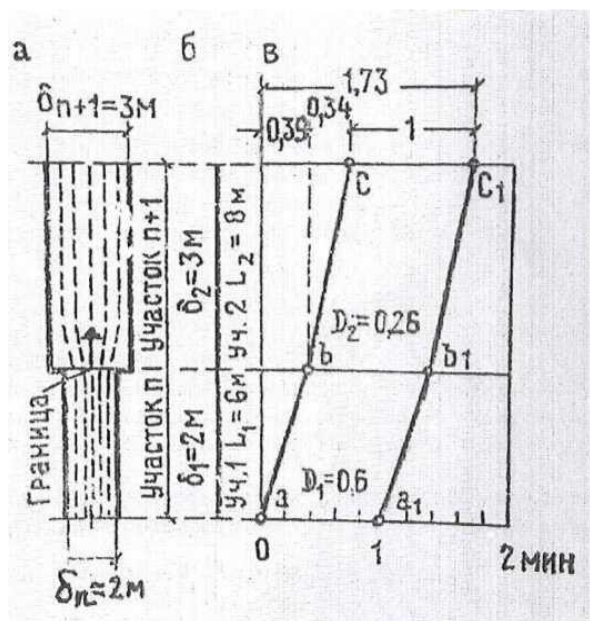


Рис. 7 Движение людского потока через границу смежных участков пути одного вида, но разной ширины а- план пути; б - схема пути; в - расчетный график

Интенсивности $d_2 = 6,2$ м/мин по графикам приложения соответствуют $Z_{>2} = 0,26$ и $i_2 = 23,75$ м/мин.

Время движения головной, а также замыкающей частей потока:

по первому участку

$$t_1 = \frac{L_1}{v_1} = \frac{6}{15,48} = 0,39$$

по второму участку

$$t_1 = \frac{L_1}{v_1} = \frac{8}{23,75} = 0,34$$

На графике (см. рис. 7) движение головной части потока изобразится отрезками ab и he , а замыкающей — $a'B'$ и $B'c'$. Общее время движения составит

$$\sum t = t + t_1 + t_2 = 1 + 0,39 + 0,34 = 1,73 \text{ мин.}$$

Равенство (9) является показателем правильно организованного движения. Его нарушение приводит к серьезным осложнениям хода процесса.

При $q_n > q_{n+1}$ перед границей смежных участков пути образуется скопление людей, так как в единицу времени по участку n к границе подходит людей больше, чем способен пропустить следующий участок пути — $n+1$ за то же время.

На неравенство пропускных способностей смежных участков пути указывает определяемая по выражению (10) интенсивность движения, которая в этих случаях оказывается больше $q_{\text{макс}}$ для соответствующего вида пути:

$$Q_{n+1} = q_n \frac{d_n}{d_{n+1}} > q_{\text{макс}}$$

Как было сказано выше интенсивность движения не может превысить $q_{\text{макс}}$.

Поэтому на участок $n+1$ переходит только часть людей из числа подходящих к границе по участку n , а остальная скапливается, резко замедляя скорость движения и уменьшая пропускную способность участка перед границей до величины, определяемой пропускной способностью последующего участка. Задержавшись у границы, люди стремятся как можно скорее перейти через нее и продолжать движение. Это стремление, особенно в аварийных условиях, обуславливает быстрое, почти мгновенное повышение плотности перед границей и на границе до величины $D_{\text{макс}} = 0,92$.

Следовательно, при $q_{n+1} > q_{\text{макс}}$ плотность на последующем участке следует Принимать $q_{\text{макс}}$.

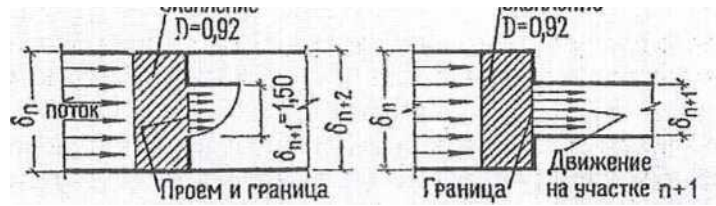


Рис. 8 Схемы путей движения при образовании скопления людей и при разуплотнении потока после скопления

Пример. Определить параметры движения в проеме (участок $n+1$, рис.8) шириной 1,5 м, если $d_{\text{макс}} = 0,7$; $q_{n+1} = 10,02$ м/мин; $q_n = 30,06$ м²/мин.

Определяем интенсивность движения в проеме

$$q_{n+1} = \frac{Q_n}{d_{n+1}} = \frac{30,06}{1,5} = 20 \text{ м/мин} > q_{\text{макс}} = 10,65 \text{ м/мин}$$

($q_{\text{макс}}$ соответствует плотности $D=0,7$).

Следовательно, перед проемом неизбежны скопление людей и задержка движения. Тогда параметры движения в проеме будут: $D_{n+1} = 0,92$; $v_{n+1} = 9,74$ м/мин; $Q_{n+1} = 8,94$ м/мин;

$$Q_{n+1} = 13,43 \text{ м/мин}$$

Во время движения людского потока через границу смежных участков при скоплении людей, т. е. при $q_{n+1} > q_{\text{макс}}$ происходит так называемое разуплотнение потока. Оно состоит в том, что при образовании скопления перед границей и на границе с плотностью $D_{\text{макс}}$ плотность на последующем участке после границы оказывается значительно меньше $D_{\text{макс}}$. Разуплотнение потока объясняется тем, что в определенном для каждого вида пути диапазоне плотностей одному значению интенсивности движения соответствуют два значения плотности, поскольку q , изменяясь от $D=0$ до $D_{\text{макс}} = 0,92$, достигает экстремума (см. рис. 5). Например, для горизонтальных путей при нормальном движении значению $q = 8,36$ м/мин соответствуют два значения плотности: $D = 0,51$ и $D_{\text{макс}} = 0,92$. Следовательно если при переходе потока через границу смежных участков образуется скопление людей, то движение на участке $n+1$ может происходить с меньшей плотностью, чем $D_{\text{макс}}$ при сохранении той же

величины q .

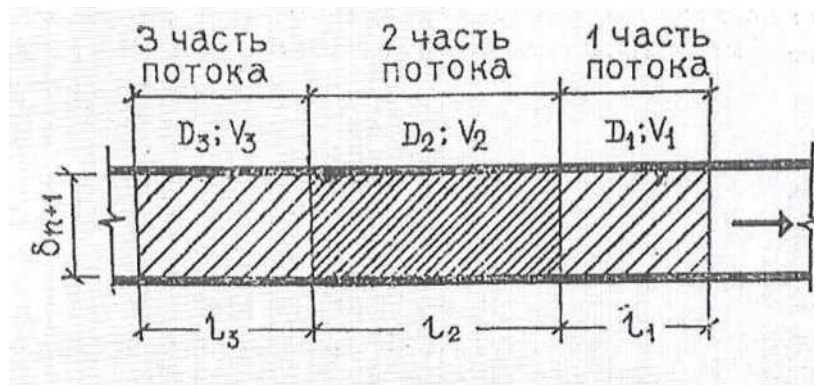


Рис. 9. Схема людского потока с разными плотностями

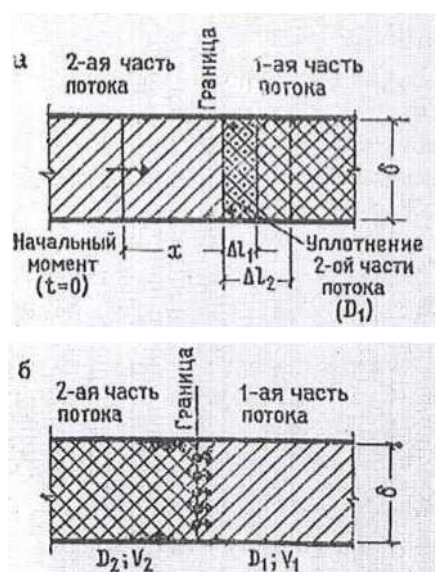


Рис. 10. Схемы переформирования двух частей людского потока с разными D ,

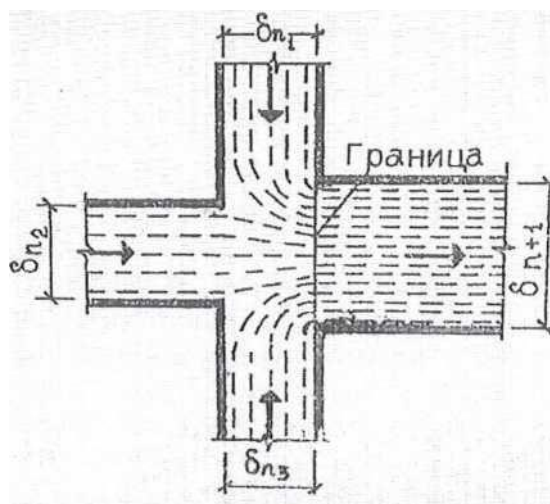


Рис. 11. Схема слияния людских потоков, двигающимися по одному пути

а- при $v_1 \leq v_2$; б - при $v_1 > v_2$

Слияние людских потоков происходит в тех местах здания, где сходятся различные по виду пути движения. Обычно слияние потоков сочетается с процессом движения через границы смежных участков пути. Предположим, что по участкам n_1, n_2, n_3 (рис. 9) движутся три людских потока с числом людей соответственно N_1, N_2, N_3 и пропускными способностями Q_{n1}, Q_{n2} и Q_{n3} . Подойдя одновременно к границе участка $n+1$, потоки сливаются в один общий поток, который продолжает движение по участку $n+1$. Из выражения (9) следует, что

$$Q_{n1} + Q_{n2} + Q_{n3} = Q_{n+1}$$

$$\sum Q_n = q_{n+1} \cdot d_{n+1}$$

$$q_{n+1} = \frac{\sum Q_n}{d_{n+1}}$$

Следовательно, зная параметры подходящих к месту слияния потоков, можно определить параметры движения объединенного потока, установив значение интенсивности движения по выражению (12), а плотность и скорость—по табл. 1 и 2 приложения.

Пример. Три людских потока, двигаясь в нормальных условиях по горизонтальным путям, сливаются в один поток, продолжающий движение также по горизонтальному пути (см. рис. 9).

Исходные данные:

$$d_{n1}=2 \quad D=0,24$$

$$v=25,04$$

$$q=6,01$$

$$d=1,5; D=0,33; v=20,32; q=6,71$$

$$d=0,8; D=0,7; v=14,31; q=10,02$$

$$d=3,2$$

Пользуясь выражением (3), определяем пропускные способности подходящих потоков: $Q_{n1} = 12 \text{ м}^2/\text{мин}$; $Q_{n2} = 10 \text{ м}^2/\text{мин}$; $Q_{n3} = 8 \text{ м}^2/\text{мин}$;

$$\sum Q_N = Q_{N1} + Q_{N2} + Q_{N3} = 30 \text{ м}^2/\text{мин.}$$

$$Q_{n+1} = \frac{\sum q_n}{d_{n+1}} = \frac{30}{3,2} = 9,37$$

По табл. 1 приложения параметры объединенного потока составляют:
 $D_{n+1}=0,61$; $v_{n+1}=15,38 \text{ м/мин.}$

На границе смежных участков пути и в месте слияния нескольких потоков могут образоваться скопления людей и задержка движения, если нарушается равенство пропускных способностей, т. е. когда $\sum Q_n > Q_{n+1} \text{ м}^2/\text{мин}$ или

$$Q_{n+1} = \frac{\sum q_n}{d_{n+1}}$$

Если имеется неравенство возникает максимальная плотность $D_{\text{макс}}=0,92$ и начинается скопление людей на всех участках (n_1, n_2, n_3). Движение на участке $n + 1$ будет происходить с интенсивностью, соответствующей $D_{\text{макс}}$. Следует помнить, что если участок $n+1$ протяженный, плотность потока за счет разуплотнения будет меньше, но она соответствует интенсивности движения при $d_{\text{макс}}$

Слияние людских потоков, рассмотренное выше, предполагает одновременный подход головных частей к месту слияния. Однако такие случаи встречаются редко. Обычно к месту слияния потоки подходят в разное время, при этом один поток как бы вклинивается в другой. В результате на участке пути $n+1$, по которому движется объединенный поток, последний приобретает разные параметры. Иначе говоря, на одном пути образуется поток, состоящий как бы из нескольких частей, идущих друг за другом и имеющих разные плотности и скорости движения (рис. 10).

§ 5.3 Расчет и проектирование путей движения

Расчет движения людских потоков осуществляется по расчетным предельным состояниям. Первым расчетным предельным состоянием называется такое состояние путей движения, при котором они перестают удовлетворять предъявляемым к ним эксплуатационным требованиям по времени движения, т. е. когда пути движения не могут пропустить в заданное

время $t_{н\delta}$ установленное количество людей.

Условие первого расчетного предельного состояния:

$$t_p < t_{н\delta}$$

Расчет по первому предельному состоянию ведется, например, при вынужденной эвакуации людей.

Вторым расчетным предельным состоянием называется такое состояние путей движения, при котором они перестают удовлетворять предъявляемым к ним эксплуатационным требованиям по удобствам движения, т. е. когда на путях движения создаются такие плотности потока D , которые превышают установленные предельные плотности D , для данного здания по требованиям удобств.

Условие второго расчетного предельного состояния:

$$D_p < D_{np}$$

Расчет по второму предельному состоянию ведется для таких зданий или помещений, в которых необходимо предупредить возможность образования высоких плотностей людских потоков, например залов для проведения съездов, лечебных учреждений и т. п.

Так как общий путь движения людского потока в здании складывается из различных участков, отличающихся по виду, протяженности и ширине, общее время движения потока может быть представлено в виде:

$$t = \sum \frac{l}{v\mu} + \sum \frac{N}{\mu} \left(\frac{1}{Q_{n+1}} - \frac{1}{Q_n} \right) \leq t_{np}$$

где t — длина участка пути, м;

V — скорость движения потока по участку, м/мин;

μ — коэффициент условий движения;

N — число людей в потоке, м²;

$Q_{n, n+1}$ — пропускные способности участков n и $n+1$, м²/мин.

Первый член суммы выражает общее время движения потока, а второй — общее время задержек движения. Для оценки удобств движения устанавливается плотность на каждом участке пути

Если при расчете оказывается, что равенство (9) не соблюдается,

необходимо увеличить ширину участка $n+1$.

$$d_{n+1}^{mp} = \frac{q_n d_n}{q_{\max}}$$

В случаях, когда невозможно определить число людей в потоке (например, при проектировании пешеходных переходов под улицами), но необходимо обеспечить беспрепятственное движение - ширину смежных участков - (например, лестницы и тоннеля) можно назначать по соотношениям максимальных значений интенсивности движения, т. е. на основании выражения (10), принимая d_n за единицу

Относительные значения d_{n+1} приведены в табл. 3

Таблица 3

Относительные значения

Участки		d_{n+1}
n	$n+1$	
Горизонтальные	Горизонтальные	i
»	Проем	0,96
	Лестницы (спуск)	1,36
»	Лестницы (подъем)	1,39
Проем	Горизонтальные	1,04
»	Лестницы (спуск)	1,42
»	Лестницы (подъем)	1,45
Лестницы (спуск)	Горизонтальные	0,74
То же	Проем	0,71
»	Лестницы (спуск)	1
Лестницы	Горизонтальные	0,72
То же	Проем	0,69
»	Лестницы (подъем)	1

§ 5.4 Определение расчетного и необходимого времени эвакуации

1. Для обеспечения безопасной эвакуации людей помещений и зданий расчётное время эвакуации t_p не должно быть больше необходимого времени эвакуации людей $t_{нб}$

$$t_p \leq t_{нб},$$

2. Расчётное время эвакуации людей из помещений и здания t_p устанавливается по расчёту времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удалённых мест размещения людей

При расчёте весь путь движения людского потока подразделяются на участки (проход, коридор, дверной проём, лестничный марш, тамбур) длиной l и шириной d_i . Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т.п.

При определении расчетного времени длина и ширина каждого участка пути эвакуации принимаются по проекту. Длина пути по лестничным маршам, а также по пандусам измеряется по длине марша. Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю. Проем, расположенный в стене толщиной более 0,7 м, а также тамбур следует считать самостоятельным участком горизонтального пути, имеющим конечную длину

3. Расчетное время эвакуации людей t_p следует определять как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути по формуле

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i$$

где t_1 - время движения людского потока на первом (начальном) участке, мин;

$t_2, t_3, \dots, t_i$ - время движения людского потока на каждом из следующих после первого участка пути, мин ;

4. Время движения людского потока по первому участку пути следует определять по формуле

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1},$$

где v_1 — значение скорости движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, определяется по табл. 4 в зависимости от плотности D_1 , м/мин.

Таблица 4

Значение скорости движения людского потока

Плотность потока $D, \text{м}^1/\text{м}^3$	Горизонтальный		Дверной	Лестница вниз		Лестница вверх	
	скорость $v, \text{м/мин}$	интенсивность $q, \text{м/мин}$	интенсивность $q, \text{м/мин}$	скорость $v, \text{м/мин}$	интенсивность $q, \text{м/мин}$	скорость $v, \text{м/мин}$	интенсивность $q, \text{м/мин}$
0,01	100	1	1	100	1	60	0,6
0,05	100	5	5	100	5	60	3
0,1	80	8	8,7	95	9,5	53	5,3
0,2	60	12	13,4	68	13,6	40	8
0,3	47	14,1	16,5	52	15,6	32	9,6
0,4	40	16	18,4	40	16	26	10,4
0,5	33	16,5	19,6	31		22	11
0,6	27	16,2	19	24	14,4	18	10,8
0,7	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,8	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,9 и более	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Примечание. Табличное значение интенсивности движения в дверном проеме при плотности потока 0,9 и более, равное 8,5 м/мин, установлено для дверного проема шириной 1,6 м и более, а при дверном проеме меньшей ширины интенсивность движения следует определять по формуле $q=2,5+3,75 \delta$.

Плотность людского потока D_1 на первом участке пути, имеющим длину l_1 и ширину d_1 следует определить по формуле

$$D_1 = \frac{N_1 \times f}{\ell_1 \times \delta_1}$$

где N_1 - число людей на первом участке , чел ;

ℓ - средняя площадь горизонтальной проекции человека , принимаемая равной m^2 ;

взрослого в домашней одежде .. 0,1

взрослого в зимней одежде 0,125

подростки 0,07

5.Значение скорости v_1 движения людского потока на участках пути , следующих после первого , принимается по таблице 4 в зависимости от значения интенсивности движения людского потока по каждому из этих участков пути , которое следует определять для всех участков пути , в том числе и для дверных проёмов , по формуле

$$q_i = \frac{q_{i-1} \times \delta_{i-1}}{\delta_i}$$

где δ_i , δ_{i-1} – ширина рассматриваемого i и предшествующему ему $i-1$ участка пути , м

q_i , q_{i-1} - значение интенсивности движения людского потока по рассматриваемому i и предшествующему $i-1$ участка пути м/мин ; значение интенсивности движения людского потока на первом участке пути ($q=q_{i-1}$) , определяемые по табл 4 по значению d_1 , установленному по формуле рассматриваемому ℓ и предшествующему $\ell -1$ участкам пути , м/мин ; значение интенсивности движения людского потока на первом участке пути ($q=q_{i-1}$), определяемое по таблице 4 по значению D_1 , установленному по формуле (4).

