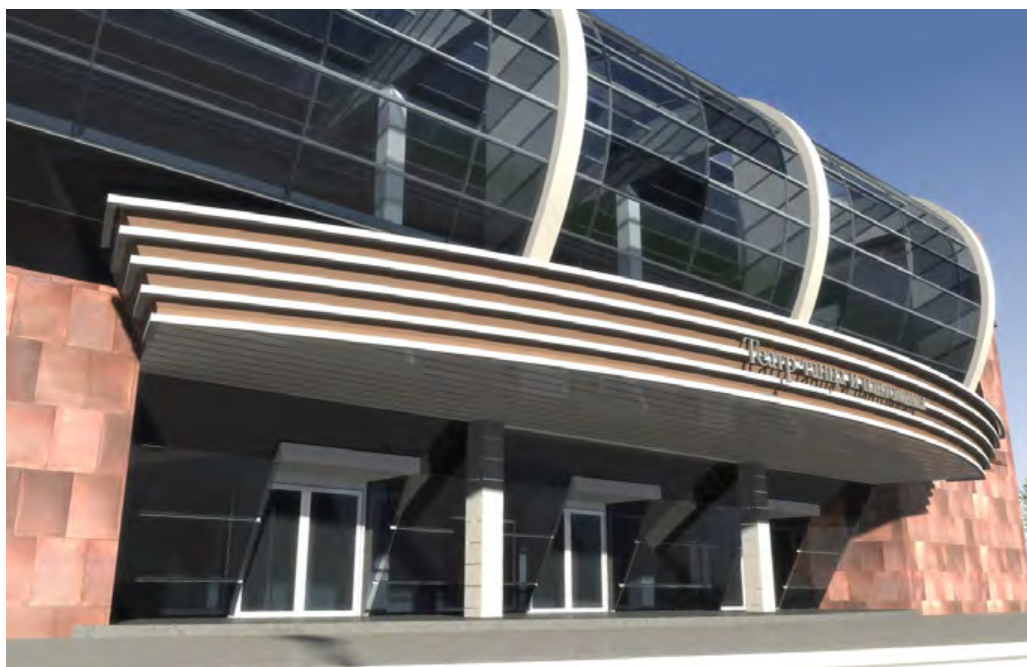


Министерство образования и науки Российской Федерации
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Т. Ф. Чередниченко, О. Г. Чеснокова, В. Д. Тухарели

ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Учебное пособие



Волгоград. ВолгГАСУ. 2015



© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет», 2015

УДК 69.035.4(075.8)
ББК 38.78я73
Ч-462

Рецензенты:
доктор технических наук *О. В. Бурлаченко*,
профессор, заведующий кафедрой технологий строительного производства
Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета;
Э. И. Чебанов, директор филиала «ТППЗ4» ООО УК «ГенСтрой»

*Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

Чередниченко, Т. Ф.

Ч-462

Освоение подземного пространства при проектировании и строительстве уникальных зданий и сооружений [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т. Ф. Чередниченко, О. Г. Чеснокова, В. Д. Тухарели; М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. — Электронные текстовые и графические данные (40 Мбайт). — Волгоград : ВолгГАСУ, 2015. — Учебное электронное издание сетевого распространения. — Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-98276-756-1

Рассматриваются основные вопросы освоения подземного пространства при проектировании уникальных зданий и комплексов, приводятся требования, предъявляемые к зданиям и технологии по производству работ. Особое внимание уделено вопросам применения новых технологий и организации производства при освоении подземных пространств.

Пособие предназначено для студентов всех форм обучения по специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений» и может оказать существенную помощь при выполнении выпускной квалификационной работы.

Для удобства работы с изданием рекомендуется пользоваться функцией Bookmarks (Закладки) в боковом меню программы Adobe Reader и системой ссылок.

Для обложки использован фрагмент проекта многоэтажного многофункционального комплекса с подземной парковкой студента ВолгГАСУ Беспалова Е. Ю.

УДК 69.035.4(075.8)
ББК 38.78я73

ISBN 978-5-98276-756-1



© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1. ПРИНЦИПЫ И ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И КОМПЛЕКСОВ	7
1.1. Общие положения	7
1.2. Генеральный план	17
1.3. Специфика проектирования высотных зданий и комплексов	21
1.4. Экономические аспекты проектирования	23
1.5. Достоинства и недостатки уникальных высотных зданий и комплексов с освоенной подземной частью	25
2. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ	26
3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ	32
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОСТОЯНОК В СОСТАВЕ УНИКАЛЬНОГО ЗДАНИЯ ИЛИ КОМПЛЕКСА	41
4.1. Планировочные параметры помещений автостоянок	41
4.2. Схемы расстановки автомобилей	44
4.3. Рампы и лифты	45
4.4. Организация въездов и выездов с учетом режима использования автостоянок	51
4.5. Стоянки легковых автомобилей	52
4.5.1. Общие требования	52
4.5.2. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям	52
5. ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ	58
5.1. Общие положения	58
5.2. Технология устройства оснований	59
5.2.1. Уплотнение оснований	59
5.2.2. Закрепление грунтов оснований	63
5.3. Строительство подземных сооружений в открытых выемках	67
5.4. Ограждающие конструкции котлованов	70
5.5. Строительство подземных сооружений в стесненных условиях	73
5.5.1. Общие положения	73
5.5.2. Ограждение котлована из стальных прокатных профилей и труб	74
5.5.3. Ограждение котлованов шпунтовыми сваями	76
5.5.4. Возведение подземных сооружений методом «стена в грунте»	79
5.5.5. Полузакрытый способ устройства подземных сооружений по технологии «сверху вниз»	86
5.5.6. Возведение подземных сооружений методом опускного колодца	89
6. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ «ВВЕРХ И ВНИЗ»	95
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	97
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	98

ПРЕДИСЛОВИЕ

*Строительство уникальных зданий —
это комплекс высокопрофессиональных решений.*

Целью издания данного учебного пособия является обеспечение методической базы для работ по освоению подземных пространств в процессе проектирования крупных гражданских зданий с учетом комплексного подхода к разработке объемно-планировочной, конструктивной, организационной и технологической частей.

В разделе, посвященном архитектурно-планировочным решениям уникальных зданий, освещены проблемы предварительного анализа, создания общей концепции, дальнейшего моделирования и проектирования сложного объекта, в доступной и углубленной форме раскрыты стороны административной и хозяйственной деятельности, досуга и отдыха на территории проектируемого объекта.

Особое внимание уделялось применению новых строительных технологий, совершенствованию методов подхода к проектированию сложнейших многофункциональных комплексов.

Детально рассмотрены вопросы проектирования отдельных частей здания, приведены справочные материалы для использования в проектной практике. Обобщен накопленный опыт анализа и проектирования подобных общественных зданий в российской и зарубежной строительной практике.

Пособие рассчитано на широкий круг читателей: архитекторов, строителей, студентов.

Использованы материалы региональных, федеральных и зарубежных проектных, научных и строительных организаций, в том числе накопленный опыт курсового и дипломного проектирования.

Авторы выражают особую благодарность рецензентам профессору О. В. Бурлаченко и Э. И. Чебанову за внимательное отношение и помощь в работе.

ВВЕДЕНИЕ

За последнее время освоение подземного пространства при строительстве и проектировании уникальных зданий получило широкое распространение, стало неотъемлемым элементом архитектурно-строительной культуры при экономичном использовании и модернизации городского пространства крупнейших городов мира.

Подземное пространство города используется для преодоления тенденции расширения города, применения новых архитектурно-планировочных концепций, внедрения новейших и уникальных строительных технологий.