Если значение q_i , меньше или равно значению $q_{\text{макс}}$, то время двивигения по участку пути следует определить по формуле

$$t_i = \frac{\ell_i}{v_i}$$

при этом значения $q_{\max}$ следует принимать равным м/мин , для :

горизонтальных путей16,5

дверных проёмов19,6

лестницы вниз16

лестницы вниз11

Если значение q_i больше $q_{\max}$, то ширину d_i данного участка пути следует увеличивать на такую величину чтобы соблюдалось условие

$$q_i \leq q_{\max}$$

При невозможности выполнения условия интенсивность и скорость движения людского потока по участку пути i определяются по таблице 4 значения $D = 0,9$ и более .

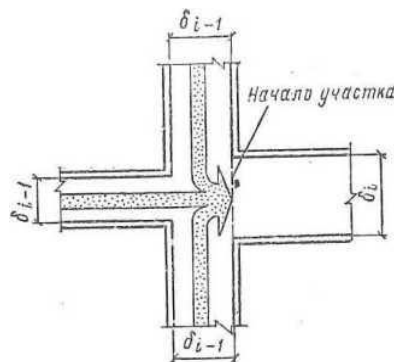


Рис.12. Слияние людских потоков

6. При слиянии в начале участка i двух и более людских потоков (рис . 12) интенсивность движения следует определять по формуле

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \times \delta_{i-1}}{\delta_i} (8)$$

где q_{i-1} – интенсивность движения людских потоков , сливающихся в начале участка i , м/мин

δ_{i-1} – ширина участка пути до слияния , м ;

δ_i – ширина рассматриваемого i -го участка пути , м

Если значение q_i , определенное по формуле (8), больше $q_{\text{макс}}$, то ширину d_i данного участка пути следует увеличивать на такую величину, чтобы соблюдалось условие (7). В этом случае время движения по участку i определяется по формуле (6).

7. Расчётное время эвакуации людей из помещений, в которых допускается один эвакуационный выход, в случаях, указанных в главах II части СНиП, а также в тех случаях, когда число человек на один эвакуационный выход из помещений не превышает 50, а расстояние от наиболее удалённого рабочего места до ближайшего эвакуационного выхода не превышает 25 м, определять не требуется.

Необходимое время эвакуации

1. Необходимое время эвакуации людей $t_{нб}$ из зальных помещений общественных зданий I и II степени огнестойкости принимается по таблице 5

Таблица 5

Наименование помещений	Необходимое время эвакуации, мин при объёме помещения эвакуации тыс м ²				
	Время эвакуации из зданий				
	ДО 5	10	20	40	60
Зрительные залы в театрах, клубах, до- мах культуры и другие залы с колосниковой сценой	1,5	2	2,5	2,5	—
	2	3	3,5	4	4,5
Зрительные, концертные, лекционные залы и залы собраний, выставочные залы и другие залы без колосниковой сцены (кинотеатры, крытые					

	Необходимое время эвакуации, мин при объёме помещения эвакуации тыс м ²				
	1,5	2	2,5	2,5	
спортивные сооружения, цирки, столовые и др.).					
Торговые залы уни					
нереальных магазинов					

2. Необходимое время эвакуации людей из зданий театров , клубов , дворцов культуры и других зданий , с колосниковой сценой , а также из зданий кинотеатров , киноконцертных зданий , крытых спортивных сооружений , цирков , универмагов и столовых принимается : для зданий I и II степени огнестойкости – 6 мин , III и IV степени огнестойкости – 4 мин , V степени огнестойкости – 3 мин .

3. Для зрительных залов без колосниковой сцены , объем которых 60 тысяч м³, необходимое время эвакуации людей $t_{нб}$ следует определять по формуле

$$t_{нб}=0,115w^{1/3}$$

§ 5.4 Пример расчета эвакуации из зоны кинотеатра

Исходные данные:

Здание II степени огнестойкости размером в плане 22,5 × 35,0 м. Зрительный зал вмещает $M = 500$ мест; количество рядов $m = 20$. Мест в ряду $n = 25$; площадь зрительного зала $S = 16,5 \times 25 = 412,5$ м, при высоте зала $H = 6,0$ м. Строительный объем зала $V = 412,5 \times 60 = 2475$ м³. Необходимое время эвакуации из залов объемом до 5000 м³, без колосниковой сцены составляет $t_{нб.зала} = 2,0$ мин (табл. 5), Необходимое время эвакуации из здания II степени огнестойкости $t_{нб.зд.} = 6,0$ мин. (Раздел «Необходимое время эвакуации», п.2.)

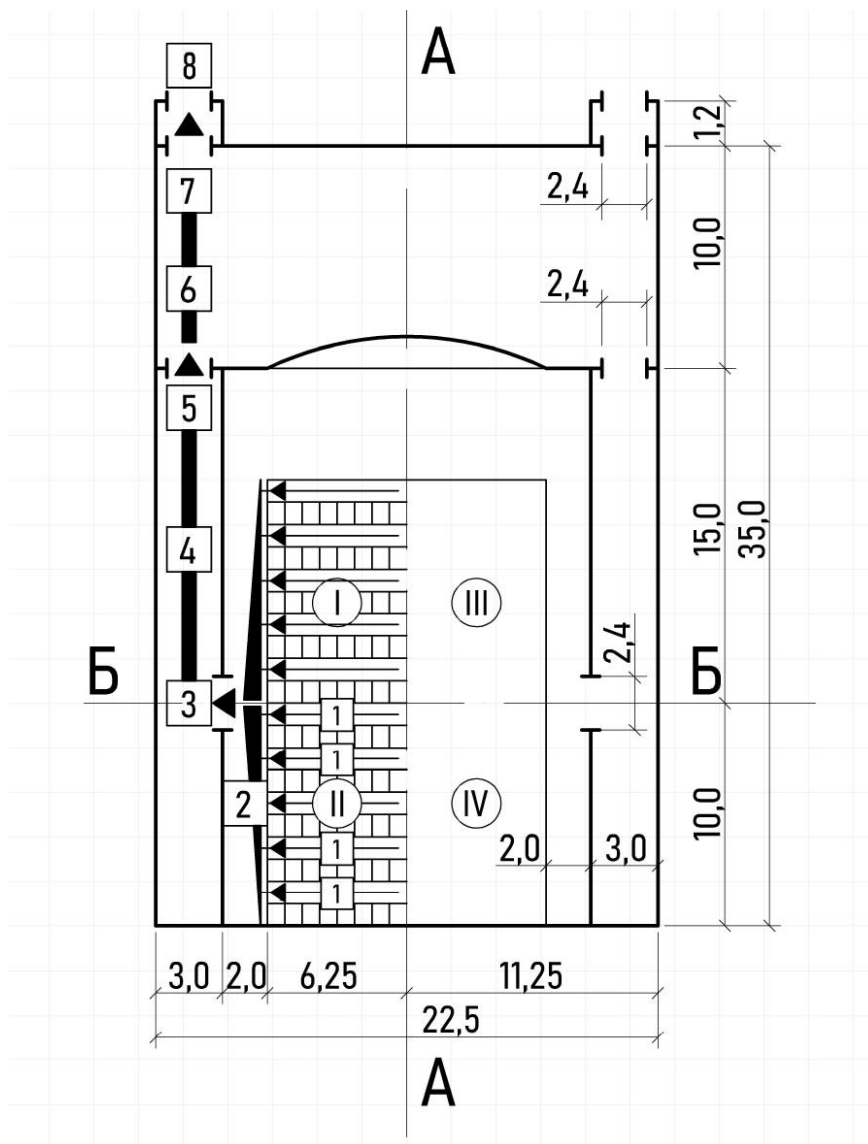


Рисунок. 1. Расчетная схема путей эвакуации из зала и здания кинотеатра.

Порядок расчета:

1) Относительно осей симметрии А-А, Б-Б разбиваем помещение зала на 4 блока (I, II, III, IV). В каждом блоке 125 мест, 10 рядов по 12,5 мест в каждом ряду. Расчет эвакуации целесообразно производить относительно оси симметрии А-А для блоков I, II.

2) Определяем наиболее вероятное направление процесса эвакуации, устанавливаем пути движения людских потоков, их направление и последовательность, обозначаем цифрами отдельные участки и их размеры (l_i - длина, δ_i - ширина).

3) Процесс формирования людского потока и начало эвакуации происходит в поперечных проходах рядов зрительного зала. Плотность (D_1) на начальном участке путей эвакуации определяется по формуле:

$$D_1 = \frac{N_1 * t}{\delta_1 * l_1} = \frac{12,5 * 0,1}{6,25 * 0,5} = \frac{1,25}{3,175} = 0,4$$

По табл. 4 для данного значения плотности определяем скорость движения $V_1 = 40 \text{ м/мин}$, и интенсивность $q_1 = 16 \text{ м/мин}$; и затем время движения л.п. на участке 1:

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1} = \frac{6,25}{40} = \frac{1,25}{3,175} = 0,15 \text{ мин}$$

4) На участок 2 в сборный проход выходят люди из 10-ти поперечных проходов (участки 1) рядов блока II, тогда интенсивность движения на участке 2 составит при слиянии потоков:

$$q_2 = \frac{\sum q_1 * \delta_1}{\delta_2} = \frac{10 * 16 * 0,5}{2,0} = \frac{8,0}{2,0} = 40 \text{ м/мин}$$

По табл. 4 для горизонтальных путей движения:

$$q_2 = 40 \frac{\text{м}}{\text{мин}} > q_{\text{макс}} = 19,6 \text{ м/мин}$$

Следовательно, движение л.п. на участке 2 осуществляется со скоростью при максимальной плотности V_2 , при $D_{\text{макс}} = 15 \text{ м/мин}$ и q_2 при $D_{\text{макс}} = 13,5 \text{ м/мин}$, тогда:

$$t_2 = \frac{l_1}{V_2} = \frac{10,0}{15,0} = 0,7 \text{ мин}$$

5) На участке 3 (дверной проем) будет происходить слияние людских потоков из блоков I и II с аналогичными параметрами:

$$q_3 = \frac{\sum q_2 * \delta_2}{\delta_3} = \frac{2 * 13,5 * 2}{2,4} = \frac{54}{2,4} = 22,5 \text{ м/мин}$$

По табл. 4 $q_3 = 22,5 \text{ м/мин} > q_{\text{макс}} = 19,6 \text{ м/мин}$ и перед дверным проемом будет образовываться скопление людей. Требуемая ширина дверного проема для беспрепятственного движения людей δ_3 :

$$\delta_3 = \frac{\sum q_2 * \delta_2}{q_{\text{макс}}} = \frac{54}{19,6} = 2,8 \text{ м}$$

Время рассасывания скопления, или время движения людей через дверной проем $\delta_3 = 2,4 \text{ м}$ составит $t_3 = \frac{N * f}{q_{D\text{макс}} * \delta_3} = \frac{250 * 0,1}{8,5 * 2,4} = \frac{250}{20,4} = 1,23 \text{ м}$

Общее время эвакуации людей из зала $t_{p.\text{зала}} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,15 + 0,7 + 1,23 = 2,08 \text{ мин}$, $t_{p.\text{зала}} = 2,08 \text{ мин} \approx t_{\text{нб}} = 2,0 \text{ мин}$.

Что удовлетворяет требованиям СНиП, эвакуации из зала в необходимое время.

6) Далее продолжаем расчет эвакуации людей после выхода из зала

$$q_4 = \frac{q_{D\text{макс}} * \delta_3}{\delta_4} = \frac{8,5 * 2,4}{3,0} = \frac{20,4}{3,0} = 6,8 \text{ м/мин}$$

так как $q_4 = 6,8 \text{ м/мин} < q_{\text{макс}} = 16,6 \text{ м/мин}$ движения по участку будет проходить при $V_4 = 90 \text{ м/мин}$, $t_4 = \frac{l_4}{V_4} = \frac{15,0}{90} = 0,16 \text{ мин}$

7) Участок 5 (дверной проем $\delta_5 = 2,4 \text{ м}$)

$$q_5 = \frac{q_4 * \delta_4}{\delta_5} = \frac{6,8 * 3,0}{2,4} = 8,5 \text{ м/мин}$$

Так как $q_5 = 8,5 \text{ м/мин} < q_{\text{макс}} = 19,6 \text{ м/мин}$

Движение через дверной проем проходит беспрепятственно и $t_5 = 0$

8) На участке 6 (вестибюль) движение л.п. будет происходить с эффектом разуплотнения при плотности $D_6 = 0,05$ со скоростью $V_6 = 100 \text{ }^м/мин$; $q_6 = 5 \text{ }^м/мин$ (табл.4). Время движения $t_6 = \frac{l_6}{V_6} = \frac{10}{100} = 0,1 \text{ мин.}$

Требуемая ширина пути движения составит:

$$\delta_6 = \frac{q_5 * \delta_5}{\delta_6} = \frac{8,5 * 2,4}{5,0} = 4,0 \text{ }^м$$

9) Участок 7 (дверной проем $\delta_7 = 2,4 \text{ м}$):

$$q_7 = \frac{q_6 * \delta_6}{\delta_7} = \frac{5,0 * 4,08}{2,4} = 8,5 \text{ }^м/мин$$

Так как $q_7 = 8,5 \text{ }^м/мин < q_{\text{макс. дв.пр.}} = 19,6 \text{ }^м/мин$ движение через проём осуществляется беспрепятственно $t_7 = 0$

10) Так как глубина тамбура всегда $1,2 \text{ м}$, а следующим участком пути является дверной проем $\delta_8 = 2,4 \text{ м}$, движение будет происходить беспрепятственно

$$q_8 = \frac{q_7 * \delta_7}{\delta_8} = \frac{8,5 * 2,4}{2,4} = 8,5 \text{ }^м/мин < q_{\text{макс}} = 19,6 \text{ }^м/мин$$

$$t_8 = 0$$

11) Расчетное время эвакуации из здания:

$$t_{\text{р.зд.}} = t_{\text{р.зала.}} + t_4 + t_6 = 2,08 + 0,16 + 0,1 = 2,34 \text{ мин}$$

$$t_{\text{р.зд.}} = 2,34 \text{ мин} < t_{\text{нб.зд.}} = 6,0 \text{ мин}$$

Требования выполняются

Раздел 3. Людские потоки в зданиях. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения

§ 6.1 Требования для разработки проектных решений, обеспечивающие равные условия жизнедеятельности маломобильных групп населения с другими категориями населения

Федеральным законом «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» в статье 15 «Обеспечение беспрепятственного доступа инвалидов к объектам социальной инфраструктуры» установлено: – планировка и застройка городов, других населенных пунктов, формирование жилых и рекреационных зон, разработка проектных решений на новое строительство и реконструкцию зданий, сооружений и их комплексов, а также разработка и производство транспортных средств общего пользования, средств связи и информации без приспособления указанных объектов для доступа к ним инвалидов и использования их инвалидами не допускаются; – в случаях, когда действующие объекты невозможно полностью приспособить для нужд инвалидов, собственниками этих объектов должны осуществляться по согласованию с общественными объединениями инвалидов меры, обеспечивающие удовлетворение минимальных потребностей инвалидов. В соответствии с требованиями Закона «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» доступность объектов/услуг для инвалидов обеспечивают владельцы или балансодержатели данных объектов/услуг за счет своих собственных средств. Дополнительные затраты на безбарьерное проектирование объектов социальной инфраструктуры, как правило, оцениваются застройщиками как слишком высокие и нерентабельные. Действительно, обеспечение доступности всех этажей (зон) объекта может потребовать существенных затрат как при строительстве многоэтажных зданий, так и на небольших малоэтажных объектах, где, например, также необходима установка лифтов или подъемных платформ для инвалидов,

решения по эвакуации в виде устройства зон безопасности. В случае строительства объектов на территории со сложным рельефом (со значительными высотными перепадами) требуются дополнительные затраты в ходе планировки участка для обеспечения нормативных уклонов на путях движения инвалидов. В то же время следует принимать во внимание, что безбарьерная среда обеспечивает комфортное пребывание и пользование услугами достаточно большому кругу пользователей, не только инвалидам, но и маломобильным гражданам (пенсионеры, беременные женщины, временно нетрудоспособные, люди с детскими колясками/тележками/с тяжелыми сумками, дети дошкольного возраста). Создание безбарьерной, универсальной среды повышает привлекательность архитектурного объекта для всех граждан, что, следовательно, повышает стоимость самого объекта и позволяет снизить расходы на обслуживание посетителей всех групп мобильности. Например, проектирование входа в здание в одном уровне с тротуаром (см. рис. 6.1), а также установка лифтов с уровня вестибюля, расположенного на одной отметке со входом, позволяет избежать установки подъемных платформ и пандусов для инвалидов и затрат на их дальнейшую эксплуатацию; проектирование широких дверных проемов обеспечит необходимые габариты проходов не только для инвалидов, но и комфорт для всех пользователей.

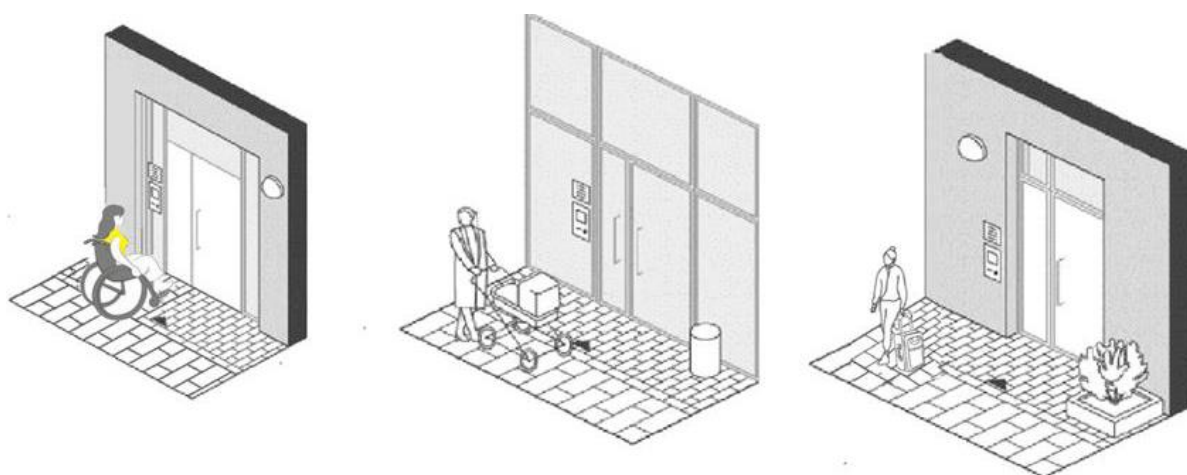


Рисунок 6.1. Доступность входных групп для МГН

Создание безбарьерной среды на объекте (далее – ББС) обеспечивает возможность обустройства рабочих мест для инвалидов, что позволяет организации сократить выплаты в фонд квотирования.

Основной действующий на данный момент свод правил, регламентирующий работу по проектировании доступной среды для инвалидов, содержится в СП 59.13330.2020 Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001 (далее – СП 59.13330).

***Нормативы и стандарты, используемые при разработке раздела
«Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов»:***

- СП 59.13330.2020 Свод правил доступности зданий и сооружений для маломобильных групп населения;
- СП 136.13330.2012 Здания и сооружения. Общие положения проектирования с учетом доступности для маломобильных групп населения;
- Изменения №1 к СП 136.13330.2012: Здания и сооружения. Общие положения проектирования с учетом доступности для маломобильных групп населения;
- СП 35-101-2001 Проектирование зданий и сооружений с учетом доступности для маломобильных групп населения. Общие положения;
- СП 35-102-2001 Жилая среда с планировочными элементами, доступными инвалидам;
- СП 35-103-2001 Общественные здания и сооружения, доступные маломобильным посетителям;
- СП 35-104-2001 Здания и помещения с местами труда для инвалидов;
- СП 35-105-2002 Реконструкция городской застройки с учетом доступности для инвалидов и других маломобильных групп населения;

- СП 30-102-99 Планировка и застройка территорий малоэтажного жилищного строительства;
- СП 31-102-99 Требования доступности общественных зданий и сооружений для инвалидов и других маломобильных посетителей;
- СП 140.13330.2012 Городская среда. Правила проектирования для маломобильных групп населения (с Изменением N 1);
- СП 31-113-2004 Бассейны для плавания;
- СП 118.13330.2012 Общественные здания и сооружения;
- СП 137.13330.2012 Жилая среда с планировочными элементами, доступными инвалидам. Правила проектирования (с Изменением N 1);
- СП 138.13330.2012 Общественные здания и сооружения, доступные маломобильным группам населения. Правила проектирования (с Изменением N 1);
- СП 139.13330.2012 Здания и помещения с местами труда для инвалидов. Правила проектирования (с Изменением N 1);
- СП 150.13330.2012 Дома-интернаты для детей-инвалидов. Правила проектирования (с Изменением N 1);
- СП 417.1325800.2020 Железнодорожные вокзальные комплексы Правила проектирования;
- Изменения №1 к СП 59.13330.2012: Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001;
- СП 59.13330.2012 Свод правил доступности зданий и сооружений для маломобильных групп населения.
- ГОСТ Р 51671-2020 Средства связи и информации технические общего пользования, доступные для инвалидов. Классификация. Требования доступности и безопасности;

- ГОСТ Р 52872-2019 Требования доступности для инвалидов по зрению;
- ГОСТ Р 56832-2020 Шрифт Брайля. Требования и размеры;
- ГОСТ Р ИСО 9999-2019: Вспомогательные средства для людей с ограничениями жизнедеятельности. Классификация и терминология;
- ГОСТ Р 52875-2018: Технические требования для тактильных наземных указателей для инвалидов по зрению;
- ГОСТ Р 51261-2017: Типы и технические требования опорных стационарных реабилитационных устройств;
- ГОСТ Р 51671-2020: Средства связи и информации технические общего пользования, доступные для инвалидов. Классификация. Требования доступности и безопасности;
- ГОСТ Р 51090-2017: Средства общественного пассажирского транспорта. Общие технические требования доступности и безопасности для инвалидов;
- ГОСТ Р 51083-2015 Кресла-коляски. Общие технические условия;
- ГОСТ Р 50602-93 Кресла-коляски. Максимальные габаритные размеры;
- ГОСТ Р 51261-2017 Устройства опорные стационарные реабилитационные. Типы и технические требования;
- ГОСТ Р 52875-2018 Указатели тактильные наземные для инвалидов по зрению. Технические требования;
- ГОСТ Р 52495-2005 Социальное обслуживание населения. Термины и определения (Издание с Изменением N 1);
- ГОСТ Р ИСО 23600-2013 Вспомогательные технические средства для лиц с нарушением функций зрения и лиц с нарушением функций зрения и слуха. Звуковые и тактильные сигналы дорожных светофоров;

- ГОСТ Р 56421-2015 Платформы подъемные для инвалидов и других маломобильных групп населения. Общие требования безопасности при эксплуатации;

- ГОСТ Р 52131-2019 Средства отображения информации знаковые для инвалидов. Технические требования;

- ГОСТ Р 50646-2012 Услуги населению. Термины и определения;

- ГОСТ Р 50917-96 Устройства, печатающие шрифтом Брайля. Общие технические условия;

- ГОСТ Р 52872-2019 Интернет-ресурсы и другая информация, представленная в электронно-цифровой форме;

- ГОСТ Р ИСО 17049-2015 Доступный дизайн. Применение шрифта Брайля на указателях, оборудовании и аппаратах;

- ГОСТ Р 50916-2017 Восьмибитный код обмена и обработки информации для восьмиточечного представления символов в системе Брайля

Отдельные положения (пункты) СП 59.13330 включены в «Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», который был утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 4 июля 2020 г. № 985. Часть требований СП 59.13330, а также своды правил СП 136.13330 – СП 140.13330, включены в Приказ Росстандарта от 20 апреля 2021 г. № 567 “О внесении изменения в приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 апреля 2020 г. № 687” Перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

При новом строительстве требования нормативно-правовых документов, обеспечивающих инвалидам доступную, безопасную и комфортную среду жизнедеятельности, должны быть реализованы в проектных решениях в полном объеме, установленном СП 59.13330 (пункты, обязательные к исполнению). Пункты СП 59.13330 добровольного применения, а также требования СП 136.13330.2012 – СП 140.13330.2012 также должны быть реализованы, но могут быть предложены улучшенные или равноценные альтернативные решения, согласованные в установленном порядке в Задании на проектирование.

Для объектов капитального строительства, в отношении проектной документации которых, на основании статьи 49 Градостроительного кодекса Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ, не проводится экспертиза (отдельно стоящие объекты капитального строительства с количеством этажей не более чем два, общая площадь которых составляет не более чем 1500 квадратных метров и которые не предназначены для проживания граждан, и др.), разрабатывая раздел 10 в рамках «разумного приспособления», допустимо обеспечивать доступ инвалидов только на первый этаж, чтобы, в соответствии с принципами Конвенции «О правах инвалидов», приспособление объекта для инвалидов не ложилось «недопустимых бремен на владельца объекта» и «исходя из финансовых возможностей ... организаций», как это установлено ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации». В этом случае предусматриваются компенсирующие мероприятия по оказанию услуг инвалидам на первом этаже строящегося объекта, которые рекомендуется согласовать с местными органами социальной защиты населения. В отличие от вновь строящихся объектов практика приспособления действующих объектов показывает, что на многих из них невозможно создать универсальную доступную среду в полном объеме, соответствующую нормативам СП 59.13330, для инвалидов всех групп мобильности.

При капитальном ремонте, а в отдельных случаях и при реконструкции, допускается удовлетворять потребности инвалидов не в полном объеме, если это объективно невозможно, а в объеме минимального удовлетворения потребностей. Такой подход соответствует принципу «разумного приспособления», введенного Конвенцией О правах инвалидов. «Разумное приспособление» означает «внесение, когда это нужно в конкретном случае, необходимых и подходящих модификаций и корректив, не становящихся несоразмерным или неоправданным бременем, в целях обеспечения реализации или осуществления инвалидами наравне с другими членами общества всех прав человека и основных свобод». При капитальном ремонте или реконструкции часто невозможно выполнить перепланировку или реконструкцию входной группы, не выходя за границу красных линий, установить лифты, расширить пути движения (коридоры, лестницы), расширить тамбур в капитальных стенах, установить пандус на внутренней лестнице, обеспечить на каждом этаже зоны безопасности, обеспечить нормативные габариты туалетных кабин для инвалидов, и т.п. Как правило, в таком случае целесообразно выделить вблизи доступного входа помещение/зону, которую возможно приспособить для обслуживания инвалидов, т.е. в которой обеспечивается получение инвалидом всех видов услуг, имеющихся в данном здании. При наличии в здании санузла для посетителей должна быть предусмотрена универсальная или доступная кабина санузла для инвалидов. При «разумном приспособлении» существующих объектов, особенно это касается объектов культурного наследия, возможны незначительные отклонения от нормативов СП 59.13330 при соблюдении следующих условий:

- создание инвалиду возможности иметь доступ ко всем функциям, предоставляемым в здании, в уровне, например, только первого этажа;
- организация оказания инвалиду помощи в преодолении существующих на объекте барьеров, затрудняющих пользование объектом;

- подробное описание всех принимаемых решений в Задании на проектирование;

- согласование принятых проектных решений в ходе реализации

- «разумного приспособления» общественными организациями инвалидов.

При невозможности организации доступа к объектам культурного наследия для инвалидов, передвигающихся на кресло-коляске, доступность, в рамках «разумного приспособления» можно обеспечивать в дистанционном режиме посредством создания и развития в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» интернет-ресурса об объекте культурного наследия.

Так как невозможно определить единый состав мероприятий в рамках «разумного приспособления», то в каждом конкретном случае разрабатывается свой минимальный объем решений, учитывающий потребности посетителей приспособляемого объекта, специфику региона и другие условия.

Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов выполняются на всех этапах жизненного цикла здания/комплекса зданий или сооружений:

- при разработке Задания на проектирование определяются требования к разделу «Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов» (далее – МОДИ), обязательные к исполнению в ходе проектирования и реализации решений данного проекта;

- в проектной документации раздела МОДИ (стадия Проект), содержится обоснование архитектурных, инженерных и конструктивных решений, обеспечивающих доступность объекта для инвалидов, безопасность инвалидов в ходе эвакуации и разрабатывается схема размещения информационного обеспечения доступных зон в здании;

- в ПД стадии Рабочая документация прорабатываются вопросы конкретизации марок оборудования (сантехники, вызывных устройств, подъемных платформ для инвалидов, тактильных средств навигации и пр.), указываются геометрические привязки оборудования на схемах;

– в процессе строительства осуществляется контроль над соответствием выполняемых работ утвержденному проекту в части соблюдения требований по доступности здания для инвалидов, при необходимости вносятся изменения в рабочую документацию в рамках авторского надзора, уточняются места размещения оборудования в санузлах и других зонах обслуживания;

– в ходе эксплуатации объекта определяются ответственные за обеспечение доступности объекта, поддержание оборудования в работоспособном состоянии; определяется минимальная периодичность осуществления проверок, осмотров и освидетельствования состояния оборудования, предназначенного для использования инвалидами; организуется служба сопровождения инвалидов по объекту; разрабатывается и реализуется в рамках текущих и капитальных ремонтов план мероприятий по дальнейшему совершенствованию ББС на объекте с соблюдением принципов «универсального дизайна» (дорожная карта); разрабатывается и согласуется с общественными организациями инвалидов «Паспорт доступности для инвалидов объектов и услуг»;

– при реконструкции/реставрации здания/сооружения, на данный момент недоступного для инвалидов, выполняются все возможные меры (мероприятия), обеспечивающие минимальное удовлетворение потребностей инвалидов в рамках «разумного приспособления».

§ 6.2 Разработка схемы эвакуации инвалидов из здания. Зоны безопасности.

В зданиях и сооружениях для МГН должны быть обеспечены условия использования в полном объеме помещений для безопасного осуществления необходимой деятельности самостоятельно либо с помощью сопровождающего, а также эвакуации в случае чрезвычайной ситуации.

6.2.1 Пути движения к помещениям, зонам и местам обслуживания внутри здания следует проектировать в соответствии с нормативными требованиями к путям эвакуации людей из здания.

Допускается устройство общих путей эвакуации для лиц, относящихся к маломобильным группам населения и остальных посетителей объекта.

Если инвалид на кресле-коляске не может самостоятельно эвакуироваться непосредственно наружу по общим путям эвакуации или по пандусу, для него следует предусматривать на этажах безопасные зоны, где инвалид (или инвалид с сопровождающим) может находиться до спасения пожарными подразделениями.

В качестве зон безопасности для инвалидов могут использоваться следующие помещения:

- отдельные помещения с выходом непосредственно в незадымляемую лестничную клетку;
- отдельное помещение на расстоянии не более 15 м от незадымляемых лестничных клеток, лифтов для инвалидов;
- холлы лифтов для транспортирования пожарных подразделений или холлы лифтов для инвалидов;
- площадки эвакуационных незадымляемых лестничных клеток.

Размещение инвалидов на кресле-коляске непосредственно на лестничной клетке может затруднить процесс эвакуации по лестничной клетке остальных людей. Поэтому размещение зон безопасности в отдельных помещениях с выходом на лестничные клетки является оптимальным как с точки зрения эвакуации всех посетителей и сотрудников, так и с точки зрения спасения инвалидов пожарными подразделениями. Размещение зон безопасности в

лифтовых холлах допустимо, если исполнение лифтов соответствует требованиям ГОСТ Р 53296.

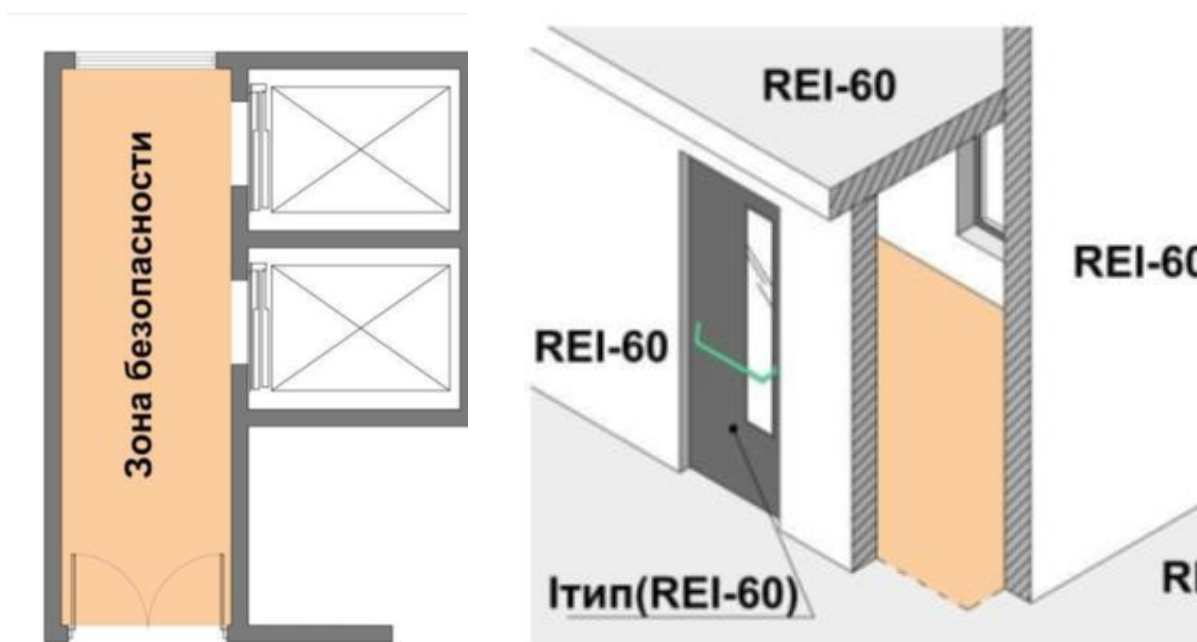


Рис. 6.1. Зона безопасности, расположенная в лифтовом холле

Вариант проектного решения

При использовании в качестве зоны безопасности незадымляемой лестничной клетки размеры площадок лестничной клетки необходимо увеличить на размеры проектируемой зоны безопасности из расчета на одного спасаемого инвалида на кресле-коляске 2,4 м².

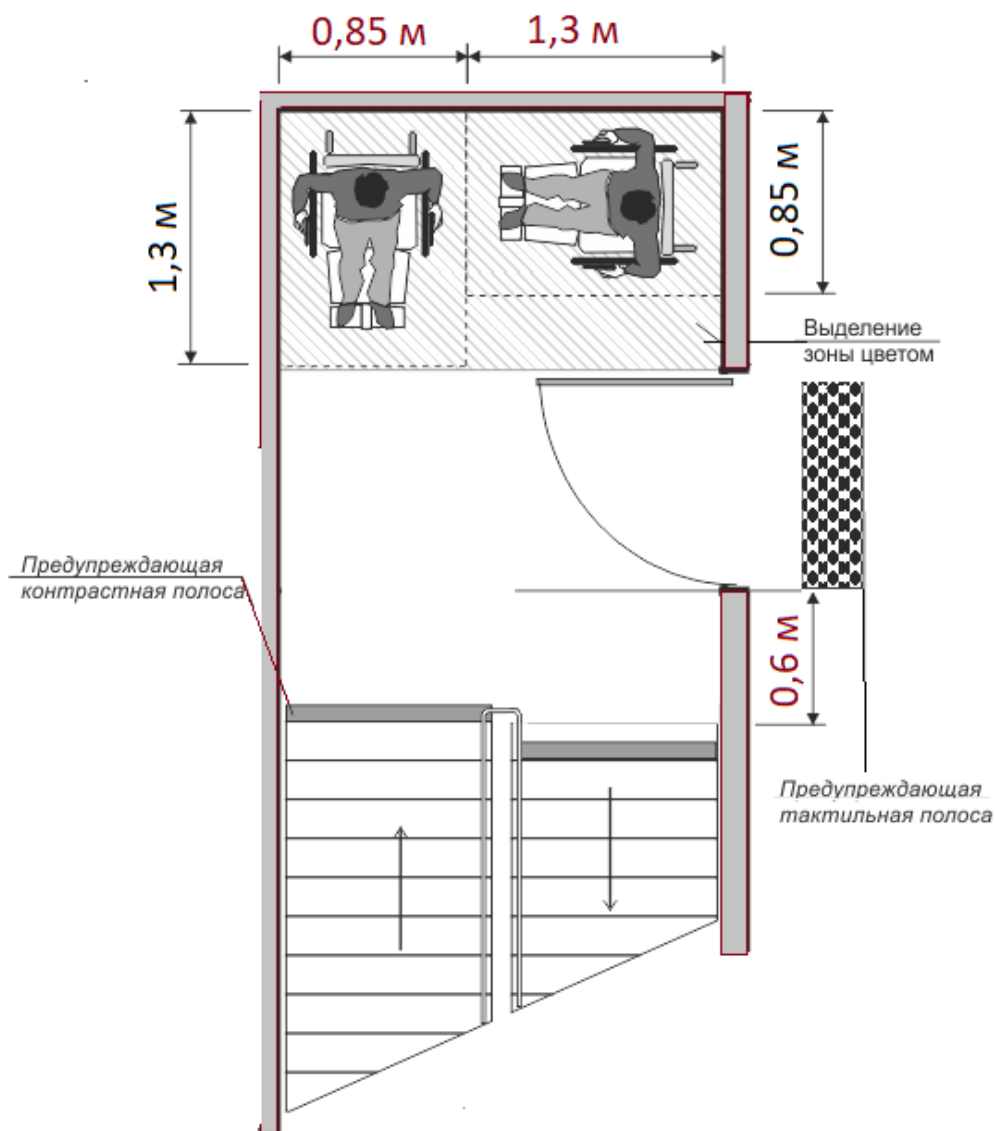


Рис. 6.2. Зона безопасности, расположенная на лестничной клетке

Вариант проектного решения

В тамбурах, лестничных клетках и у эвакуационных выходов не допускается применять зеркальные стены (поверхности), а в дверях – зеркальные стекла. Полотно двери на путях эвакуации должно иметь окраску, контрастную со стенами. В качестве дверных запоров на путях эвакуации следует предусматривать ручки нажимного действия антипаника. Направление открывания дверей безопасных зон предусмотреть внутрь зоны.