Подземное пространство города включает подземные транспортные сооружения, промышленные предприятия и предприятия обслуживания населения, подземные городские сети, сооружения инженерного оборудования и специального назначения.

Важнейшим аспектом освоения подземного пространства является рациональное использование территории, строительство зданий и сооружений в стесненных условиях, максимальное сохранение сложившейся застройки, зеленых зон, исторически ценных территорий.

Подземные транспортные сооружения позволяют снижать уличный шум, повышать безопасность движения, сокращать протяженность инженерных коммуникаций. Также подземные сооружения являются защитой населения в периоды возможных катастроф или боевых действий.

Активно используются подземные пространства при строительстве высотных уникальных многофункциональных зданий.

Это могут быть сооружения, предназначенные для размещения в едином развитом объеме различных по назначению и использованию групп помещений (административно-офисных, финансовых, развлекательных, общественного питания, торговли, спортивно-оздоровительных, культурных и др.).

Величина и сложность таких объектов определяется заданием на проектирование, градостроительной ситуацией, а также архитектурной концепцией.

Это сооружения, как правило, имеют большую градостроительную, общественную, социально-культурную значимость. В этом качестве они должны располагаться на главных площадях и магистральных улицах, формируя ан-

самбли и архитектурно-художественный образ города, значительно экономя его территорию при заглублении под землю.

Необходимость строительства уникальных зданий определяется социальной, технической, экологической потребностями, экономической целесообразностью и просто желанием проектировщиков создавать новый облик города, максимально сохраняя окружающий ландшафт.

Современное строительство характеризуется созданием объемно-планировочных решений с применением многоуровневых пространственных элементов (подземных пространств, пассажей, атриумов), сочетанием различных функциональных зон.

Среди большого количества объектов с подземной инфраструктурой существенная роль отводится транспортным сооружениям (метро, транспортные тоннели, пешеходные переходы, паркинги). Все перечисленные объекты хорошо интегрируются в структуру уникальных высотных зданий, встраивая его в единый городской организм. Техническая составляющая такого объекта скрывается от человеческого взора и не позволяет урбанистическим тенденциям задавить естественную среду обитания, открывая жителям города зеленые, благоустроенные зоны отдыха с комфортными условиями пребывания.

Гармоничное и высокохудожественное объемно-планировочное решение сложного объекта должно базироваться на знании и применении в проектировании градостроительных, объемно-планировочных, конструктивных и физико-технических основ.

1. ПРИНЦИПЫ И ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И КОМПЛЕКСОВ

1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Главной особенностью моделирования уникального объекта является комплексное решение градостроительных, типологических, средовых, конструктивных и организационно-технологических вопросов.

Решающим этапом разработки пространственной модели является построение среды как непрерывной, взаимосвязанной системы общественных пространств.

Как правило, в уникальном здании любой объемно-планировочной структуры в нижних подземных уровнях содержатся парковочные, транспортные и технические помещения, в нижних надземных этажах — элементы открытой городской инфраструктуры (торговой и развлекательной), на верхних этажах — офисы и жилье.

Тщательно продуманный объект исключает пересечение разнонаправленных потребительских потоков. То есть офисные сотрудники не должны идти на свои рабочие места через торговую зону, а постояльцы гостиничной зоны — добираться до своих номеров через офисные лабиринты. Поэтому каждая функциональная часть комплекса должна быть оборудована отдельным входом, парковкой, рассчитанной на посетителей, клиентов и сотрудников, и инженерными системами.

При любом варианте функционально-технологической структуры и при всем разнообразии ограничений пространственного развития система подземных (технических) и надземных (общественных) пространств является главным связующим звеном, каркасом, обеспечивающим структурные связи комплекса с городом, сквозные программы деятельности и режим его уникального функционирования. Система общественных пространств позволяет создать новую структуру, насыщенную полезными функциями и информацией, с комплексом сопутствующего обслуживания, новейшим техническим оборудованием.

Итогом предпроектной стадии разработки концепции здания является рабочая модель, в которой решаются тесно взаимосвязанные вопросы упорядочения планировочной и функционально-технологической структур многочисленных блоков здания, построения системы подземных и надземных внутренних и внешних пространств.

Уникальные здания и комплексы с подземными блоками должны удовлетворять, следующим условиям:

- сохранять и доформировать городское пространство;
- стимулировать городскую жизнедеятельность;
- быть связующим звеном в городском пространстве;
- создавать социальное разнообразие;
- соответствовать историческому и культурному контексту;
- соответствовать закономерностям городского развития и обладать свойством динамической устойчивости;
- отвечать требованиям каждой функции;
- обеспечить взаимосвязи различных функций;
- оптимально использовать технику;
- отвечать экономическим требованиям;
- соответствовать человеческой психике.

В условиях кардинальной смены государственной социально-экономической политики и перехода к новым организационно-хозяйственным структурам следует исходить из принципиально новой концепции уникального здания или комплекса как крупного городского общественного центра.

Целью формирования и проектирования здания или сооружения должно быть создание ресурсопорождающего объекта, способного не просто обеспечивать те или иные потребности, но осуществлять расширенное воспроизводство экономических и социокультурных ресурсов.

Ресурсопорождающее свойство объекта заключается в том, что наличие условий для удовлетворения актуальных и развития новых интересов населения повышает потребительскую стоимость комплекса и городской территории, а в конечном итоге — дает прибыль как в материальном, так и в социальном смысле.

Эта концепция взамен стандартного набора программ, услуг, форм хозяйствования, типовых помещений предполагает индивидуальное формирование объекта, основанное на максимальном использовании внутренних ресурсов и обеспечении качественно новых решений конкретных социальных проблем и всех сфер проектной, производственной, организационной, эксплуатационной, научно-методической, общественной, досуговой деятельности.

Концепция ресурсопорождающего объекта, нацеленная на кардинальную перестройку организационно-проектного мышления, включает ряд ключевых принципов проектирования современных уникальных объектов. Одним из важнейших принципов является динамическое моделирование, интегрированное в городскую инфраструктуру.

Введение категории времени в процесс формирования уникального здания как общественного и транспортно-коммуникационного центра предохраняет проектировщика от традиционной работы над статичным объектом, отвечающим лишь нормативным требованиям, сиюминутной ситуации и художественному вкусу автора и заказчика.

Проектирование крупного объекта, являющегося значительным целостным фрагментом городской среды, требует от проектировщиков и заказчиков свежего взгляда на проблему и новых знаний, использования самых современных технологий.

Чтобы понять особенности объекта и преимущества динамического моделирования, необходимо прежде всего рассматривать конкретный объект в контексте развития всей многоуровневой градостроительной системы, в которой подземная ее часть не менее важна, чем надземная.

Динамическая модель определяет не просто программу очередности строительства, но открытость для направленного развития во всех аспектах: в вариантах проектных решений, гибкости и изменчивости транспортной и функциональной структуры, обновлении организационных форм, использовании новых технологий строительства.

При проектировании уникального здания должна быть учтена перспектива отведения резервной территории как гарантия его способности к обновлению и обеспечению постоянной популярности.

Во избежание морального устаревания проектируемого объекта и для предотвращения многочисленных сложностей адаптации и противоречий при его введении необходим поиск новых форм динамического функционально-пространственного моделирования с учетом постоянно меняющихся условий и новых технологий строительства.

Индивидуальные деятельностно-средовые программы следует разрабатывать для каждого блока здания, давая возможность изменения этих программ в будущем. Недопустимой является установка на стабильную, неизменяемую структуру культурных и хозяйственно-экономических программ и услуг. Ориентация на непрерывно обновляемые программы предохраняет от проектирования пространств и помещений одноцелевого функционального использования и выдвигает на первый план развитие новых технологий, конструкций, многомерных динамичных пространств и новых форм пространственной экспансии функций на прилегающей территории.

В процессе проектирования должны учитываться два аспекта. С одной стороны, важно активизировать в рамках проектируемого объекта именно те виды деятельности, которые уже сложились или складываются, т. е. использовать сложившиеся тенденции городской жизни и соответствовать именно им. С другой стороны, необходимы нововведения, но такие, которые бы легко осваивались. Их лучше вводить на втором этапе развития уникального здания в виде продолжения и обогащения структур деятельности, заложенных на

первом этапе. Второй этап становления означает достаточно полное развитие объекта, экономическую стабильность, непротиворечивость его функционирования, способность к освоению любых нововведений.

При разработке концептуальных моделей необходимо учитывать и использовать возможности кооперирования его структур для проведения крупных общественных мероприятий.

Критерием удачной модели уникального здания должен стать прогноз силы воздействия его деятельностно-средовых нововведений на общественную жизнь в городе, трансляция новых идей по всей системе.

На стадии проектирования в инфраструктуру объекта закладывается перспективная программа деятельности, рассчитанная на поэтапный процесс развития.

Под этапами развития концепции комплекса подразумевается следующие:

I этап — формирование основных функциональных блоков и уровней деятельности.

II этап — возможность развития, расширения всех видов деятельности.

III этап — введение новых видов деятельности, формирование новых функциональных блоков. Возможность внедрения новых решений.

Предусмотреть перспективные изменения можно только в проектной логике поэтапного развития объекта.

Принцип взаимодействия уникального здания и городского контекста ставит проектируемый объект в ряд общественно значимых элементов, от организации которых зависит функционирование всей городской системы. Ближайшее городское окружение следует рассматривать как конкретное пространственное ограничение, влияние которого распространяется как на его архитектурно-художественный образ, так и на его функционально-пространственную структуру.

Для осуществления принципа органичного включения объекта в единую инфраструктуру и городскую ткань необходимо глубоко вникнуть в сущность городского контекста.

При этом рекомендуется, с одной стороны, разработать индивидуальные сценарии разных способов использования территории, прилегающей к проектируемому объекту. С другой стороны, максимально использовать сложившиеся ресурсы градостроительной ситуации: застройку, структуру транспортных и инженерных коммуникаций, ландшафтные особенности, сложившиеся стереотипы использования территории в различные циклы жизни города и др.

Задача органичного включения нового элемента в сложившуюся структуру городской среды может быть успешно решена не только при использовании и обновлении особенностей градостроительной ситуации, но и при разработке распространения проектирующегося комплекса во внешнюю городскую среду. Новое здание обладает богатейшим потенциалом преобразования деловой, культурной и общественной жизни городской среды.

Конечно, каждый специализированный блок предназначен для посещения, но целесообразно вводить сопутствующие функции: транспортные узлы, возможность современного удобного паркинга, специальную информацию, нетрадиционные услуги, специализированную торговлю, экспресс-питание, любительские клубы и т. п.

В новых условиях хозяйствования становится выгодной организация дополнительных услуг, которые отвечают запросам городской среды и активизации общественной жизни. В проектируемых объемах здания на всех его уровнях, включая и подземный, могут проходить авторские вечера, аукционы, концерты, вернисажи, различные обучающие тренинги, собрания членов сетевых маркетингов, карнавалы и многое другое.

При проектировании связи с внешней средой следует помнить, что разнообразие и интенсификация использования городской территории повышает ее потребительскую стоимость, а это многократно увеличивает социально-экономический эффект проектирования, строительства и эксплуатации комплекса. Внедрение в подземную часть здания транспортной функции дает возможность населению быстро и эффективно перемещаться к новому зданию, а также решать проблему хранения личного транспорта на время посещения.

Ориентация на подчеркивание уникальности прилегающего городского контекста и поиск индивидуальных средств достижения его целостности позволяет выделять ключевые установки проектной работы по преобразованию фрагмента городской среды. Необходимо:

определить всю территорию, прилегающую к новому уникальному зданию, как одну из зон наивысшей потенциальной потребительской активности, требующей интенсивной программы использования;

в условиях отсутствия современных типов городской среды, устаревших технологий организации городской инфраструктуры, низкого диапазона услуг, скудных сценариев обеспечения городского досуга, считать эту территории экспериментальным полигоном для разработок и реализации динамической модели поэтапного и многоуровневого развития структуры комплекса;

исходной задачей проектирования считать органичное включение его в городскую инфраструктуру и повышения всех основных характеристик коммуникационного центра;

при разработке проекта предусмотреть введение различных форм обслуживания (уникальное, стандартное, попутное), включение максимально разнообразных и совместимых между собой функций при сохранении целостности архитектурного пространства;

при разработке архитектурного образа целесообразно использовать современный прием организации тематических комплексов. Все объекты торговли, общественного питания, помещения для игр и развлечений, выставочные и демонстрационные залы, оборудование внешней среды, пассажей и дворики, включая телефоны-автоматы, скамьи, урны и т. п., следует тематически объединять ведущими исходными функционально-семантическими символами.

Принцип иерархичности и комплексности услуг является общим для современных уникальных зданий и комплексов. Он определяет ключевые условия детальной проработки функционально-пространственной структуры здания. Иерархия основных «магнитов», их связи между собой, система сопутствующих и дополнительных услуг, развитие функций во внешнюю среду, кооперация вспомогательных помещений являются специальными вопросами технологического построения объекта.

Пространственные ограничения имеют как внешнюю, так и внутреннюю форму. Внешняя форма обусловлена параметрами пространства, его конфигурацией, принципами композиционных соотношений. Внутренняя форма является результатом наслоения многочисленных возможностей согласования и соподчинения отдельных составных блоков объекта.

При проектировании следует учитывать разные степени комплексности и связанности.

Минимальная степень комплексности элементов (учреждений, помещений, блоков) характеризуется пространственно-планировочным единством, т. е. наличием единой пространственной инфраструктуры.

Вторая степень комплексности предполагает возможность организационно-технологических связей и некоторых общих блоков для использования различными учреждениями. Комплекс с единой организационно-технологической инфраструктурой обладает высоким потенциалом самоорганизации, развития, ресурсопорождающим импульсом увеличения исходного потенциала в процессе эксплуатации.

Без введения атриумных и подземных пространств и выделения в специальный предмет проектирования информационно-рекреационной инфраструктуры уникального здания высшей степени комплексности достичь невозможно.

Увеличение дополнительных функций и мероприятий является общей тенденцией, которая приводит к типологическим изменениям в двух основных направлениях: многоцелевому использованию пространств и увеличению объема сооружения. Чем выше ранг учреждения, тем эффективнее его многофункциональная организация, выше потенциальная степень комплексности услуг.

Выделение в многослойной структуре ведущего элемента, например делового блока, определяет построение иерархических связей в комплексе. По отношению к нему все другие элементы (клубные помещения, предприятия общественного питания, торговли, библиотека, музей, зал аттракционов, гостиница и т. д.) относятся к низшим рангам.

Иерархические взаимосвязи между блоками следует выстраивать с учетом пульсирующего функционирования объекта, т. е. периодического изменения его функциональной структуры. Способными лучше всего адаптироваться к постоянно меняющимся условиям считаются транспортно-коммуникационные, а также коммерческие блоки, основанные на арендных отношениях между объ-

ектами. Такие отношения позволяют оперативно проводить как временные замещения функций в неизменной пространственной структуре комплекса, так и функциональную реконструкцию с кардинальной заменой учреждений.