Помещение безопасной зоны должно быть оснащено устройством двусторонней речевой и/или видеосвязи с диспетчерской, помещением пожарного поста или помещением с персоналом, ведущим круглосуточное

дежурство. Устройства вызова должны быть расположены в зоне досягаемости инвалида на кресле-коляске.

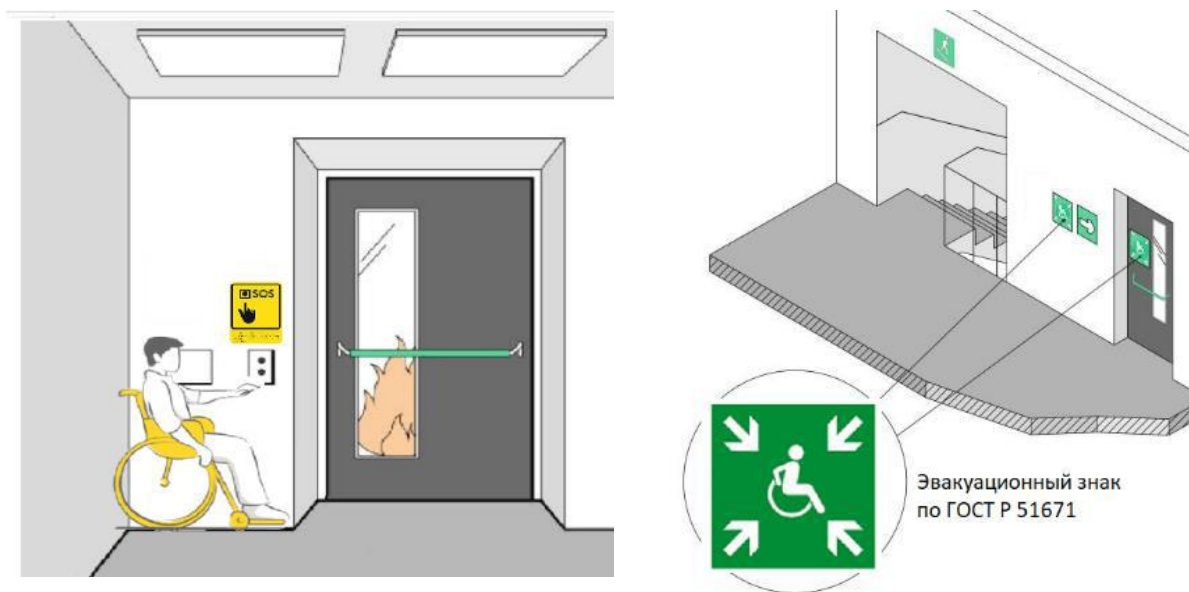


Рис. 6.3. Связь из зон безопасности, информационный знак

Расположение зон безопасности и эвакуационных выходов должно быть указано на плане эвакуации и на визуально-тактильной схеме для слепых. О проектировании зон безопасности подробнее в Методическом пособии «Рекомендации по проектированию в общественных зданиях безопасных зон для маломобильных групп населения».

Информационные ресурсы:

Осиновская В.Б., Соннова О.Г. Методические рекомендации по разработке раздела 10 проектной документации «Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов». Часть 1. Общественные здания и сооружения. – Москва, 2020.

Раздел 4. Схема планировочной организации земельного участка (СПОЗУ) гражданских зданий. Проектирование автомобильных стоянок.

§ 7 Схема планировочной организации участка (СПОЗУ)

§§ 7.1 Обязательные элементы СПОЗУ

Для получения разрешения на строительство или реконструкцию объекта капитального строительства в соответствии с требованиями Градостроительного кодекса РФ разрабатывают генеральный план застройки земельного участка (СПОЗУ). СПОЗУ рассматривается как главный элемент комплекта проектно-нормативной документации на строительство капитального объекта.

Схема планировочной организации земельного участка (СПОЗУ) по сути является проектом территории застройки для конкретного объекта капитального строительства. В этом проекте должна быть отражена полная информация о территории, выделенной для строительства нового объекта: о рельефе местности с его перепадами и высотами, наличии подземных коммуникаций, существующих капитальных и некапитальных объектов, отображаемых на топографической съемке, которая является основой для разработки СПОЗУ.

Схема планировочной организации земельного участка капитального объекта строительства должна соответствовать градостроительному плану земельного участка (ГПЗУ). ГПЗУ содержит необходимые строительные характеристики конкретного участка и установленные в отношении него ограничения, что позволяет точно определить место расположения как проектируемого, так и существующих объектов с учетом допустимых технических требований по санитарно-противопожарным разрывам и нормативных расстояний до ближайших инженерных коммуникаций.

Градостроительный план земельного участка, являющийся основанием для выполнения проектных решений по строительству и реконструкции

объектов капитального строительства, используется для разработки проектной документации, выдачи разрешений на строительство и на ввод объекта в эксплуатацию, а также для разработки проекта границ подлежащего застройке (или застроенного) участка. ГПЗУ разрабатывается районным или городским отделом по архитектуре и утверждается отдельным распоряжением районной или городской администрации.

Пример чертежа градостроительного плана земельного участка приведен на рис. 1.

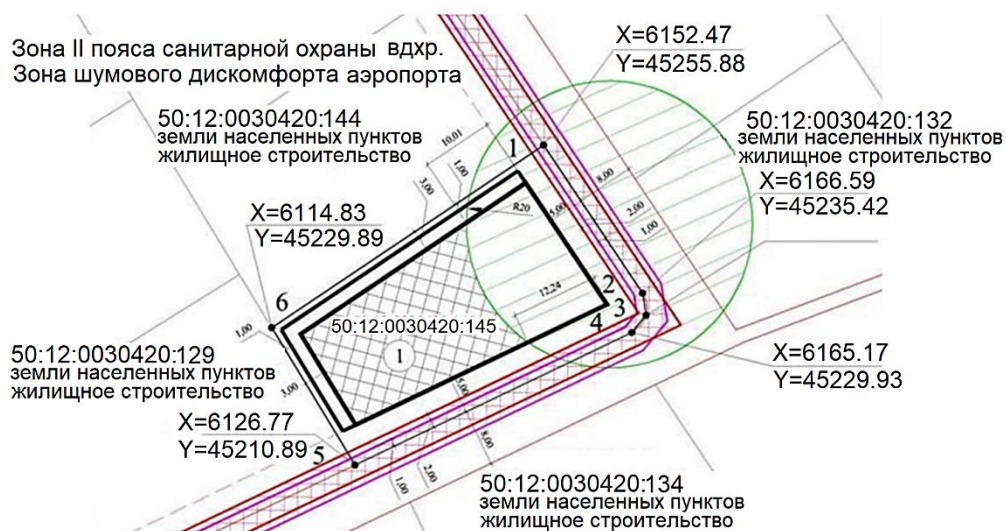


Рис. 1. Градостроительный план земельного участка

§§ 7.2 Состав СПОЗУ для объектов капитального строительства, документы для подготовки СПОЗУ

При разработке СПОЗУ определяются: места размещения существующих и проектируемых объектов капитального строительства с указанием существующих и проектируемых подъездов и подходов к ним; границы зон действия публичных сервитутов (при их наличии); границы санитарно-защитных, охранных зон, и санитарных разрывов, а также решаются вопросы горизонтальной планировки и благоустройства территории строительства.

Как и любая другая проектная документация, СПОЗУ включает графическую и текстовую (пояснительную записку) части.

В текстовой части отражается:

- Характеристика земельного участка, предоставленного для размещения проектируемого здания или сооружения.

Описывается месторасположение проектируемого участка в системе городской застройки, его рельеф и ориентация по странам света (ситуационный план).

- Обоснование границ санитарно-защитных зон объектов капитального строительства в пределах границ земельного участка (при их наличии).

Для объектов производственного назначения в соответствии с требованиями СанПиН могут устанавливаться границы санитарно-защитных зон.

- Обоснование планировочной организации земельного участка в соответствии с нормативными документами (градостроительными и техническими регламентами) об использовании земельного участка.

Указываются границы и площадь проектируемого участка в соответствии с градостроительным планом. Выполняется инженерно-топографический план (как правило, в М 1:500). Обозначаются въезды и выезды с участка. Размещаются на участке проектируемые объекты капитального строительства с учетом допустимых технических требований по санитарно-противопожарным разрывам и нормативных расстояний до ближайших инженерных коммуникаций. Предусматриваются мероприятия по обеспечению беспрепятственного доступа маломобильных групп населения к объектам инженерной, социальной и транспортной инфраструктуры и приспособлению среды жизнедеятельности к различным категориям инвалидов.

- Обоснование решений по инженерной подготовке территории с учетом защиты территории и объектов капитального строительства от

последствий опасных геологических процессов, паводковых, грунтовых вод и т.д.

Мероприятия по инженерной подготовке территории могут включать срезку существующих и устройство новых асфальтобетонных покрытий, ремонт или демонтаж инженерных коммуникаций и т.д.

- Обоснование организации рельефа на основе вертикальной планировки территории.

Вертикальная планировка территории выполняется методом проектных горизонталей в увязке с существующими отметками прилегающих территорий. Решаются вопросы отведения ливневых стоков с планированной территории участка к водоприемным колодцам с подключением к ливневой канализации и т.д.

- Описание решений по благоустройству территории. устройство из различных строительных материалов покрытий дорог, проездов, тротуаров и площадок в соответствии с их функцией; устройство малых архитектурных форм утилитарного и эстетического назначения.

- Основные технико-экономические показатели земельного участка, на котором размещается проектируемый объект (площадь участка, площадь застройки участка, площадь твердых покрытий и площадь озеленения в м²).

Для объектов производственного назначения в текстовой части дополнительно приводится:

- Зонирование территории земельного участка проектируемого объекта с обоснованием функционального назначения и схемы размещения зон, а также размещения зданий и сооружений основного, вспомогательного, подсобного, складского и обслуживающего назначения, входящих в состав проектируемого промышленного предприятия.

- Обоснование схем транспортных коммуникаций, обеспечивающих внешние и внутренние, включая междоусобные грузоперевозки.

- Обоснование схем транспортных коммуникаций, обеспечивающих внутренний и внешний подъезд к проектируемому объекту.
- Характеристика и технические показатели транспортных коммуникаций.

Графическая часть СПОЗУ состоит из следующих чертежей:

- Ситуационный план размещения объекта капитального строительства в границах земельного участка проектируемого объекта с указанием границ населенных пунктов, непосредственно примыкающих к границам проектируемого участка, границ зон с особыми условиями их использования, предусмотренных Градостроительным кодексом РФ, границ территорий, подверженных риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Для объектов производственного назначения на ситуационном плане также отображают проектируемые транспортные и инженерные коммуникации с обозначением мест их присоединения к существующим транспортным и инженерным коммуникациям. Пример оформления ситуационного плана (схемы) показан на рис. 2.