Основные сложности реализации подобных зданий — в правильной организации помещений, подземной транспортно-коммуникационной системы, входных групп, планировок надземных этажей. Например, при совмещении транспортной, офисной и жилой составляющих необходимо учитывать разные требования по сетке колонн и конструктивным схемам. Рассматриваемый объект — очень сложное с архитектурной точки зрения сооружение, так как конструктивные особенности разных типов недвижимости не совпадают. Так, для парковочных или торговых помещений шаг колонн должен составлять 9 или 12 м, для офисных — максимум 7,5 м, для жилых — 6 м. Поэтому здания комплексов создаются как различные примыкающие объемы практически самостоятельных помещений, соединенных переходами. Возникают проблемы и с инсоляцией, которая отсутствует в торговых центрах из-за большой глубины здания, в то время как для жилья хорошее освещение является непременным условием.

Размещаемые в здании учреждения чаще всего сильно отличаются друг от друга по функциональной технологии, характеру работы, иногда требуют автономного существования. Функциональная нестабильность определяет необходимость включения в комплекс пространств, отличающихся наибольшей активностью временного замещения: залов, атриумов, выставок, библиотек, т. е. манежных, зально-сценических и крупноячеистых структур.

Пешеходно-транспортные тоннели и предприятия общественного питания могут служить связующими элементами всех групп.

Целостность восприятия зависит от ясности пространственного выделения «магнитов» (наиболее значимых для человека объектов обслуживания), технологических связей (различных маршрутов, программ, сценариев деятельности), функциональных взаимосвязей внутри каждого блока, между ведущими «магнитами» и дополнительными функциями комплекса.

Внутренняя инфраструктура комплекса как бы имитирует городские улицы и площади.

Пребывание человека в таком здании является самостоятельной формой его деятельности, обусловленной основными функциями — деловой, развлекательной, обслуживания, социальной и средовой.

Для обеспечения этой формы деятельности как некоторой целостной системы необходима разработка специального сценария, или программ функционирования комплекса.

Разработка деятельностно-средовых программ ведется с использованием следующих принципов:

разработка непересекающихся маршрутов различных групп пользователей (транспортная, жилая, деловая, развлекательная сфера и т. п.);

рациональное объединение сходных маршрутов и объектов в соответствии с последовательностью их использования;

сочетание групп учреждений и согласованность режимов их эксплуатации с целью равномерного непрерывного функционирования;

функциональная полнота и комплексность на всех уровнях: одного учреждения с сопутствующими услугами; нескольких учреждений с попутным обслуживанием; отдельного блока учреждений в различных вариантах программ; нескольких соподчиненных блоков с дополнительными услугами; сквозных программ для всего комплекса;

динамическая устойчивость комплекса: выделение постоянных и непрерывно обновляемых программ.

Архитектурная организация комплексов должна отвечать самым высоким требованиям:

соответствовать мировому уровню;

обеспечить доступность и условия для всех социальных групп городского населения и всех видов использования;

активизировать творческую и коммерческую деятельность;

служить эталоном новых технологий организации материально-пространственной среды, сферы, досуга, строительства и эксплуатации зданий;

обеспечить динамичность функционально-пространственной структуры комплекса, способность к развитию и циклическим преобразованиям;

максимизировать все технико-экономические показатели: интенсивность использования городской территории, производительность труда специалистов, прибыль от функционирования, режимы работы учреждений и др.

Коммерческая основа деятельности подразумевает полную самостоятельность и внутреннюю централизацию управления и развития творческих, финансовых, хозяйственных, производственных, сервисных и др. отношений в масштабе единой функционально-пространственной структуры. В связи с этим следует выделять в специальный предмет проектирования сектор управления и развития в виде сложного по структуре блока, осуществляющего прием, обработку и передачу информации, разработку программы и сценариев. В этом же блоке могут проводиться деловые совещания, методические семинары, финансовые операции и т. п.

Включение комплекса в систему общественного воспроизводства определяет его особую роль полигона, экспериментальной площадки для разработки новых архитектурных идей, строительных конструкций и технологий, способных конкурировать на международном уровне. Качество услуг и программ должны удовлетворять самого взыскательного посетителя.

В структуре здания выделяется специальная система общественных пространств, включающая атриумы, пассажи, лифты, эскалаторы, амфитеатры, коридоры, подземные стоянки и т. п., которая отличается предельной динамичностью за счет постоянной смены посетителей, обновления дизайнерского

слоя инфраструктуры, чередования программ утром, днем и вечером, в разные сезоны, праздники и будни.

Для разрешения конфликта между деловыми, досуговыми и творческими программами деятельности комплекса необходимо предусмотреть возможность проведения не только сквозных, но и отдельных способов использования помещений и пространств. Разделение на блоки и группы помещений производится как во времени (по режимам работы учреждений и доступности помещений), так и в пространстве (вертикальное и горизонтальное зонирование).

В каждом блоке следует предусмотреть условия как для коллективных, так и для индивидуальных программ. Для ориентации во всем многообразии программ, услуг, занятий, режимов и возможностей выбора личных сценариев досуга следует предусматривать размещение специальной системы аудиовизуальной информации с электронным табло, движущейся рекламой, ориентирами, символами и пр.

Уникальные здания сооружаются, как правило, в крупных городах и им отводятся наиболее привлекательные места. По своему масштабу, объему, архитектурно-художественным средствам, вложенным в образ, такие объекты обычно является одним из главных акцентов в структуре центра города, его градообразующим элементом и возможным транспортным узлом. Но стать доминантой объект может только в том случае, если архитектору удастся найти определенное место и создать среду, способствующую выявлению наиболее выгодных и эффектных архитектурно-художественных достоинств сооружения. Поэтому необходимо разработать впечатляющие подходы к зданию, особо эффектные точки обзора. Это возможно при использовании известных приемов композиции. При разработке проекта благоустройства участка, прилегающего к зданию, должно быть уделено много внимания созданию гармоничной среды, частью которой является и само сооружение. Крупный уникальный городской объект — здание с сильно развитой подземной и стилобатной частью, занятой, как правило, крупномасштабными общественными помещениями. Пространственный физический объем его значителен, но при кажущейся самодостаточности он не может достигнуть необходимой выразительности, если форма, пластика, силуэт и протяженность, этажность объекта не будут исходить из окружающей архитектурной среды. Назначение здания непосредственно влияет на основные его габариты: высоту этажа, площадь и глубину основных помещений (кабинетов, офисов, залов, номеров отеля, и др.), их физико-технический режим (естественное освещение, солнцезащита, температурно-влажностный и воздушный режим и проч.). Выбор инженерного решения влияет не только на формирование объема объекта, но и на его эстетику и динамику. В частности, последнее требование может диктовать выбор формы здания, способствующей уменьшению влияния ветровой нагрузки и, соответственно, частоты и амплитуды колебаний здания.

Строгий учет функциональных требований определяет габариты и форму каждого конкретного этажа и здания в целом. Все перечисленные архитектурно-художественные элементы фасадов должны быть взаимосвязаны и взаимозависимы, естественны. Только в этом случае можно получить единую сильно воздействующую композицию ансамбля (здание-среда), вызывающую необходимое эмоциональное состояние.

Серьезным вопросом композиционного решения внешнего образа является вопрос масштабной характеристики здания. Это связано с тем, что разные части объекта имеют неодинаковый масштаб. Гостиничная часть — мелко-масштабна. Это связано с мелкоячеистой структурой внутренней планировки, которая создает мелкую, однотипную систему окон, делающую фасады дробными. Вместе с тем подземные и нижние этажи, занятые, как правило, большими помещениями, имеют крупные членения глухих плоскостей, решены в другом масштабе.

С другой стороны, современный город с его широкими магистралями, большим простором площадей, жилыми комплексами требует укрупнения масштаба здания. Если масштаб нижней части сооружения центра сомасштабен общественным сооружениям города и связан с ним планировочным решением, то верхние этажи, занятые гостиницей (при условии, что она решена в одном объеме и размещена на верхних этажах), находятся в полном диссонансе. Укрупнение масштаба верхней части здания в большинстве случаев необходимо. Оно может быть достигнуто членением фасада на элементы: остеклением всех фасадов и членением его на остекленную часть и глухую, разбивкой на крупные части по горизонтали, задающей необходимый ритм лоджий или балконов. Очень важно при решении сооружения добиться гармоничной соразмерности отдельных частей, например, применив в пропорционировании его частей «золотое сечение» и т. д. Найденные вертикали или горизонталы, а также цвет могут исключить ощущение монотонности и однообразия.

Не менее важным элементом в создании архитектурного художественного образа является умение выделить главное, задуманное, подчеркнуть его всеми доступными средствами. Композиция сооружения должна быть ясна для понимания, гармонична.

В облицовке фасадов можно применить долговечные материалы — естественный камень, декоративное полированное стекло, алюминий. Облицовка фасадов естественным камнем делает его благородным.

Особое значение в архитектурно-художественном образе имеет использование подземных пространств и применение атриума в интерьере сооружения. Обычно атриум — это большой по размерам вестибюль или холл сооружения, пространство которого развивается вверх. Он может быть значительным по высоте (например, вестибюль-атриум в Международном центре в Москве имеет высоту в 13 этажей). Освещение атриумов чаще всего боковое — через стеклянные витражи, иногда верхнее — через зенитные фо-

нари. Применение хорошо разработанного атриума придает особую выразительность всему интерьеру входной части сооружения. В таких вестибюлях устраивают фонтаны, углубленные площадки для встреч, пол в которых, в отличие от пола в вестибюле, устилается ковровым покрытием с установкой на них удобной мебели. Высаживаются деревья, кустарники, цветники и т. д. В отделке интерьеров и помещений общественного назначения необходимо применять естественные отделочные материалы: дерево, металл, декоративный камень, мрамор и т. п. с использованием самых современных технологий в строительстве. Визуально-информационные устройства должны быть оформлены средой дизайна.

1.2. ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН

Уникальные здания, вмещающие большое количество сотрудников, как правило должны иметь благоустроенную территорию с хорошим обзором основного сооружения, удобными подземными и надземными подходами и подъездами к различным блокам здания, разделением участка на функциональные зоны. С учетом градостроительной ситуации должны быть решены его связи с существующими городскими транспортными путями. Такие объекты являются мощным центром трудового тяготения. При их размещении необходимо учитывать близость к остановкам общественного транспорта или интеграцию с подземными станциями метро или скоростного трамвая, а также размещение на территории сооружения открытых и закрытых подземных автостоянок с учетом перспективного уровня автомобилизации, разделения потоков пешеходов и подъезжающего транспорта.

Размер участка для размещения уникального здания или комплекса устанавливается исходя из конкретной архитектурно-градостроительной ситуации согласно генеральному плану развития города, при этом процент озеленения территории и плотность застройки не регламентируются.

Элементы участка должны быть доступны для инвалидов:

открытые лестницы и пандусы на участке должны обеспечивать безопасность и удобство передвижения;

ограждения, перила и приспособления должны использоваться также для движения индивидуальных колясок;

материалы покрытия и их фактура, применяемые на пути движения людей, должны предотвращать скольжение и т. п.

Минимальное расстояние от здания (комплекса) до жилых, общественных, складских, производственных зданий и сооружений следует принимать в соответствии с требованиями прил. 1, СП 42.13330.2011. «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» и СНиП 2.07.01—89.

Подъезды пожарных автомашин следует предусматривать в соответствии со СП 42.13330.2011:

к основным эвакуационным выходам из зданий;
ходам, ведущим к лифтам для пожарных подразделений (пожарным лифтам).

Подъезды к фасадам здания пожарных автолестниц и автоподъемников допускается проектировать по эксплуатируемым кровлям стилобатов и пристроек, рассчитанным на соответствующие нагрузки.

Допускается предусматривать подъезд пожарных автолестниц и автоподъемников только с одной стороны к зданию (к продольному фасаду, фасадам — при угловом решении) в случаях:

оборудования здания всем комплексом систем противопожарной защиты (СПЗ);

при двусторонней ориентации апартаментов (если они имеются);

при устройстве наружных лестниц, поэтажно связывающих лоджии (балконы), или лестниц 3-го типа при коридорной системе планировки.

Комплексы, имеющие суммарную площадь застройки и территории между зданиями 9 га и более, должны проектироваться с устройством кругового объезда по периметру застройки. Расстояние между полотном объезда и расположенными на периферии комплекса зданиями не должно превышать 50 м.

При проектировании уникальных зданий комплексов через каждые 300 м по фронту следует предусматривать сквозные проезды (или туннели) для пожарных автомашин.

При устройстве въездов, выездов, входов и выходов из туннелей в примыкающие объекты комплекса при длине туннелей (без разрывов) более 100 м в них необходимо предусматривать:

установку одного пожарного гидранта и одного пожарного крана на 100 м протяженности туннеля;

устройство телевизионного контроля;

оборудование системой противодымной защиты, которая может быть совмещена с системой вентиляции;

сообщение туннелей и примыкающих объектов следует предусматривать через тамбуры, наружные двери которых должны быть противопожарными с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч.

В составе участка, примыкающего к уникальному зданию, должны быть предусмотрены:

благоустроенные площадки перед входами в помещения общественного и жилого назначения (из расчета не менее 0,2 м² на одного проживающего);

площадки для стоянки автомобилей;

площадки для временной парковки автомобилей и автобусов;

внутренние сквозные проезды, подъезды к главному и другим входам в гостиницу и другие объекты в составе проектируемого объекта, въезды в подземные гаражи или стоянки (шириной 7 м при двустороннем движении);

хозяйственная зона, изолированная от зоны гостей, с проездом для грузового транспорта шириной не менее 4,5 м и с поворотной площадкой размером не менее 12×12 м, с подъездами автотранспорта к разгрузочным площадкам и дебаркадерам.

Необходимость размещения на участке спортивных и детских площадок, а также зимних садов, оранжерей, зеленых партеров и других зон отдыха и досуга определяется заданием на проектирование или проектом.

При включении в состав нового здания физкультурно-оздоровительного центра с посещаемостью свыше 500 мест должна быть запроектирована автостоянка личного транспорта из расчета 3...5 машино-мест на 100 человек, посещающих этот блок. Численность машино-мест для инвалидов с поражением опорно-двигательного аппарата принимается в соответствии с ВСН 62—91.

Открытые плоскостные сооружения, примыкающие к спортивному блоку, должны быть обеспечены поливочным водопроводом. Радиус обслуживания поливочного крана 30 м. В зимнее время должна быть обеспечена заливка льда для катков массового катания, площадок хоккея и фигурного катания.

Территорию, прилегающую к уникальному зданию, можно условно разделить на три основные зоны:

зона основных входов в функциональные блоки и прилегающие к ним участки;

зона обслуживания, предназначенная для отдыха сотрудников и жителей комплекса;

хозяйственная зона.

Благоустройство основных входов в функциональные блоки наиболее представительной части всей территории должно всеми средствами архитектуры подчеркивать значимость сооружения (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Решение входного узла в блок общественного питания. Автор: Шабунин П. В.