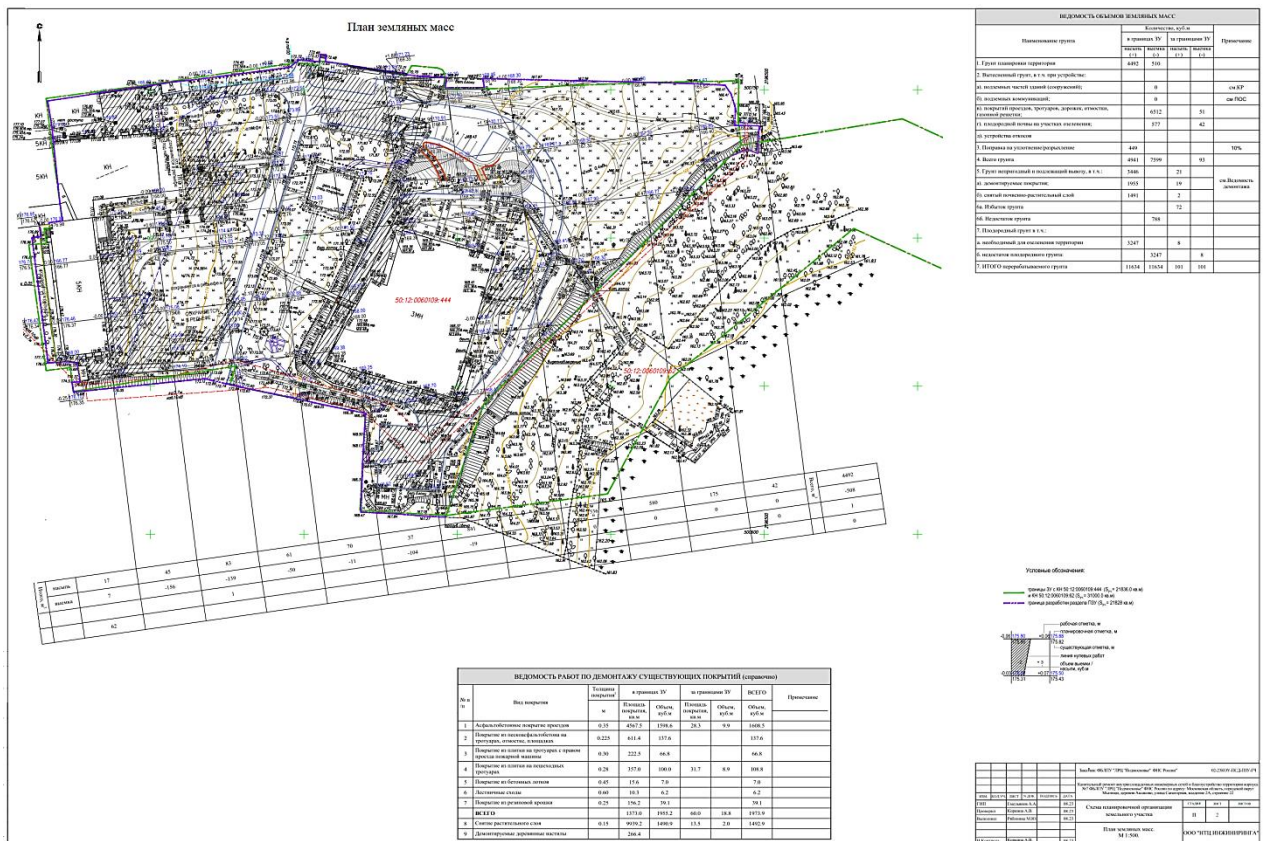


Рис. 5. План земельных масс

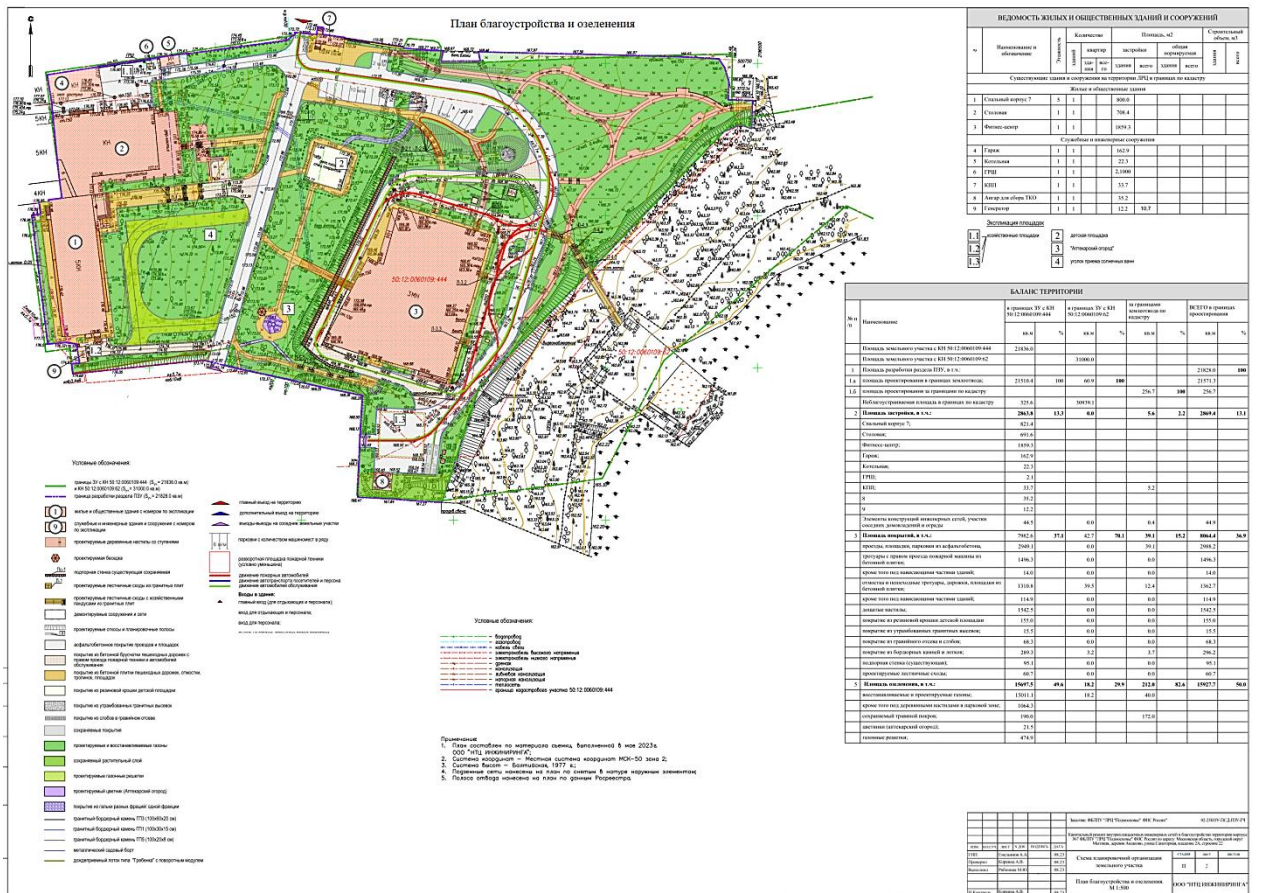


Рис. 6. План благоустройства и озеленения территории

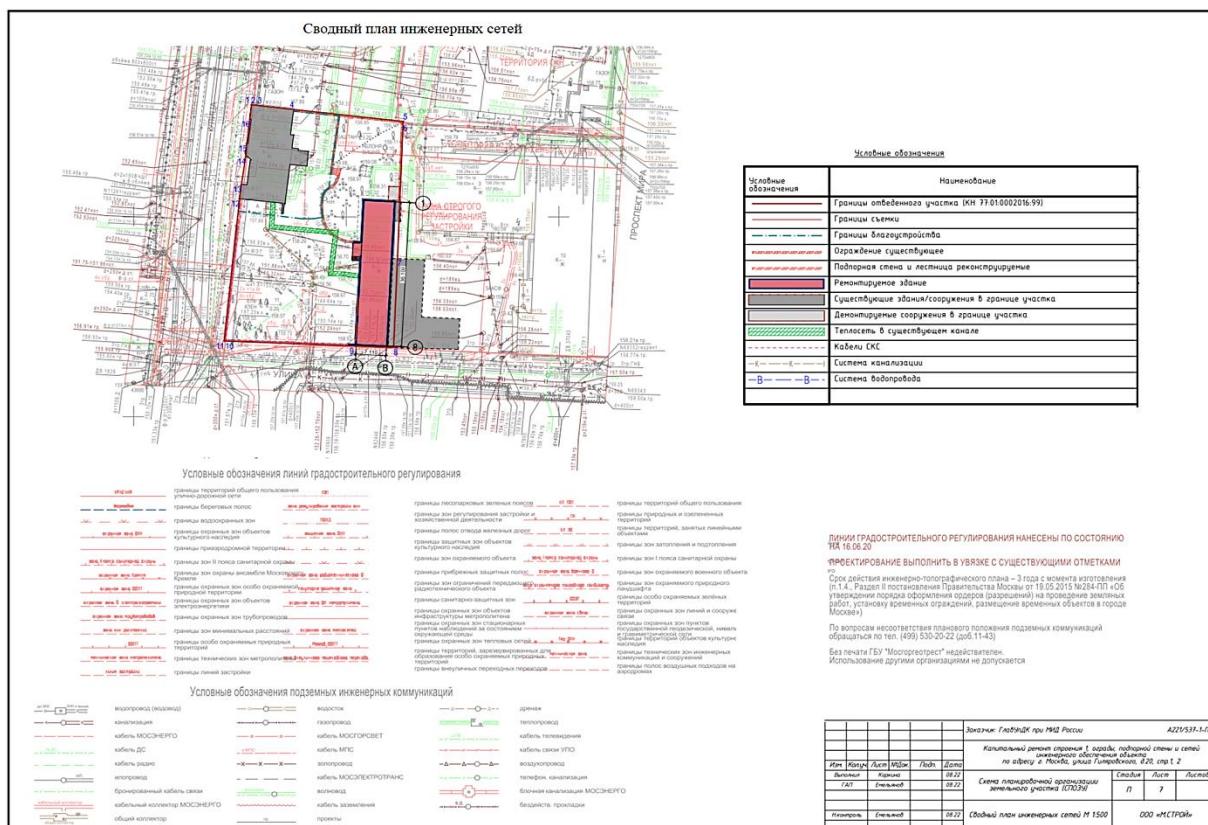


Рис. 7. Сводный план инженерных коммуникаций
Для подготовки СПОЗУ служат следующие документы:

- Задание на проектирование объекта капитального строительства, утвержденное заказчиком;
- Геодезическая съемка территории строительства (геоподоснова):
- Технические условия на подключение сетей инженерного обеспечения объекта капитального строительства;
- а также нормативные документы:
- Актуальные Федеральные законы РФ:
- Градостроительный кодекс РФ;
- Технический регламент о безопасности зданий и сооружений;
- Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
- Актуальные постановления правительства РФ:
- О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию;
- Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения

которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

- Актуализированные редакции СНиП (СП):
 - СП «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»;
 - СП «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения»;
 - СП по проектированию рассматриваемого объекта капитального строительства.
- СанПиН «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».
- ГОСТ 21.508 «Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов».
- ГОСТ Р 21.101 «Основные требования к проектной и рабочей документации».

Раздел 4. Схема планировочной организации земельного участка (СПОЗУ) гражданских зданий. Проектирование автомобильных стоянок.

§ 8. Проектирование автомобильных стоянок

§§ 8.1 Классификация автомобильных стоянок

В последнее время в городах наблюдается значительный рост количества автотранспорта индивидуального пользования, что вызывает острый дефицит парковочных мест для их постоянного или временного хранения. В этой связи, вопросу проектирования автомобильных стоянок различного назначения необходимо уделять должное внимание при разработке проектов как территории застройки, так и объектов капитального строительства с подземными или надземными парковочными местами.

При выборе рационального типа автостоянки и ее размещения в условиях городской застройки должны учитываться разнообразные требования: градостроительные, экологические, транспортные, санитарно-гигиенические, эксплуатационные, экономические.

В практике строительства рассматриваются основные три типа размещения автостоянок:

- **Закрытый**, при котором парковочные места автотранспорта располагаются в отапливаемых помещениях.
- **Подземный**, когда автостоянки размещают в подземном пространстве зданий и сооружений либо на свободной от застройки территории.
- **Открытый** при размещении парковочных мест на плоскостных или многоярусных охраняемых площадках.

Проектное решение многоэтажной автостоянки открытого типа, представляющей собой отдельно стоящее узкоспециализированное сооружение, имеющее характерный архитектурный облик, должно быть увязано с общей застройкой территории.

Автостоянки могут проектироваться пристраиваемыми или встраиваемыми в здания, располагаясь в их подземной, наземной или надземной частях.

Наземные стоянки автомобилей проектируют закрытого типа (с наружными ограждающими конструкциями) и открытого типа (без наружных ограждений, но предусматривающие устройство поэтажных парапетов).

По типу парковки автомобилей стоянки могут быть: с участием водителей (по пандусам и рампам или с использованием грузовых лифтов) и без участия водителя – механизированными (с механизированными устройствами разного типа).

К наземным стоянкам закрытого типа относят стоянки, имеющие наружные ограждающие конструкции, а в стоянках открытого типа, имеющей менее 50% площади наружных ограждений, в которых устраивают проемы и парапеты на каждом ярусе многоэтажной парковки.

Наземные или заглубленные стоянки, в которых более 50% наружных ограждений, расположенных выше планировочной отметки уровня земли, обваловывают грунтом, относят к обвалованным автостоянкам.

Существуют еще так называемые «плавучие» автостоянки дебаркадерного типа, которые устраивают как причальное сооружение в виде судна или понтона, установленного в речном порту для стоянки легковых автомобилей.

Кроме того, к стоянкам открытого типа относятся гостевые и общего пользования автопарковки. Эти стоянки предназначены для парковки легковых автомобилей посетителей жилых и общественно-деловых зон. Стоянки автомобилей общего пользования, устраиваемые на элементах поперечного профиля улично-дорожной сети (проезжей части и тротуаре) и имеющие только выезд и въезд со стороны проезжей части улицы, устраиваются при условии обеспечения пропускной способности проезжей части и тротуара.

§§ 8.2 Размещение автомобильных стоянок

Размещение стоянок постоянного хранения автомобилей, в которых места закреплены за конкретными пользователями, нормируются градостроительными нормами. При проектировании таких стоянок, размещаемых в жилых районах, предусматривают до 90% расчетного парка легковых автомобилей, принадлежащих гражданам, проживающим в данном районе.

Стоянки постоянного хранения автомобилей в системе города располагают в усадебной застройке, в центрах жилых районов, микрорайонов, жилых групп и многофункциональных комплексов многоэтажной застройки, а также в функционально специализированных зонах хранения легковых автомобилей жилого района и на неудобных для жилищно-гражданского строительства территориях.

Кроме того постоянное хранение автомобилей предусматривают на автостоянках, размещаемых на границах жилых районов и микрорайонов, на примыкающих к ним территориях или отдельных участках, удаленных от школ, детских дошкольных организаций и мест отдыха населения с соблюдением нормируемой пешеходной доступности к местам проживания владельцев автомобилей.

Подземные автостоянки во многих случаях проигрывают наземным многоярусным парковкам, так как они ограничены этажностью (количество ярусов в подземных автостоянках не должно превышать 5 этажей, а в наземных – 9 этажей) и неэкономичны в устройстве. При этом, наземные автостоянки целесообразно возводить высотой не менее 3-х этажей, что позволяет экономить площадь городской территории.

Требуемое число машино-мест для хранения и паркования легковых автомобилей принимают в соответствии с нормативными требованиями СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» (табл. 11.8 и приложение Ж») или руководствуются региональными нормами.

В зонах жилой застройки автостоянки для хранения легковых автомобилей должны располагаться в пешеходной доступности не более 800 м, а в районах реконструкции – не более 1 км.

На территории жилых микрорайонов и районов количество мест в подземных автостоянках принимают из расчета на одну квартиру: 0,5 машино-места для крупных городов и 0,2 машино-места для больших городов. А при размещении новой жилой застройки в условиях существующей застройки, места автопарковок должны предусматриваться в границах земельных участков жилых зданий из расчета не менее одного машино-места на одну квартиру.

Стоянки для хранения автомобилей и других мототранспортных средств, принадлежащих инвалидам, необходимо размещать в радиусе пешеходной доступности не превышающей 50 м от входов в жилой дом.

Расстояния от наземных и наземно-подземных паркингов, открытых автостоянок, предназначенных для постоянного и временного хранения легковых автомобилей, станций технического обслуживания до жилых и общественных зданий, а также до территории общеобразовательных и дошкольных образовательных организаций, располагаемых на селитебных территориях принимают в соответствии с требованиями санитарных и противопожарных норм.

Для паркования легковых автомобилей работников и посетителей зданий различного функционального назначения предусматривают приобъектные, кооперированные и перехватывающие автостоянки, нормы расчета машино-мест которых, установлены СП 42.13330.2016. При этом,

расстояния пешеходных подходов до мест автопарковки принимают не более:

- от помещений вокзалов, входов в крупные здания торговли и общественного питания – 150 м;
- от других зданий предприятий обслуживания населения и административных зданий – 250 м;
- от входов в парки, на выставки и стадионы – 400 м.

Расположение мест для парковки личного транспорта инвалидов следует предусматривать в соответствии с требованиями СП 59.13330 и СП 113.13330.

Размер земельных участков гаражей и стоянок легковых автомобилей в зависимости от их этажности принимают из расчета на одно машино-место: для гаражей: одноэтажных – 30 м²; двухэтажных – 20 м²; трехэтажных – 14 м²; четырехэтажных – 12 м²; пятиэтажных – 10 м²; для наземных автостоянок – 25 м².

Наименьшие расстояния до въезда и выезда из гаража принимают по расчету, но не менее: от перекрестков магистральных улиц – 50 м; улиц местного значения – 20 м; от остановочного пункта общественного пассажирского транспорта – 30 м.

Въезды в подземные паркинги и выезды из них следует принимать в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200.

Противопожарные расстояния от наземных и наземно-подземных стоянок автомобилей до жилых и общественных зданий следует принимать в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

§§ 8.3 Требования к проектированию автомобильных стоянок

Вместимость стоянок автомобилей рассчитывается в соответствии с габаритами машино-мест и размерами проездов, приведенными в приложении А СП 42.13330.2016.

Открытая стоянка на эксплуатируемой кровле надземного типа паркинга не включается в число надземных этажей, если над ней не устраивается навес. При устройстве навеса, она считается надземным этажом и требует устройства закольцованных сухотрубов в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

Стоянки автомобилей на эксплуатируемой кровле должны предусматривать эвакуационные выходы в соответствии с требованиями норм по пожарной безопасности.

Надземные автомобильные стоянки проектируют высотой не более девяти этажей, при этом цокольный ярус считается надземным этажом. Степень огнестойкости и класс конструктивной пожарной опасности закрытых надземных автостоянок, допустимое число этажей и площадь этажа в пределах пожарного отсека следует принимать в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Автомобильные стоянки, пристраиваемые к зданиям другого назначения, должны отделяться от этих зданий противопожарными стенами, а встраиваемые – должны иметь степень огнестойкости и класс конструктивной пожарной опасности, идентичные зданиям, в которые они встраиваются.

Здания других классов функциональной пожарной опасности, в которые встроены автостоянки, должны иметь I и II степени огнестойкости и классы конструктивной пожарной опасности С0 и С1. Встраивать стоянки в здания подклассов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф4.1, а также класса Ф5 категорий по взрывопожарной и пожарной опасности А и Б не допускается.

При размещении стоянок под жилыми зданиями (в подземных или первых надземных этажах) жилые комнаты непосредственно над помещениями хранения автомобилей размещать не допускается – эти помещения необходимо разделять нежилым (помещением) или техническим этажом (кроме коттеджей, блокированных жилых домов и квартир с

самостоятельным выходом на участок, расположенных в первых этажах многоквартирных жилых домов). Над проемами въездных (выездных) ворот встроенных стоянок автомобилей следует предусматривать козырьки.

В подземных паркингах площадь пожарного отсека стоянки автомобилей принимают не более 3000 м². Увеличение площади пожарного отсека в подземной автостоянке допускается в случае устройства водяных завесов в сочетании со стационарными или автоматически опускающимися при пожаре противодымными экранами с пределом огнестойкости не менее EI 60 или противопожарных разрывов шириной не менее 6-8 м с устройством дренажной системы пожаротушения.

Взаимосвязь помещений автомобильных стоянок с помещениями другого назначения или смежного пожарного отсека в пределах этажа необходимо предусматривать через тамбур-шлюз с подпором воздуха при пожаре или через противопожарную дверь с дополнительной системой автоматического пожаротушения.

В зданиях подкласса функциональной пожарной опасности Ф1.3 сообщение между стоянкой автомобилей и жилой частью в пределах этажа не допускается. Сообщение между смежными пожарными отсеками для хранения автомобилей следует предусматривать через ворота с пределом огнестойкости EI 60, оборудованные автоматическими устройствами закрывания их при пожаре.

Для постоянного хранения автомобилей на стоянках, имеющих 200 и более машино-мест, необходимо предусматривать мойку автомобилей. Количество постов и тип мойки принимается из условия организации одного поста на 200 машино-мест. Допускается вместо организации мойки использовать существующие городские мойки, расположенные чем в 400 м от проектируемого объекта.

В надземных стоянках автомобилей при разделении машино-мест перегородками на боксы, из которых нет автономных выездов наружу, должно предусматриваться сетчатое или сплошное ограждение из

негорючего материала высотой не менее 0,5 м. При этом перегородки рекомендуется устраивать сплошными без проемов с пределом огнестойкости не менее EI 15.

В подземных и наземных стоянках расстояние от наиболее удаленного места хранения автомобиля до ближайшего эвакуационного выхода следует принимать: между эвакуационными выходами – 40-60 м, а в тупиковой части помещения – 20-25 м, соответственно.

Междуэтажные перекрытия стоянок с изолированными рампами не должны иметь проемов и щелей, через которые возможно проникновение продуктов горения и горючих жидкостей. В местах пропуска инженерных коммуникаций через перекрытия должно быть устроено уплотнение, обеспечивающее дымо-, газонепроницаемость и непроницаемость для горючих жидкостей.

В подземных и наземных паркингах вместимостью до 100 машино-мест допускается вместо рамп устраивать грузовые лифты для транспортирования автомобилей. В двухуровневых стоянках предусматривают не менее двух лифтов в шахтах с подпором воздуха при пожаре.

Для выхода на рампу или в смежный пожарный отсек в воротах или рядом с ними устраивают противопожарную дверь (калитку) с высотой порога не превышающей 15 см.

Общие для всех этажей стоянки пандусы должны отделяться от помещений для хранения автомобилей противопожарными стенами, воротами и тамбурами-шлюзами. В наземных стоянках взамен противопожарных ворот допускается устраивать противодымные экраны из негорючих материалов, расположенные на расстоянии не более 0,5 м от проема с шагом 1,5-2 м. Устройство общей не изолируемой рампы между подземными и наземными этажами не допускается.

Лестничные клетки и шахты лифтов стоянок автомобилей должны быть с подпором воздуха при пожаре при двух и более подземных этажах. В одноэтажных подземных стоянках автомобилей лестничные клетки, с

непосредственными выходами наружу, могут быть выполнены без подпора воздуха при пожаре.

В жилых зданиях I категории и в общественных зданиях при размещении под ними стоянок автомобилей допускается проектировать общие шахты лифтов с режимом «Перевозка пожарных подразделений» при условии выполнения на этажах стоянки автомобилей двойного шлюзования с подпором воздуха в оба шлюза.

В стоянках автомобилей, встроенных в здания другого назначения, не допускается предусматривать общие обычные лестничные клетки и общие лифтовые шахты. Для обеспечения функциональной связи стоянки автомобилей и здания другого назначения выходы из лифтовых шахт и лестничных клеток стоянки автомобилей следует предусматривать в вестибюль основного входа указанного здания с устройством на этажах стоянки автомобилей тамбуров-шлюзов.

§§ 8.4. Планировочные характеристики автомобильных стоянок

Общая площадь мест хранения зависит от размещения автомобиля в зоне хранения и способа его парковки. Известны два способа парковки автомобиля на парковочное место: тупиковый, при котором въезд на машино-место осуществляется задним, а выезд — передним ходом автомобиля (или наоборот), и прямоточный, предусматривающий въезд на парковочное место и выезд с него передним ходом автомобиля (рис. 1).