Тут уместно применение открытых декоративных водоемов, фонтанов, скульптуры, натурального камня в облицовке малых форм, подсветки отдельных элементов архитектуры здания и благоустройства, применение дорогостоящих отделочных материалов. В благоустроительных работах должен быть широко использован рельеф участка для устройства лестниц, подпорных стен, цветников, газонов, декоративной партерной зелени и т. д.

Зона обслуживания, предназначенная для отдыха, как правило находится в дворовом пространстве, изолированном от шума городских улиц и магистралей, и на ее территории могут быть размещены открытые плоскостные спортивные сооружения, беседки, павильоны. Вход в эту зону должен быть удобным и безопасным, изолированным от транспорта.

Хозяйственная зона располагается во внутренней дворовой части территории комплекса и связана с эксплуатацией здания. На ее участке могут быть размещены мастерские, склады, гараж, не вошедшие в основной объем. Необходимо предусмотреть удобную связь хозяйственной зоны с городскими транспортными магистралями.

Планировочное решение всех зон должно обеспечить, в случае необходимости, быструю эвакуацию служащих и клиентов без взаимного пересечения потоков транспорта и пешеходов, связанного с большим количеством входов и въездов в здание.

На территории комплекса необходимо предусмотреть стоянку для автомашин клиентов, приезжающих на своем транспорте, исходя из нормы: на 100 приезжающих — 10...20 машино-мест.

Размер (вместимость) открытых и закрытых (в том числе подземных) автостоянок в составе многофункциональных зданий и комплексов определяется с учетом эксплуатационной необходимости (в задании на проектирование). Расстояние от окон зданий до автостоянок, въездов и выездов на них не регламентируется, если в помещениях обеспечиваются нормативные параметры воздушной среды и шума за счет специальных инженерных устройств, а также при условии обеспечения подъездов пожарных автомашин.

Открытые стоянки для временного хранения легковых автомобилей следует предусматривать из расчета не менее чем для 70 % расчетного парка индивидуальных легковых автомобилей или по [табл. 1.1, 1.2](#).

Расстояние пешеходных подходов от стоянок для временного хранения легковых автомобилей следует принимать не более:

150 м — до входов в места крупных учреждений торговли и общественного питания;

250 м — до прочих учреждений и предприятий обслуживания населения и административных зданий .

Открытая площадка для кратковременной стоянки у главного входа в гостиничный блок проектируется из расчета одновременного размещения не менее пяти автомобилей.

Площадь участка для стоянки одного автомобиля на автостоянках следует принимать не более 22,5 м², а при примыкании автостоянок к проезжей части улиц и проездов — не более 18 м².

В подземных и цокольных этажах допускается размещение стоянок для хранения и парковки легковых автомобилей с условием размещения нежилого этажа между автостоянкой и жилой частью здания.

Таблица 1.1

Определение количества машино-мест для объектов помещений

Объекты посещения	Расчетные единицы	1 машино-место на следующее количество расчетных единиц
<i>Объекты приложения труда</i>		
Административно-управленческие учреждения	Служащие	4...7
Объекты коммерческо-деловой и финансовой сфер	Служащие	3...5
Научные и проектные организации	Сотрудники	5...9
Коммунально-складские объекты	Рабочие и служащие	6...10
<i>Предприятия торговли и общественного питания</i>		
Торговые центры, универмаги, магазины с площадью торговых залов более 1000 м ²	Торговые площади, м ²	15...25
Рестораны, кафе общегородского значения	Посадочные места	6...12
<i>Объекты культуры и досуга</i>		
Театры, концертные залы, кинотеатры	Зрительские места	5...7
Музеи, выставки, библиотеки	Единовременные посетители	8...10
<i>Учреждения здравоохранения</i>		
Лечебные учреждения	Койки	15...25
<i>Объекты физкультуры и спорта</i>		
Объекты физкультуры и спорта с местами для зрителей	Зрительские места	10...30

Таблица 1.2

Определение количества мест на автостоянках в зависимости от категории гостиницы

Категория гостиницы в составе ММК	Количество мест на автостоянках, % от количества номеров
*	20
*	30
*	30

1.3. СПЕЦИФИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И КОМПЛЕКСОВ

Проектирование зданий высотных комплексов связано с двумя специфическими обстоятельствами: насыщением здания элементами вертикальных коммуникаций (лестницы, лифты, вентиляционные шахты и другие инженерные системы) и необходимостью обеспечения прочности и устойчивости сооружения под воздействиями ветра и сейсмических воздействий. Принятое проектное решение должно обеспечивать комфортность пребывания в помещениях здания за счет ограничения величины его колебаний под воздействием

пульсационной составляющей ветровой нагрузки до 0,5...1,5 % от ускорения силы тяжести. Оба эти требования оказывают сходное влияние на объемно-планировочную структуру здания. Устойчивость сооружения обеспечивают увеличение его размеров в плане и центрально-симметричная форма при ограничении соотношения высоты к ширине (численная величина этой пропорции имеет незначительный разброс в нормах проектирования различных стран).

Увеличение размеров здания в плане при его центрально-симметричной башенной форме позволяет компактно разместить элементы вертикального транспорта, отвести под их размещение центральную, наименее ценную (из-за отсутствия естественного освещения) часть площади здания и обеспечить минимальную протяженность горизонтальных путей эвакуации.

Увеличение площади плана позволяет целесообразно разместить основные и вспомогательные помещения. Под размещение основных отводятся площади вдоль светового фронта зданий, что обеспечивает их естественную освещенность и инсоляцию. Одновременно в решении планировки этих основных рабочих помещений должна учитываться эволюция производственной технологии. Наиболее ярким примером такой эволюции служат современные планировочные решения зданий систем управления. Еще 10...15 лет назад в проектировании таких зданий лидировал принцип ландшафтных бюро с размещением в одном рабочем зальном пространстве большого количества служащих. Быстрая компьютеризация конторской работы потребовала перехода на кабинетную систему рабочих помещений (для 2...4 служащих).

Вспомогательные помещения (под архивы, множительную технику, комнаты совещаний, файлохранилища, а также санитарные и инженерно-технические), в которых сотрудники находятся ограниченное время, не нуждаются в естественном освещении. Поэтому для их размещения используют пространство, отделенное от источников естественного освещения на глубину рабочих помещений. Это обстоятельство, наряду с размещением в центре плана вертикальных и обнимающих их горизонтальных путей эвакуации, позволяет целесообразно и экономично использовать увеличенную ширину корпуса высотных зданий.

Эстетические вопросы проектирования подобных объектов в первую очередь связаны с выбором объемной формы здания. Как правило, она бывает башенной, что соответствует акцентной роли таких зданий в застройке. Формы высотных зданий имеют геометрический, скульптурный или символический характер при лидирующей роли геометрической формы — цилиндрической, призматической, пирамидальной. Соответственно форма объема проистекает из элементарных форм типовых этажей — квадратных, прямоугольных, треугольных, круглых, овальных, ромбических.

Скульптурные или символические объемные формы строятся на сложении или переплетении элементарных форм, часто с произвольными подрезками, наклонами и округлениями наружных стен, вариантами проемности, цвета и

фактуры облицовки, формами венчаний и оснований. Подосновой создания сложных форм часто служат сочетания в объеме здания разных функций (технологической, офисной, гостиничной и др.). Компоновка зданий сложной формы должна контролироваться анализом условий их работы под нагрузкой: обеспечения равной жесткости в обоих направлениях исключением кручения и проч.

Для полноценной архитектурно-художественной композиции зданий и их интерьеров весьма важно использовать эстетический потенциал конструкций. Он может обеспечить выразительный крупный масштаб членений композиции (например, в конструктивной системе «пучок труб»), индивидуальность (за счет разных схем членения наружной оболочковой конструкции), тектоничность (в ствольно-консольной системе) в не меньшей степени, чем цвет и фактура внешней отделки, размеры, форма и группировка светопрозрачных ограждений.

Для сооружений повышенного уровня ответственности необходим учет влияния рядом стоящих зданий и сооружений. Аэродинамические коэффициенты необходимо принимать по справочным данным или на основе результатов продувок моделей сооружений в аэродинамических трубах, или на основе компьютерного моделирования.

Снизить ветровое давление на строительные конструкции и турбулентные завихрения также можно и конструктивными мероприятиями:

- 1) увеличением шероховатости поверхности в угловых зонах и местах перелома поверхностей;
- 2) устройством в угловых зонах и местах перелома поверхностей спойлеров;
- 3) конструированием угловых зон с плавными переходами;
- 4) посадкой в зоне застройки деревьев;
- 5) увеличением диаметра анкеров и шага крепления обшивок с учетом повышенного отрицательного давления в конструкциях с навесным фасадом в угловых зонах и местах перелома поверхностей.

1.4. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Экономическая эффективность инвестиций и реальная стоимость объекта являются двумя основополагающими факторами экономической концепции строительства, которые обязательно учитываются в процессе проектирования, том числе при выборе объемно-планировочного решения.

Самое важное в создании современного комплекса — удачная и грамотная концепция, поскольку риски крайне велики. При выборе формата, сочетаемости и долей различных функций следует опираться на исследования рынка. Проектировщик должен создать среду, в которой каждая ее функция извлекает и приносит пользу. Очень важно при создании концепции комплекса соблюдать социальный уровень целевых групп. Смещение может нарушить имидж объекта.

Нужно оценивать все параметры и возможности: законность и рациональность использования земельного участка и его подземного пространства, фи-

нансовую целесообразность, осуществимость проекта и его эффективность, социальный уровень целевых групп и т. д. При этом ключевым параметром являются характеристики земельного участка — его расположение и площадь. Определение адекватного состава арендаторов определяет успех проекта. Уровень арендаторов определяется исходя из профилирующей функции. Очевидно, что в бизнес-центре высокого класса нельзя открывать магазины, ориентированные на нижний сегмент рынка.

Зонирование транспортных, потребительских и служебных потоков, характеристики социального состава требуют наиболее тщательного продумывания. Ведь у каждого из форматов, присутствующих в комплексе, свои правила существования. К примеру, офис, претендующий на звание класса А, должен иметь просторную зону рецепции. Высококласный отель — собственную парковку. А жильцы элитных квартир (апартаментов) имеют полное право на отдельный вход, при этом оставляя за собой возможность свободно переходить в торговую зону, зону развлечений, к частной подземной парковке и в фитнес-клуб. Уникальные здания и комплексы имеют нестандартный юридический статус жилой недвижимости: это не квартиры, а апартаменты. Это новая на нашем рынке недвижимости правовая форма, предполагающая определенные обременения при пользовании жильем, невозможность зарегистрироваться в нем по месту жительства.

Уникальные комплексы особенно сложны в управлении — необходимо максимально четко продумать зонирование, логистику служебных и потребительских потоков, поскольку, как бы ни разделялись функции комплекса, они все равно остаются жестко связаны друг с другом инженерными и коммуникационными системами, управлением. Когда же предполагается, что функции существуют отдельно друг от друга, необходимо продумать отдельные входы, причем так, чтобы ни одна из целевых групп не была обижена, чтобы ей не приходилось искать нужный вход. Каждый вход должен быть акцентирован и не мешать другому, а это довольно сложная задача.

Основная функция комплекса выбирается исходя из местоположения. В месте с хорошей проходимостью имеет смысл делать основной функцией торговлю. Если проходимость не очень высока, однако у места хорошая транспортная доступность, имеет смысл задуматься об офисной функции. При этом следует отметить, что хорошее местоположение или удобный проезд может спасти любой проект — даже с самой слабой концепцией или вовсе без нее. Однако учитывая, что хороших свободных мест в городах становится все меньше, концепция приобретает все большее значение, поскольку она способна «вытянуть» даже объект с неудачным расположением.

Если концепция тщательно продумана и с расположением комплекса тоже повезло, в итоге должен получиться объект с высокой инвестиционной привлекательностью — ведь риски уменьшатся за счет вкладывания средств в разные объекты недвижимости, сосредоточенные в одном месте.

1.5. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ УНИКАЛЬНЫХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И КОМПЛЕКСОВ С ОСВОЕННОЙ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТЬЮ

Преимуществами высотных зданий и комплексов являются:

1. Максимально эффективное использование земельного участка под застройку.
2. Экономия территориальных и природных ресурсов.
3. Застройки смешанного типа представляют возможности для адаптивного многократного использования, преобразовывая заброшенные, незанятые помещения в новые общественные центры.
4. Несколько функций в одном комплексе предоставляют целевой аудитории несколько причин для посещения, обеспечивают привыкание к комплексу.
5. Удачно спланированные и сочетаемые функции могут обеспечить синергетический эффект — взаимодополняемость потоков посетителей.
6. Хорошие перспективы на будущее. Рынок будет двигаться в направлении застроек смешанного типа. При увеличении конкуренции многофункциональность становится дополнительным преимуществом.
7. Уменьшение рисков за счет вкладывания одновременно в транспортную городскую инфраструктуру и разные виды недвижимости в одном месте. Таким образом увеличивается инвестиционная привлекательность проекта.

Недостатки уникальных высотных зданий и комплексов:

1. Сложность планирования, зонирования, исполнения (проектирование, строительство и инженерные сети) при реализации проекта.
2. Могут возникнуть сложности в продвижении объекта на рынке при неправильной расстановке акцентов.
3. Плохая концепция и зонирование могут привести к тому, что функции будут мешать друг другу.
4. Возможны ограничения со стороны закона: зонирование и строительные кодексы.
5. Более дорогая и сложная эксплуатация и управление.
6. Трудности в поддержании классности здания.

2. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Состав и площади помещений, взаимное расположение проектируемых в них объектов определяются исходя из эксплуатационной необходимости (в задании на проектирование) (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Рекомендуемое размещение помещений в многофункциональном комплексе

Наименование этажей	Наименование помещений
Подземный	Транспортный узел, стоянка машин, технические помещения
Цокольный	Помещения группы Б, Г для банка, стоянка машин, помещения обслуживания комплекса, технические помещения, мастерские
Первый	Главный вход, вестибюль, атриум с зимним садом, учреждения общественного питания разного уровня. Операционный зал банка, конференц-зал с эстрадой на 400 мест, спортивно-оздоровительные учреждения, информационный центр, лифтовые холлы, учреждения торговли и бытового обслуживания
Второй	Второй свет атриума. Помещения группы В. Лифтовые холлы, учреждения торговли и бытового обслуживания, учреждения общественного питания
Третий	Учреждения культурно-развлекательного блока
С четвертого по шестой	Помещения офисов различных управленческих структур в зависимости от их назначения и количественного состава сотрудников
Седьмой и выше	Гостиница на 100...500 чел. Апартаменты

Количество надземных и подземных этажей таких зданий и комплексов определяется в соответствии с градостроительными условиями и эксплуатационной необходимостью (в задании на проектирование или в проекте).

Высота этажей и высота помещений определяются в соответствии с эксплуатационной необходимостью (в задании на проектирование или в проекте).

Стоянки легковых автомобилей следует проектировать в соответствии с МГСН 5.01—94*.

Здания выше 50 м (от средней планировочной отметки проезда, предназначенного для подъезда пожарных автомашин, до отметки пола верхнего этажа любого функционального назначения, в том числе технического) должны оборудоваться всем комплексом средств пожарной защиты (СПЗ).