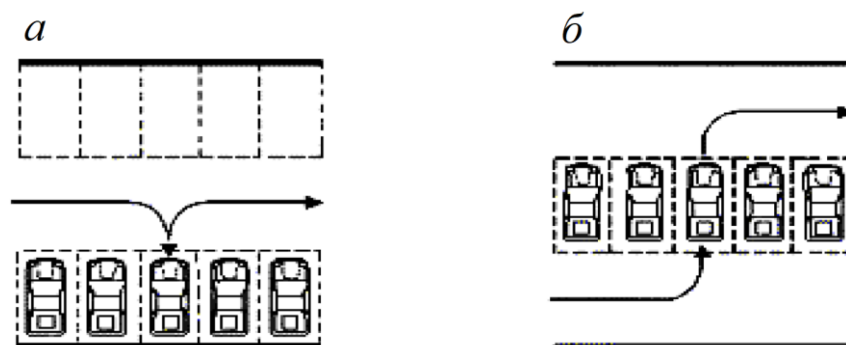


Рис. 1. Способы парковки легковых автомобилей: а – тупиковый; б – прямоточный

На автомобильных стоянках для индивидуального автомобильного транспорта прямоточный способ парковки, наиболее удобный для водителя по причине отсутствия пересекающихся и встречных путей, практически не применяется ввиду неэкономичного использования площади парковки.

На автомобильных стоянках применяют манежный, боксовый и ячейковый (в автоматизированных гаражах) способы хранения автомобилей. Манежный способ хранения наиболее предпочтителен для автопарковок открытого типа.

На рис. 2 приведены схемы машино-мест для манежного вида хранения легковых автомобилей разных габаритов.

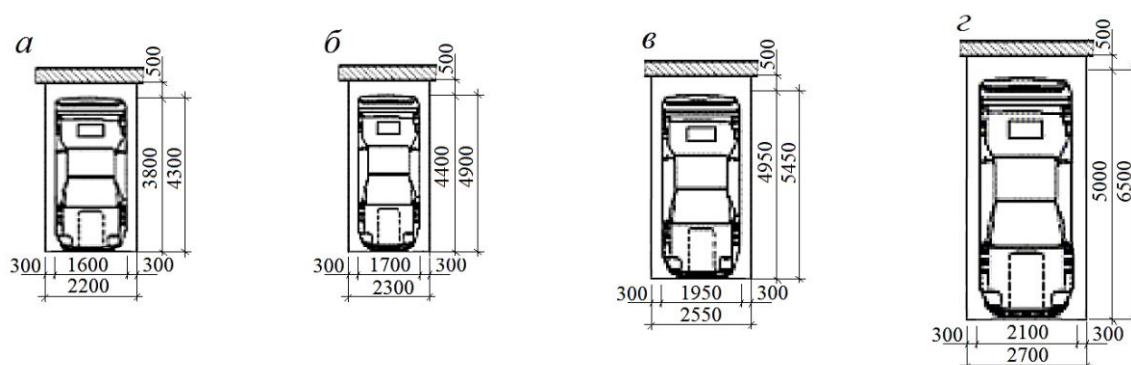


Рис. 2. Схемы машино-мест для манежного вида хранения легковых автомобилей классов:

а – особо малого; б – малого; в – среднего; г – микроавтобусов особо малого класса

При организации зоны стоянки с маневрным способом хранения автомобилей используются прямоугольная и косоугольная схемы парковки относительно продольной оси автомобиля (рис. 3). В косоугольной схеме парковки угол может составлять: 30° , 45° и 60° .

При проектировании автомобильных стоянок с маневрным способом хранения автомобилей может быть использована любая схема расстановки автомобилей, выбор которой должен быть обоснован конкретным проектным решением. От применения той или иной схемы расположения автомобилей на стоянке зависит минимально допустимая ширина внутрипарковочного проезда (табл. 1).

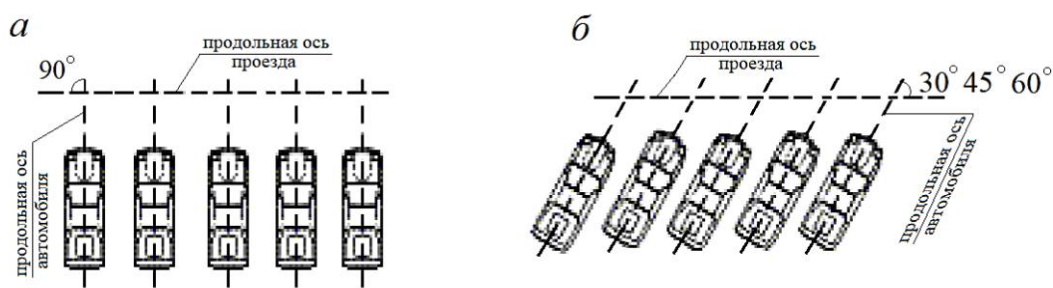


Рис. 3. Схема расстановки автомобилей: а – прямоугольная; б – косоугольная

Таблица 1

Ширина внутрипарковочного проезда

Тип автомобиля	Ширина внутрипарковочного проезда, м					
	При установке передним ходом			При установке задним ходом		
	Без дополнительного маневра		С маневром	Без дополнительного маневра		
	Угол установки автомобиля по отношению к оси проезда					
	45 ⁰	60 ⁰	90 ⁰	45 ⁰	60 ⁰	90 ⁰
Легковой особомалого класса	2,7	4,5	6,1	3,5	4,0	5,3
Легковой малого класса	2,9	4,8	6,4	3,6	4,1	5,6

Легковой среднего класса	3,7	5,4	7,7	4,7	4,8	6,1
Микроавтобус особо малого класса	3,8	5,8	7,8	4,8	5,2	6,5

Для возможности прохода между припаркованными автомобилями минимальные размеры ячейки назначают на 0,5 м больше соответствующих размеров автомобилей, что обеспечивает проход между автомобилями шириной в 1 м (рис. 4).

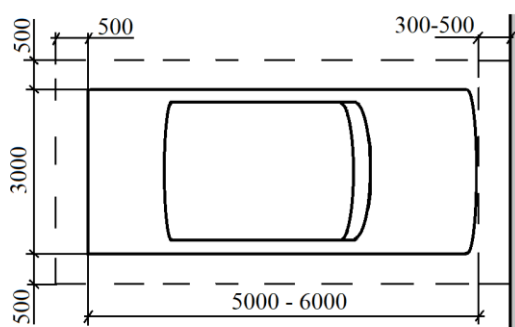


Рис. 4. Минимальные размеры ячейки под машино-место

Для примера ориентировочные размеры элементов парковки открытого типа с прямоугольной и косоугольной схемами расстановки десяти условных легковых автомобилей при маневрном способе хранения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Размеры элементов парковки открытого типа
для 10 легковых автомобилей

Площадь, м ²	Маневрное хранение		
	90°	60°	45°
Общая зоны хранения автомобилей	226,95	246,72	263,76
Общая машино-мест	138,9	138,04	136,83
Внутростояночного проезда	81,44	75,22	69,22
Одного машино-места	13,89	13,80	13,68

Прямоугольная расстановка автомобилей, как видно из табл. 2, в сравнении с косоугольной, требует большей ширины проезда, при этом по расходу площади на одно машино-место, она экономичнее. Объясняется это тем, что при косоугольном расположении автомобиля, требующего удлинения внутреннего проезда и дополнительной, полезно неиспользуемой, площади парковки между торцевой стороной проекции автомобиля и границей проезда. К тому же, в отличие от косоугольной расстановки автомобилей на парковке, при прямоугольном расположении машино-мест автомобиль имеет возможность выезда и въезда на стоянку с двух сторон проезда.

При компоновке плана автостоянки принимают одну из следующих схем расстановки автомобилей:

- однорядную линейную с расстановкой автомобилей с обеих сторон внутреннего проезда;
- многорядную с использованием нескольких внутренних проездов;
- криволинейную (кольцевую) с расстановкой автомобилей с обеих сторон внутреннего проезда;
- комбинированную, сочетающую выше приведенные приемы расстановок автомобилей.

При проектировании новых и модернизации существующих автостоянок открытого типа следует учитывать требования действующих нормативов, которые регламентируют расстояния до объектов окружающей застройки.

В табл. 3 приведены расстояния от открытых автостоянок до жилищно-гражданских объектов, соответствующие нормам ТСН 21-301-2011. в которых * отмечены нормы, устанавливаемые по согласованию с органами государственного санитарного надзора.

Таблица 3

Расстояния от открытых автостоянок
до жилищно-гражданских объектов

Объекты	Расстояние, м от автостоянки вместимостью, машино-мест
---------	--

	10 и менее	11 – 50	51 – 100	101 – 300	более 300
Фасады жилых зданий	10	15	25	35	50
Глухие торцы жилых зданий	10	10	15	25	35
Торцы жилых зданий с окнами	10	15	25	35	50
Школы и детские учреждения	15	25	25	50	*
Лечебные учреждения	25	50	*	*	*

Раздел 5. Проектирование зданий и сооружений в особых условиях

§ 9. Проектирование зданий и сооружений в особых условиях

§§ 9.1. Влияние природно-климатических условий на проектирование

Знания и умение проектировать здания в особых природно-климатических условиях становятся в настоящее время все более востребованными. С одной стороны наша страна, особенно в восточных районах, находится в холодном, континентальном климате. Больше половины этой зоне находится в субарктических природных условиях, где сосредоточены многочисленные запасы природных ископаемых, необходимых для промышленности и которые только начинают разрабатываться. Это требует развития жилищного, общественного и промышленного строительства. Зима в этих районах продолжается долго, - 250-300 суток. Температуры могут быть экстремальными – минус 50 – 70 градусов. Развитие восточных регионов является приоритетом для нашей страны на десятилетия. С другой стороны политическая ситуация привела к тому, что территория и население нашей страны расширились в южном направлении. Климат в этих районах – жаркий, требующий затрат энергии на искусственное охлаждение летом. Продолжительность жаркого и теплого периода здесь велика и достигает 250 – 300 суток. Это не требует интенсивного отопления, но зато требует интенсивного охлаждения в летние месяцы. При этом затраты энергии на отопление зимой могут быть ниже, чем затраты на искусственное охлаждение летом. Новые южные районы России подверглись огромным разрушениям, которые придется восстанавливать в течение десятилетий. Соответственно, потребуются знания и умение проектировать здания в жарком климате. Многочисленные районы нашей страны расположены в горной местности с частыми землетрясениями. Строительство в сейсмических районах, это специальный раздел проектирования зданий, который изучается в курсе железобетонных конструкций.

§§ 9.2. Проектирование зданий и сооружений в особых условиях: в холодном и жарком климате, в горных районах

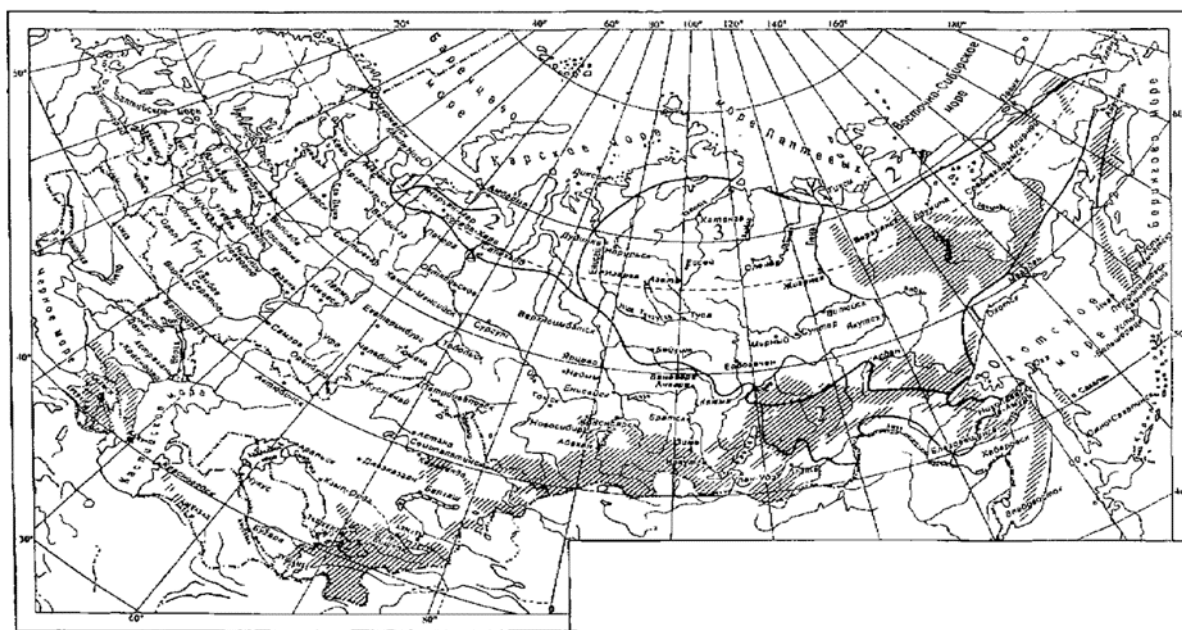
Сначала рассмотрим районы крайнего севера (см.рис.9.1). В Европейской части РФ в этих районах климат мягче, чем восточных. Север европейской части богат месторождениями природного газа и нефти, а также другими очень важными ископаемыми. Сейчас идет интенсивное строительство заводов по сжижению газа. Если раньше упор делался на трубопроводную транспортировку газа и нефти, где не требовалось большое количество работающих и большой инфраструктуры (жилых домов и общественных зданий), то теперь все большее значение приобретают заводы по сжижению газа, порты на Северном Ледовитом океане для перекачки нефти и газа на танкеры. Следовательно, необходима большая инфраструктура (жильё, дороги, магазины и прочие предприятия обслуживания). В восточных районах площадь экстремально холодных районов составляет больше половины нашей страны. Здесь расположены крупные города – мегаполисы с населением более 500000 человек, такие, как Норильск, Якутск. Здесь сосредоточена горно-добывающая и перерабатывающая промышленность, а также многочисленные обслуживающие учреждения, вплоть до театров, музеев и т.п. В то же время в этих районах имеют место такие экстремальные условия, как вечная мерзлота, экстремально низкие температуры воздуха зимой. Город Верхоянск называют полюсом холода. Температура воздуха зимой опускается ниже 70 градусов. Зато летом, в июне и июле температура может долгое время держаться около плюс 28 градусов при относительном безветрии. Это требует солнцезащиты и искусственного охлаждения помещений как в южных жарких районах.

Воздействие сурового климата Севера на человека согласно исследованиям специалистов – неблагоприятно. Переезд на Север требует продолжительной адаптации человека от 0,5 до 1,5 года. Холодные температуры в сочетании с сильными ветрами вызывают холодную тугоподвижность мышц (холодовую усталость) и, как следствие,

утомляемость, снижение внимания. Поэтому находиться на открытом воздухе при температуре минус 40 градусов можно только непродолжительное время. Это объясняет то, что нормируемая температура воздуха в помещениях в северных и восточных районах равна не 20 градусов, а плюс 25 градусов. При температурах ниже 40 градусов её поднимают до 27 градусов. Разогретое тело в разогретой одежде способно дольше выдержать экстремально низкие наружные температуры.

Меры естественного регулирования микроклимата в условиях севера, взятые отдельно, можно применять только в комплексе с применением искусственных средств. Это соответствующие системы отопления, вентиляции, а в таких районах, как Якутия – искусственное охлаждение. Однако система расселения и выбор места строительства приобретают все большее значение. На карте границ районов Севера можно отметить четыре зоны, в которых подход к строительству инфраструктуры может быть совершенно разным. В первой зоне, представляющей узкую полосу побережья Северного Ледовитого океана, постоянное проживание затруднено. Из крупных городов там расположены только Диксон и Тикси. И в этих поселениях в основном портового обслуживания постоянно проживающим можно считать совсем небольшой процент населения. В основном это вахтовые поселки, в которых люди проживают недолгое время. Затем смена уезжает и на ее место приезжает другая, также не на долгое время. Нахождение зимой в экстремальных условиях требует частого отдыха. Но это не означает, что такие поселки не требуют такой же развитой инфраструктуры с магазинами, предприятиями обслуживания, отдыха и спорта, как и в местах постоянного пребывания людей, хотя работают в них люди также вахтовым методом. Вторая зона – малопригодная для заселения – район особой трудности. В этой зоне расположены такие города с населением в несколько сот жителей, как Норильск и Верхоянск. В этих местах строительство жилья и постоянной инфраструктуры должно вестись с учетом всех требований, предъявляемых к объемно-планировочным и конструктивным требованиям,

предъявляемым к обычному строительству и к строительству в особых условиях в экстремально холодном климате. Место строительства в горных районах следует выбирать с учетом температурных инверсий – стекания по склонам вниз холодного воздуха, образующего в низинах и котловинах так называемые линзы холода. Примером может служить Чарская котловина между хребтами Удокан (2500 м) и Кодар (3000 м), с Севера и с Юга закрытая горными хребтами такой же высоты. Перепад высот около 700м создает перепад температур от минус 25 градусов наверху до минус 38 градусов внизу. Поэтому для обслуживания Чарского месторождения полезных ископаемых строить жильё необходимо на склонах хребтов на высоте 900-1200м. там температуры при этих условиях будут составлять от минус 28 градусов до минус 32 градусов, что сопоставимо с зимними температурами более южных районов.



1 - наименее суровые условия; 2 - суровые условия;
3 - наиболее суровые условия

Рис.9.1. Схематическая карта районирования северной строительно-климатической зоны Российской Федерации

Перенос снега начинается при скорости ветра 4м/с. Наибольшие снегозаносы образуются при скорости ветра 6-7м/с. В результате снегопереноса одни участки могут быть очищены полностью от снега. На

других даже при общем небольшом количестве снега могут быть образованы заносы высотой до 10 – 15м. Отложение снега происходит там, где скорость ветра по тем или иным причинам снижается (ветровая тень) и в то же время открыт доступ снеговому потоку, перемещающемуся по территории. Для северных районов характерно постоянное направление зимних ветров. Это определяет постоянство положений снеговых отложений. Во всех случаях следует учитывать розу ветров. Это же касается весенне-летних подтоплений даже при отсутствии близлежащих рек и озер, которые все более угрожают населенным пунктам в этих районах. Это связано с разливами рек, таянием снега и ливневыми продолжительными дождями, участвовавшими в последнее время. Поэтому строительство на высоких плато, на высоких берегах рек, на вершинах и склонах холмов остается правилом для этих районов как с точки зрения летнего, так и зимнего периода.

Особенности проектирования застройки, как и расселения должны обеспечивать благоприятные возможности жизнедеятельности и работы людей в неблагоприятных погодных условиях. Кроме обычных факторов все нормы проектирования зданий должны учитывать требования тепло-, ветро- и снегозащиты, инсоляции и естественного освещения в конкретных условиях продолжительности светового дня, низкой высоты Солнца. Характер и состав зданий определяется местом населенного пункта в системе расселения. В вахтенном поселке в соответствии с его временным характером здания будут рассчитаны на короткие сроки эксплуатации, возможность их разборки и повторного использования. Количество и площади зданий должны быть ограничены минимальными потребностями состава вахты при обеспечении достаточного комфорта и экономии затрат на обустройство. Базовый, административно-хозяйственный или опорный город должны иметь полную номенклатуру зданий и сооружений, обеспечивающих полноценные удобства для жизни и работы. Климатические условия и удаленность баз снабжения вынуждают иметь большие запасы сырья, имущества, продовольствия и строить для их размещения дополнительные складские, часто отапливаемые

здания. Особенности демографического состава с преобладающим молодым населением требует большего числа мест в детских учреждениях, школах, увеличение количества культурно- зрелищных учреждений. Учреждения торговли, питания и бытового обслуживания следует максимально кооперировать, объединять в комплексы – торговые центры. Затруднительность связи между населенными пунктами, их отдаленность друг от друга практически исключают возможность обслуживания между базовыми поселками или городами. В большинстве районов крайнего севера кроме низких температур на комфорт окружающей среды влияет низкая солнечная радиация и сильные ветры зимой. Поэтому застройка должна вестись по принципу аэродинамических групп (см. рис 9.2) – комплексов зданий , объединенных защитным влиянием основного ветрозащитного здания. Глубину аэродинамической группы принимают 10 -11Н основного ветрозащитного здания. Для увеличения продолжительности инсоляции до нормируемого значения и выше достаточно изменить планировочное решение жилого здания с меридионального на широтное решение, хотя в аэродинамической группе такое решение не всегда возможно. Имеется в виду, что при меридиональной планировке с Востока и Запада Солнце попадает в квартиры при низкой высоте Солнца над горизонтом, т.е. тогда, когда полезное действие ультрафиолетовой радиации Солнца минимально.

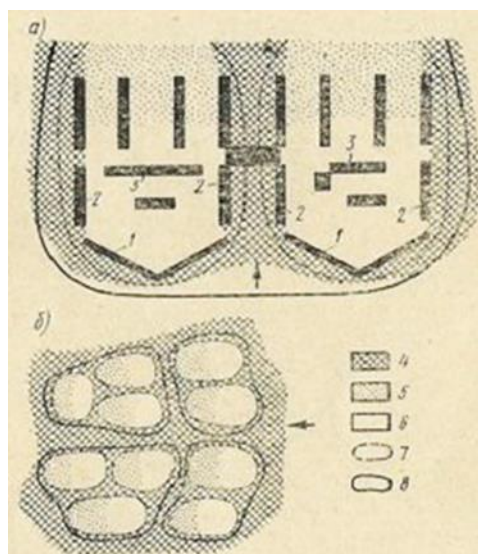


Рис. 9.2. Принцип застройки аэродинамическими группами: а – решение аэродинамических групп; б - аэродинамических комплексов; 1 – основное ветрозащитное здание; 2 – здания кулисной

защиты; 3 – здания вторичной защиты; 4 – увеличение скорости ветра; 5 – снижение скорости ветра; 6 – снижение скорости ветра (обратный поток); 7 – аэродинамическая группа; 8 – аэродинамический комплекс.

В условиях таежной и особо морозной подзон Российского севера, характеризующихся сильными морозами и слабыми ветрами, необходимость ветрозащиты не так важна. Зато при меняют криптоклиматические или морозозащитные застройки – непрерывные функциональные системы, объединяющие жилые здания, учреждения обслуживания, а если возможно, то и промышленные здания путем непосредственной блокировки или объединения зданий с помощью закрытых теплых галерей для перехода зимой из одного здания в другое. Летом люди ходят по открытым благоустроенным пешеходным дорожкам. Галереи значительно удорожают строительство, поэтому выгоднее проектировать здания пассажного типа, примыкающие друг к другу. По такому принципу созданы жилые микрорайоны в Надыме, Иркутске и в Мурманске. На рис.9.3 это показано на примере поселка на 3 тысячи жителей для условий особо морозного района.

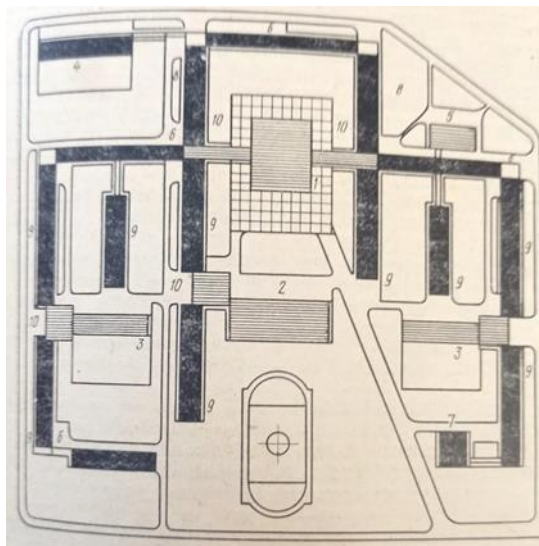


Рис.9.3. Поселок на 3 тыс. жителей для условий особо морозного района: 1 – общественный центр поселка; 2 – школа; 3 – детские ясли-сад; 4 – поликлиника; 5 – пожарное депо; 6 – 4-этажный галерейный дом; 7 – 9-этажный точечный дом; 8, 9 – 7-этажный и 4-этажный секционные дома; 10 – зимние сады, переходы, галереи.

Практически во всех северных районах РФ основной опасностью при строительстве являются вечно мёрзлые грунты. Они располагаются на глубину 15-60 м, 60-250 м, 250-500 м и более 500 м. Вечно мёрзлые грунты

встречаются также в горных районах юга России, например на склонах горы Машук на Кавказе близ Пятигорска. Задачей проектировщиков является сохранение мерзлого состояния грунтов при нагревании пространства под отапливаемым зданием. Это самое коварное свойство вечной мерзлоты. В Якутске в XIX веке было построено много очень хороших, капитальных двухэтажных зданий из мощных бревен толщиной 250-300 см с печным отоплением. Печи топились два раза в сутки и создавали периодически достаточно теплую внутреннюю среду при колебании температур от +16 до +18 градусов. Здания были прочными. Разрушений не наблюдалось. В 80-х годах XX вв. них провели центральное отопление с постоянным стандартным нагревом внутреннего воздуха до 25 градусов. Через год почти все здания развалились. Это случилось потому, что даже периодический нагрев внутреннего воздуха до 16 град. давал возможность восстановления замороженного грунта при экстремально низких температурах. В переходный период, когда снаружи были не такие низкие температуры, печи топились один раз в сутки. Замороженный грунт также восстанавливался. Вечно мёрзлыми называют грунты, которые имеют отрицательную температуру, содержат в своём составе лёд и находятся в мёрзлом состоянии трёх и более лет. Различают твёрдомёрзлые грунты – несжимаемое прекрасное основание, существуют также пластичномёрзлые грунты в составе которых содержится песок и глина, а также торф, со степенью заполнения пор льдом и незамерзшей водой около 0.5 от объёма. Они очень опасны возможностью осадок и перемещений. Соответственно следует учитывать состояние грунтовых вод, которое отличается от обычных грунтовых вод своим влиянием на прочность фундаментов. (вставить карту с зоной вечномерзлых грунтов)

Протаивание под построенным зданием является самым коварным свойством вечной мерзлоты. Строительство любого здания (отапливаемого и неотапливаемого) нарушает температурное равновесие грунта под зданием. Оттаявший грунт (чаша протаивания) может достигать глубины 10-15 м. Это делает неэкономичным применение свай или заглубления фундаментов.

Конечно, лучше всего возводить здания на скальных грунтах. Но это не всегда возможно. Существует два способа устройства фундаментов на вечной мерзлоте. 1-й способ – с сохранением вечной мерзлоты. Разные приемы этого показаны на схеме (рис.9.4). Самый распространенный – это проектирование зданий с высокими проветриваемыми подпольями или холодным первым техническим этажом. Другим приемом является устройство под зданием больших теплоизолирующих подсыпок и включение в них труб с охлаждающей жидкостью.

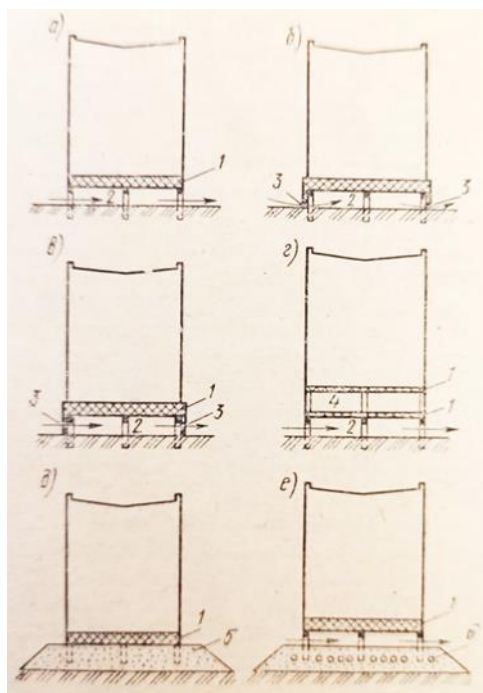


Рис. 9.4. Способы сохранения вечной мерзлоты под фундаментом: а – открытое нерегулируемое подполье; б, в – открытое регулируемое подполье с продухами в нижней и верхней частях; г – подполье и технический этаж; д – подсыпка грунта; е – искусственное ограждение; 1 – утепленное перекрытие; 2 – вентилируемое подполье; 3 – продухи; 4 – технический этаж; 5 – подсыпка; 6 – трубы системы искусственного охлаждения.

2-й способ – с оттаиванием вечной мерзлоты, менее распространен. Он применяется там, где под воздействием потепления климата вечная мерзлота начинает терять свои прочностные свойства. Это Воркута, Забайкалье, Магадан. Оттаивание производят электротоком (электрооттаивание), горячей водой или паром (гидрооттаивание). Метод достаточно дорогой и требует больших затрат энергии.

При устройстве наиболее распространенных на Севере свайных фундаментов сваи объединяют ростверком. Ростверк (рис.9.5) в зависимости от расположения его подошвы к планировочной отметке основания может быть низким (подошва ростверка ниже чем 50 см поверхности земли), пониженным (подошва на поверхности земли) и высоким (подошва выше поверхности земли). Для проветриваемых подполий в условиях вечной мерзлоты наиболее часто применяют высокие ростверки, которые в основном делают монолитными. В этих условиях безростверковые свайные фундаменты практически не применяются.

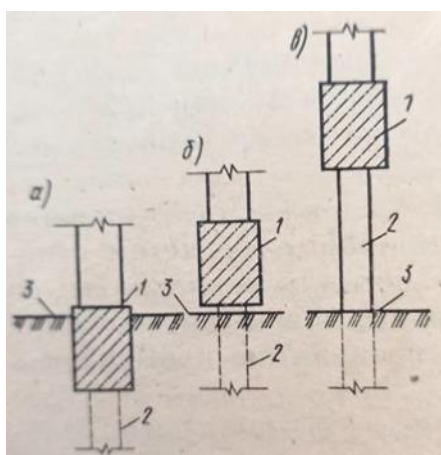


Рис.9.5. Виды ростверков: а – низкий; б – пониженный; в – высокий; 1 – ростверк; 2 – свая; 3 – грунт.

Основной особенностью объемно-планировочных решений жилых и общественных зданий, строящихся на вечной мерзлоте, является решение входов в здание, первый этаж которого имеет отметку на 120-180см выше уровня земли. На рис.9.6 приведены примеры решений входов в здания гор. Норильска. На рис. 9.7 показаны примеры крылец зданий с холодными подпольями. Во всех из них имеются лестницы для подъема на эти отметки.

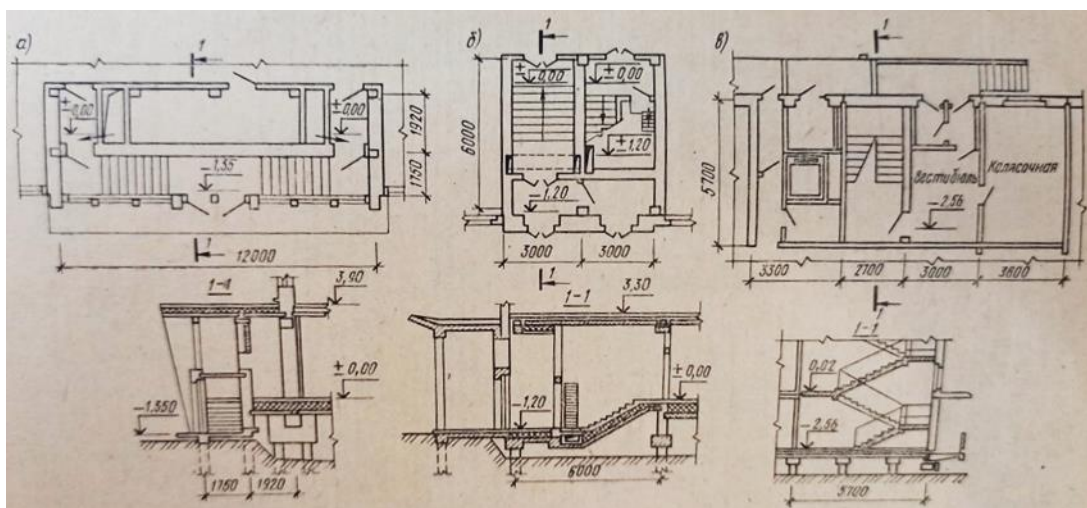


Рис. 9.6. Решение входов (г.Норильск)

а – в магазин (один тамбур); б – в здание школы (два тамбура); в – в жилое здание (три тамбура).

Суровые климатические условия заставляют устраивать во всех зданиях по два (в общественных) и по три (в жилых) тамбура. При большой разнице температур воздуха снаружи и внутри здания (особенно многоэтажного) на входные двери действует высокое гравитационное давление воздуха, создающее в совокупности с сильным ветром подпор большой силы, равнозначный штормовому напору ветра со скоростью 25 м/с, затрудняющему открывание дверей и резко охлаждающему лестничные клетки. Это создает дискомфортные условия во всем здании. Из других отличий важно применять трехслойное остекление и остекленные лоджии только с южной стороны с допустимым отклонением в 30 градусов.

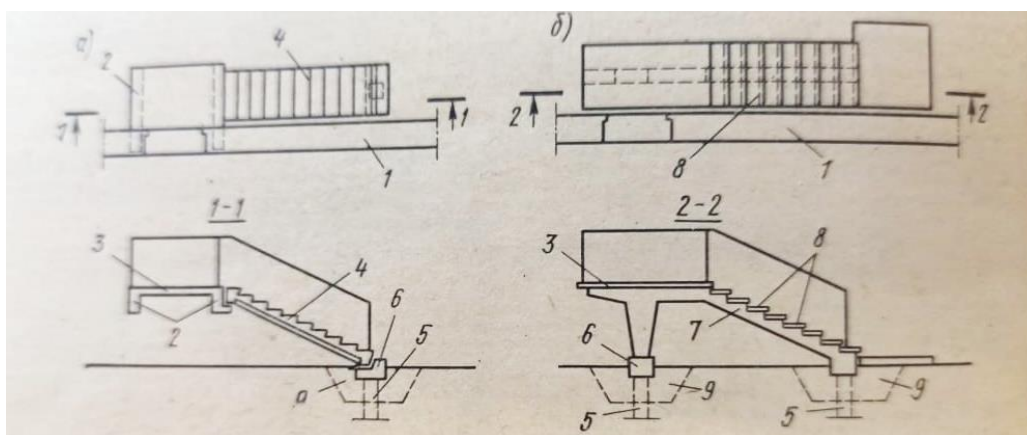


Рис. 9.7. Примеры решений крылец зданий с холодными подпольями:

а – с консольной площадкой и сборным маршем; б – с монолитным косоуром на собственных фундаментах и плитными ступенями; 1 – стена здания; 2 – консольные балки площадки; 3 –

плита площадки; 4 – сборный марш со свободным опиранием на балку и ростверк; 5 – свая; 6 – ростверк; 7 – монолитный косоур со стойкой; 8 – сборные проступи; 9 – зона замены пучинистого грунта.

При строительстве по I принципу (с сохранением вечной мерзлоты) наиболее экономичны проектирование ведется без учета возможных деформаций. Чаще всего – это крупнопанельные системы или объемно-блочные системы. Крупнопанельные системы наиболее экономичны в случае применения широкого шага поперечных несущих стен с перекрытиями и панелями, опертыми по контуру (при узком шаге) и по трем сторонам (при широком шаге). Объемно-блочные системы, вследствие трудности транспортировки, проектируются специального облегченного типа (см. рис.

9.8) с применением конструкций из дерева и пластмасс. К ним пристраиваются спортивные залы, бассейны с саунами, помещения досуговых центров и т.п. Жилые здания без лифтов ограничиваются высотой 4 этажа, а с лифтами не более 9 – 12 этажей, т.к. при большей высоте резко возрастает гравитационный подпор воздуха, с которым трудно бороться.

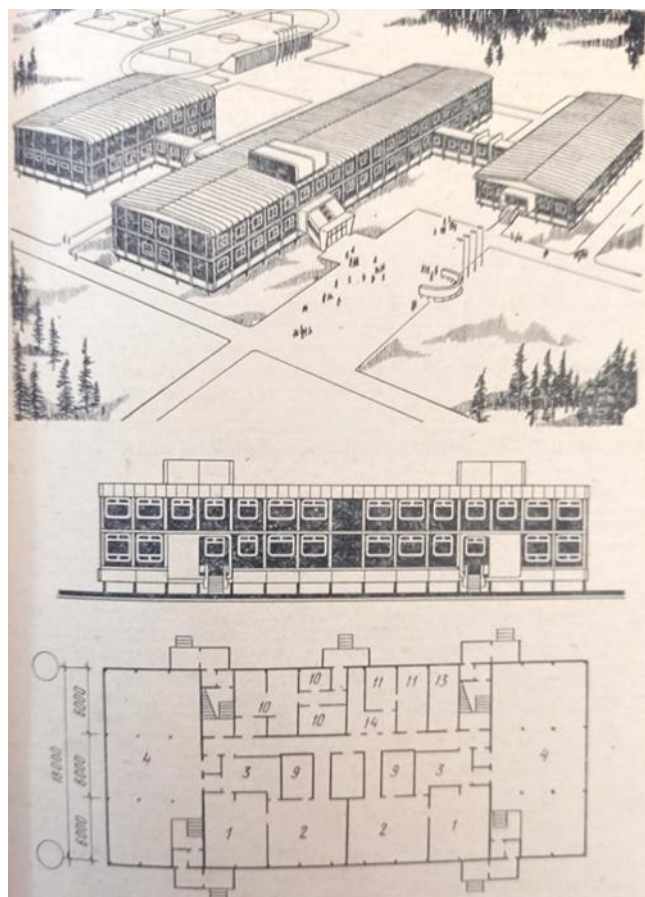


Рис. 9.8. Пример планировочного решения зданий контейнерного типа для Севера

При использовании II принципа (с оттаиванием) целесообразно применять жесткие стеновые схемы зданий с продольными несущими стенами или с узким шагом поперечных несущих стен и с перекрытиями из плит-настилов, опертых по двум сторонам. Каркасно-панельные жилые здания применяют в малоэтажных зданиях из легких конструкций для вахтенных посёлков. При строительстве общественных зданий наиболее рациональная конструктивная схема – каркасно-панельная. Промышленные здания в северных районах, как правило, каркасной системы. В настоящее время основным материалом каркасов является сталь. Она должна быть хорошо защищена от наружного холода ограждающими конструкциями. Эти конструкции должны быть легкими с применением синтетического утеплителя и исключением мостиков холода в местах креплений и светопроемов. В многоэтажных промышленных зданиях с сеткой колонн 6х6 наиболее экономичен железобетонный сборный каркас. При выборе конструктивных схем необходимо выбирать максимальную сборность конструкций и небольшой вес отправочных элементов ввиду трудности доставки конструкций к месту назначения. Там, где основанием зданий являются вечномёрзлые грунты, требуются специальные решения элементов из железобетона с выпусками арматуры, обеспечивающими их жесткую монолитную стыковку повышающую прочность при возможном протаивании и при подвижках оснований, в том числе и при землетрясениях (рис.9.9).

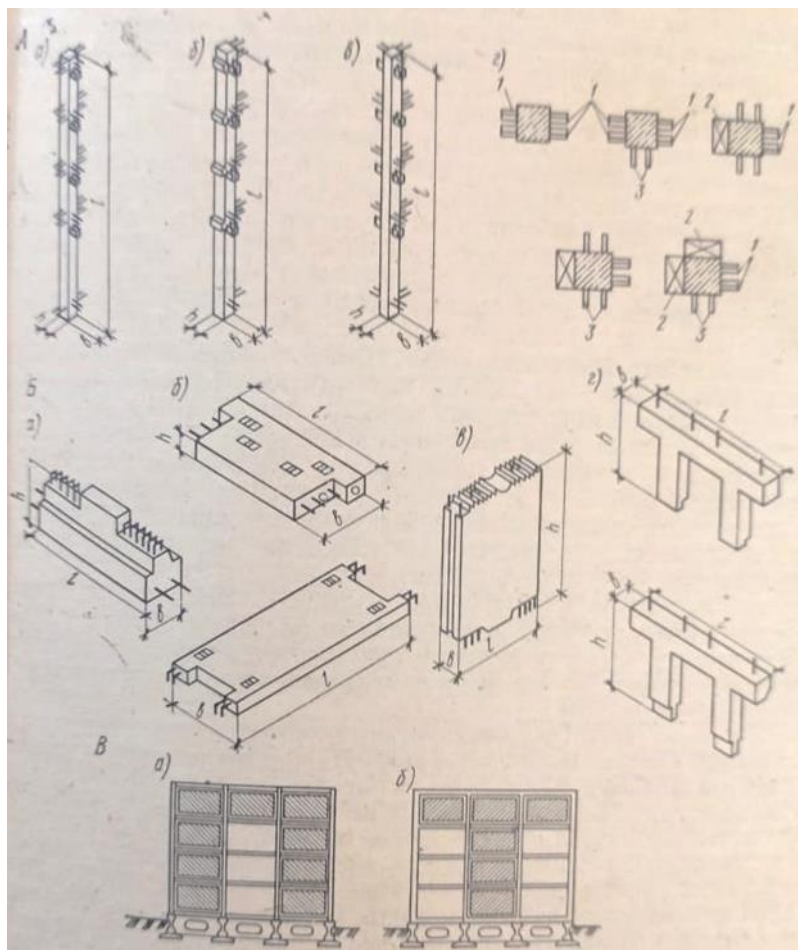


Рис. 9.9. Дополнительные детали для каркасных зданий, строящихся на вечномёрзлых грунтах: А – многоэтажные колонны высотой $h=3,3 \cdot n$; $h=4,2 \cdot n$; $h=4,2+3,3 \cdot n$ и сечением 300х300, 300х350, 400х400 мм; а – наружная; б – угловая; в – внутренняя; г – типы сечений колонн с металлическими (1) и железобетонными (2) столиками и выпусками арматуры (3); Б – железобетонные ригеля (а), панели перекрытий (б), диафрагма жесткости (в), лестничные рамы (г); В – типы (а, б) венчающих диафрагм.

Теперь рассмотрим особенности строительства в районах жаркого климата. К районам жаркого климата относят территории со среднегодовыми температурами выше 20°C . Россия расположена в большей своей части в районах с умеренным и холодным климатом, во многих из которых в летнее время имеет место жаркий климат. В этом сложность строительства в этих районах. Можно считать, что южнее 50 градусов северной широты на территории РФ именно такой климат. В Европейской части - это районы южнее Липецка, Воронежа, Ростова. Это новые районы РФ – Луганская и Донецкая народные республики, Запорожская, Херсонская области, Крым. Кубань, Черноморское побережье Кавказа, Северный Кавказ, Южное

Поволжье, Астрахань, Калмыкия – в этих районах климат очень разнообразный. Так, Черноморское побережье Кавказа – это Средиземноморский климат с жарким влажным летом и влажной зимой с температурами не ниже 1,2 градуса мороза. В этих районах преобладает тропическая и субтропическая растительность. Это один из характерных районов с жарким климатом. Крым, Запорожская и Херсонская области – это другой тип жаркого климата, который отличается жарким сухим климатом летом и прохладной зимой, требующей хорошего отопления и утепления ограждающих конструкций в зданиях. Практически во всех остальных районах РФ, которые были перечислены ранее, климат такой же. Но следует учесть, что чем дальше на Восток, тем климат континентальнее и климат зимой холоднее. Например, на Южном Урале, в Южной Сибири, в Забайкалье, в Приморье зимой климат уже не умеренной полосы России, а приближается к холодному. Особенно ярко это проявляется в Якутии, где два месяца летом имеют среднюю температуру около + 20°C, часто бывает и +40°C, а зимой часто бывает – 50°C.

Создание температурно-влажностного режима помещений в жарком климате возможно при применении искусственных средств и естественных – архитектурно-строительных средств. Искусственные средства представляют собой механическую вентиляцию и искусственное охлаждение. И то и другое требует очень больших затрат электроэнергии и дорогостоящего оборудования. В хороших современных системах они включают системы ионизации воздуха и другие системы, регулирующие влажность, состав, ароматизируют воздух. В большинстве стран мира применяют так называемые сплит – системы, состоящие из двух агрегатов – наружного для забора воздуха и внутреннего для его охлаждения и придания ему требуемых свойств. Это очень дорогие в эксплуатации системы, требующие больших затрат электроэнергии. Гораздо дешевле старые адиабатические системы охлаждения воздуха, состоящие из одного, общего на все здание охлаждающего воздух устройства «чиллера», установленного снаружи или в

подвале, и «фен-койлов», распределяющих холодный воздух по помещениям, подобно батареям отопления. Зимой они часто выполняют их роль. Такие системы распространены в Северной и Южной Америке. Как показали исследования, искусственные средства оправдываются экономически в сочетании с естественными средствами. Примером может служить крупнейший электроламповый завод в Киргизском городе Майли Сае. Выбор места для его строительства был сделан в долине (почти на берегу) холодной горной речки, откуда холодный воздух с помощью вентиляторов доставлялся в цеха. В цехах с разогревом до жидкого состояния стекла поддерживалась температура около $+27^{\circ}\text{C}$ при температуре воздуха снаружи около 40°C . при минимальном расходе электроэнергии и при минимальных затратах на охлаждение.

В России к зонам особо жаркого климата относят районы Прикаспийской низменности, Нижнего Поволжья. Это районы сухого жаркого климата полупустынь, архитектура и строительство в котором имеют свои особенности, о которых следует говорить отдельно. Общим отличительным признаком этих районов является жаркое продолжительное лето, характеризующееся высокими уровнями солнечной радиации и температуры воздуха с большими суточными колебаниями, большой сухостью воздуха, пыльными бурями и сильными ветрами, малым количеством дождей и бедной растительностью. Это отличает их от жарких влажных районов с относительно более низкими температурами средними температурами летом ($+25^{\circ}\text{C}$) и с небольшими суточными колебаниями температур, слабыми ветрами, частыми и обильными дождями, высокой влажностью воздуха и обильной растительностью. Наиболее ярко особенности этого климата проявляются в районах Черноморского побережья Кавказа. Здесь также имеются свои особенности архитектуры и строительства. Жаркий климат остальных вышеперечисленных районов РФ имеет промежуточные показатели и приближается к Средиземноморскому климату.

Особенности строительства и архитектуры зданий в условиях жаркого сухого и жаркого влажного климата хорошо показаны на рис. 9.10. Для жаркого сухого климата характерна замкнутая, плотная застройка, хорошо защищающая пространство от жарких сухих ветров и пыльных бурь. То же относится и к замкнутой, обтекаемой ветрами, планировке зданий, большая ширина зданий, защита помещений от внешних тепловых воздействий с помощью массивных стен и солнцезащитных устройств. Заглубление зданий (если это возможно).

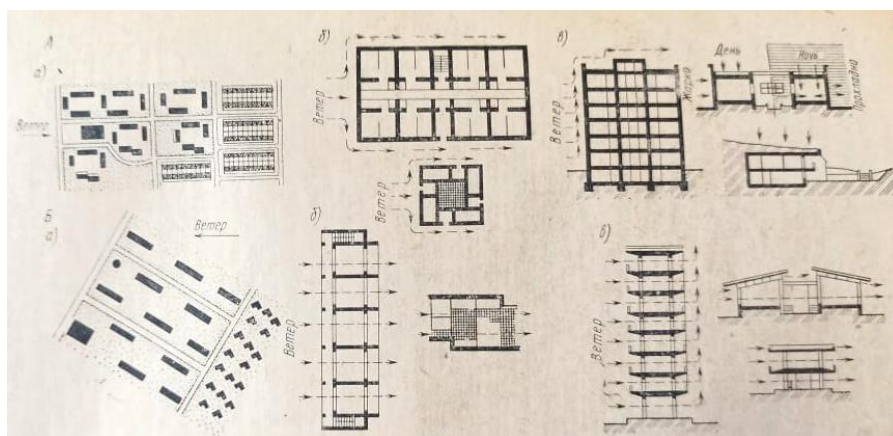


Рис. 9.10. Приемы проектирования в условиях жаркого климата: А – сухого; а – замкнутая, плотная застройка; б – планировочные решения зданий; в – защита помещений от внешних тепловых воздействий (большая ширина здания, заглубление его) днем и тепловыделения через ограждения ночью; Б – влажного; а – застройка с учетом проветривания; б – планировочные решения зданий; в – удаление тепла путем проветривания покрытий и помещений.

Устройство легких, закрытых от пыльных ветров помещений для отдыха ночью и хорошего ночного проветривания массивных помещений с устройством отдачи тепла ночью для их охлаждения. Для жаркого влажного климата характерна застройка с учетом проветривания, широтная ориентация зданий галерейного типа, где на Юг ориентированы лоджии, защищающие помещения от солнца, а на Север ориентирована коммуникационная галерея и лестничные клетки. На рис.9.11 показаны планы многоэтажных секционных домов для жаркого влажного климата.

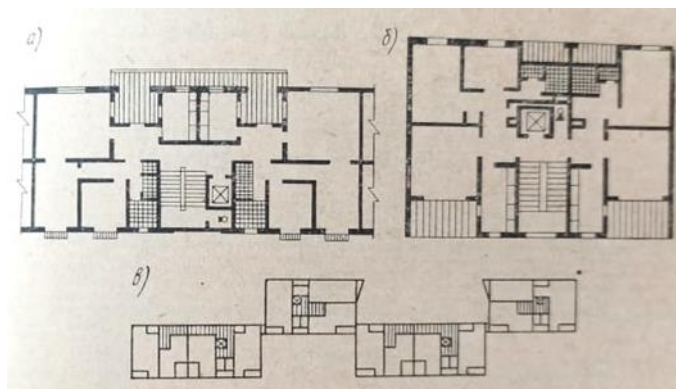


Рис. 9.11. Многоэтажные секционные дома для жаркого влажного климата: а – план секции крупнопанельного жилого дома серия 127; б – то же, серии 135; в – вариант блокировки секций.

В последнее время в многоэтажных каркасных жилых домах как во влажном, так и в сухом климате проектируют летние жилые пространства, которые могут использоваться коллективно соседями в соответствии с традиционным укладом жизни в южных регионах (например, через этаж), а также меньшими по площади внутренними индивидуальными жилыми пространствами – внутренними двориками. Также через этаж, открытыми сверху через общие жилые пространства до самой кровли. Такие дворики выполняют роль дополнительных вентиляционных шахт, увеличивающих тягу, и улучшающих проветривание и снижающих дополнительно температуру воздуха в помещениях на 3-5 градусов. Планировка такого 16-этажного дома показана на рис. 9.12.

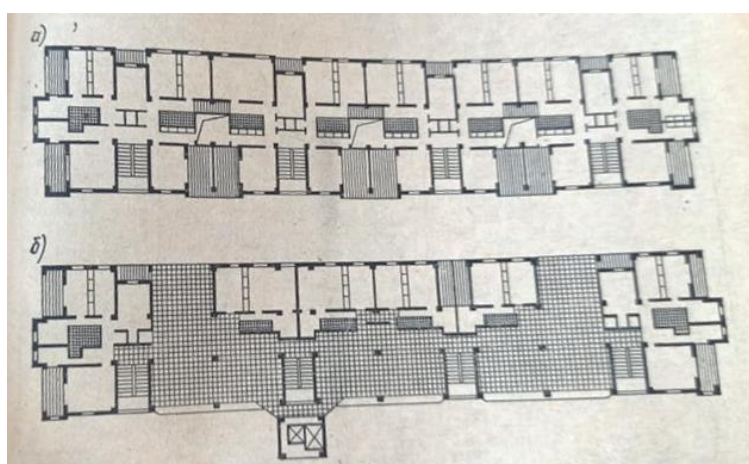


Рис. 9.12. Проект 16-этажного каркасно-панельного жилого здания с внутренними дворами: а – этаж с внутренними дворами; б – этаж с дворами-верандами.

В жарком сухом климате для улучшения вентиляции применяют внутренние, защищенные от пылевых бурь, вентиляционные шахты – колодцы. В жарких районах характерен вынос лестничных клеток и лифтовых шахт в отдельные блоки, которые, будучи расположенными внутри дома, ухудшают гигиенические условия, особенно верхних квартир, за счет отработанного воздуха нижних этажей. Малоэтажное индивидуальное строительство жилья в южных районах традиционно складывалось вокруг внутреннего двора – атриума, в центре которого находился бассейн с проточной водой, создававший испарительное охлаждение. Плодовые деревья, растущие в атриуме, и крытая деревянная галерея создавали дополнительную солнцезащиту. Такая система применяется и сейчас в Средней Азии. На Юге России она применяется реже, хотя в последние годы, особенно на Северном Кавказе она стала применяться чаще. В настоящее время в индивидуальных домах для испарительного охлаждения и для повышения комфорта перед домом с наветренной стороны в непосредственной близости от окон стали располагать бассейны. Это также снижает температуру внутреннего воздуха на 3 – 5 градусов. На рис. 9.13 показаны планировка очень экономичного дома с внутренним двориком для сельскохозяйственных рабочих в Индии (арх. Жаннере) и типовой проект жилых домов для Антильских островов (арх. Кандиллис).

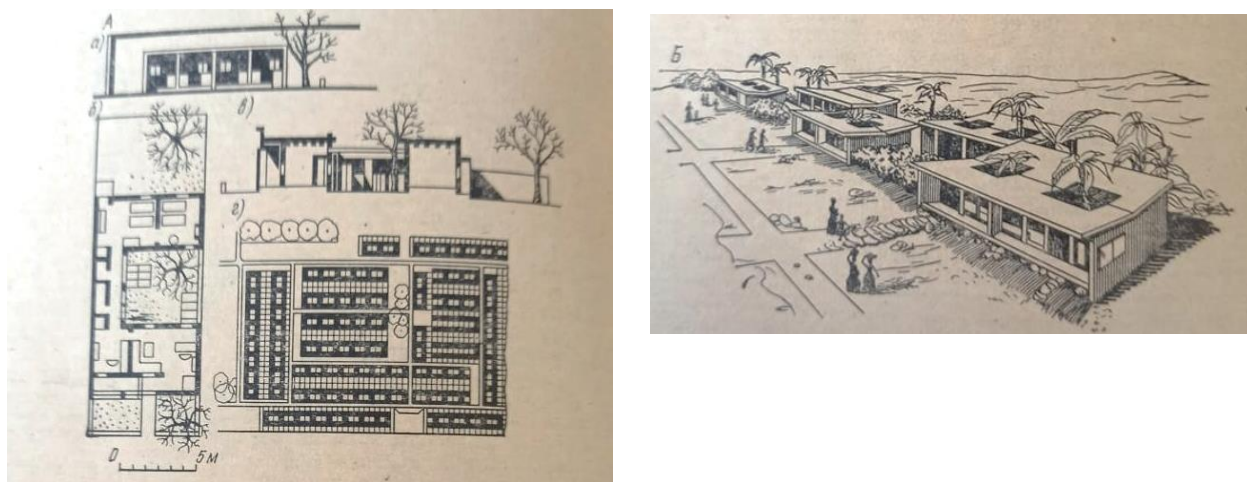


Рис. 9.13. Малоэтажные дома с внутренними двориками: А – поселок для сельскохозяйственных рабочих в Чандигархе (Индия, арх. Жаннере); а – фрагмент фасада; б – план

дома; в – разрез; г – генеральный план; Б – типовой проект жилых домов для Антильских островов (арх. Кандилис и др.).

Мы рассмотрели кратко проектирование зданий в холодном и жарком климате. В основном климат РФ такой, который позволяет на большинстве территорий страны проектировать здания, такие, как и везде, за исключением экстремальных районов, рассмотренных в этой лекции. Но даже на основной территории России климат значительно отличается. Поэтому необходимо пользоваться СНиПом «Строительная климатология», «Тепловая защита зданий», «Естественное и искусственное освещение зданий» и ГОСТами по проектированию инсоляции и солнцезащиты, которые в отличие от многих других СНиПов и СП являются обязательными, и невыполнение их требований приведет к тому, что проект не будет утвержден и строительство будет запрещено. Однако все требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям зданий в экстремальных условиях необходимо учитывать в той или иной степени по мере приближения места строительства к местам с экстремальными условиями. Это обеспечит комфорт в проектируемых зданиях и их энергоэффективность.