Здания и комплексы, за исключением объектов, на которые распространяется право дипломатической неприкосновенности, должны оборудоваться охранными системами.

Здания с подземной частью, заглубленной более чем на два этажа, должны проектироваться на основе инженерно-геологических данных, содержащих, кроме оценки и выбора несущего слоя грунта:

прогноз влияния подземного сооружения на гидрогеологические условия участка;

оценку карстовой опасности (с рекомендациями по организации противокарстовых мероприятий);

данные для определения возможных вибрационных воздействий от метрополитена и другого транспорта.

Проект должен предусматривать меры по защите от вибрационных нагрузок и от неблагоприятных деформаций зданий и сооружений, расположенных в прилегающей к проектируемому подземному сооружению зоне, а также включать раздел по системе геомониторинга и наблюдения за осадками и деформациями сооружений.

При проектировании комплексов, включающих в себя здания выше 40 м, необходимо выполнять проверку ветрового режима в пешеходных зонах для обеспечения комфортности пребывания людей в этих зонах при действии ветра.

При расчете здания высотой более 40 м на ветровую нагрузку, кроме условий прочности и устойчивости здания и его отдельных конструктивных элементов, должны быть обеспечены ограничения на параметры колебаний перекрытий верхних этажей, обусловленные требованиями комфортности. Ветровая нагрузка на рассматриваемые здания в разные периоды их возведения должна определяться по расчетным схемам, соответствующим этапам его строительства, при этом допускается снижение расчетных ветровых нагрузок на несущие конструкции на 20 %, ограждающие конструкции — на 30 %.

Известно, что с середины высоты высотных зданий 40 % ветровых потоков на здание движется вниз. Энергия этих потоков создает локальные ветровые нагрузки на здание (в первую очередь на его фасады) и на уровне входа в высотные здания ветровые нагрузки могут быть подобны или больше, чем на высоте 100 м. При этом различают глобальную ветровую нагрузку (структурный ветер) от локальной нагрузки на фасад (панельная нагрузка, в России ее называют пульсационной). Приводится такое сравнение: структурная нагрузка «трясет судно», панельная — «раздирает паруса». При структурной нагрузке 150 кг/м² локальная (панельная) нагрузка может достигать 500 кг/м² (в 3...3,5 раза больше). Именно локальная (панельная) нагрузка должна учитываться при проектировании фасадных конструкций, элементов их крепления, окон и т. п.

Здания высотой более 16 этажей должны иметь особую степень огнестойкости. Требования к конструкциям зданий особой степени огнестойкости изложены ниже.

Здания высотой более 30 этажей могут проектироваться при условии их размещения на расстоянии до 2 км от пожарного депо, оснащенного пожарной автолестницей или коленчатым подъемником высотой не менее 50 м или автонасосом высокого давления.

Высота технических этажей определяется в каждом отдельном случае в зависимости от вида размещаемых в них инженерного оборудования и инженерных сетей, условий их эксплуатации. Высота в местах прохода обслуживающего персонала до низа выступающих конструкций должна быть не менее 1,8 м.

Отметка пола помещений у входа в здание должна быть выше отметки тротуара перед входом не менее чем на 0,15 м. Допускается принимать отметку пола у входа в здание менее 0,15 м (в том числе и заглубление ниже отметки тротуара) при условии предохранения помещений от попадания осадков.

Число подъемов в одном марше между площадками (за исключением криволинейных лестниц) должно быть не менее трех и не более шестнадцати. В одномаршевых лестницах, а также в одном марше двух- и трехмаршевых лестниц в пределах первого этажа допускается не более 18 подъемов.

Лестничные марши и площадки должны иметь ограждения с поручнями.

Высота ограждений лестниц, используемых детьми, должна быть не менее 1,2 м, в ограждении лестниц вертикальные элементы должны иметь просвет не более 0,1 м (горизонтальные членения в ограждениях не допускаются); высота ограждения крылец при подъеме на три и более ступеньки должна быть 0,8 м.

При расчетной ширине лестниц, проходов или люков на трибунах спортивных сооружений в составе уникального здания более 2,5 м следует предусматривать разделительные поручни на высоте не менее 0,9 м. При расчетной ширине люка или лестницы до 2,5 м для люков или лестниц шириной более 2,5 м устройство разделительных поручней не требуется.

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

Наружные лестницы (или их части) и площадки высотой от уровня тротуара более 0,45 м при входах в здания в зависимости от назначения и местных условий должны иметь ограждения.

Уклон маршей лестниц в надземных этажах следует принимать не более 1 : 2 (кроме лестниц трибун спортивных сооружений).

Уклон маршей лестниц, ведущих в подвальные и цокольные этажи, на чердак, а также лестниц в надземных этажах, не предназначенных для эвакуации людей, допускается принимать 1 : 1,5.

Уклон пандусов на путях передвижения людей следует принимать не более: внутри здания, сооружения — 1 : 6;

снаружи — 1 : 8;

на путях передвижения инвалидов на колясках внутри и снаружи здания — 1 : 12.

Ширина лестничного марша в общественных зданиях должна быть не менее ширины выхода на лестничную клетку с наиболее населенного этажа, но не менее, м:

1,35 — для зданий с числом пребывающих в наиболее населенном этаже более 200 чел;

1,2 — для остальных зданий, а также в блоках кинотеатров, клубов, ведущих в помещения, не связанные с пребыванием в них зрителей и посетителей.

Промежуточная площадка в прямом марше лестницы должна иметь глубину не менее 1 м.

Ширина лестничных площадок должна быть не менее ширины марша.

В лестничных клетках, предназначенных для эвакуации людей как из надземных этажей, так и из подвального или цокольного этажей, следует предусматривать обособленные выходы наружу из подвального или цокольного этажей, отделенные на высоту одного этажа глухой противопожарной перегородкой 1-го типа.

Отдельные лестницы для сообщения между подвалом или цокольным этажом и первым этажом, ведущие в коридор, холл или вестибюль первого этажа, в расчете эвакуации людей из подвала или цокольного этажа не учитываются. Если лестница из подвала или цокольного этажа выходит в вестибюль первого этажа, то все лестницы надземной части здания, кроме выхода в этот вестибюль, должны иметь выход непосредственно наружу.

Предусматривать на путях эвакуации винтовые лестницы и забежные ступени, а также разрезные лестничные площадки, как правило, не следует. При устройстве криволинейных лестниц ширина ступеней в узкой части этих лестниц должна быть не менее 0,22 м, а ширина ступеней служебных лестниц — не менее 0,12 м.

Лестничные клетки следует проектировать с естественным освещением через проемы в наружных стенах (кроме лестниц подвалов, а также колосниковых лестниц в зданиях зрелищных предприятий).

В блоках предприятий розничной торговли и общественного питания лестница с первого до второго или с цокольного до первого этажа может быть открытой и при отсутствии вестибюля. При этом эти лестницы или пандусы для предприятий розничной торговли можно учитывать в расчете путей эвакуации только для половины количества покупателей, находящихся в соответствующем торговом зале, а для эвакуации остальных покупателей следует предусматривать не менее двух закрытых лестничных клеток. Длину открытой лестницы (или пандуса) следует включать в расстояние от наиболее удаленной точки

пола до эвакуационного выхода наружу, но ее площадь не включается в площадь основных эвакуационных проходов.

Из помещений независимо от их назначения (зрительных залов, аудиторий, учебных и торговых помещений, читальных залов и др., кроме кладовых горючих материалов и мастерских) один из выходов может быть непосредственно в вестибюль, гардеробную, поэтажный холл и фойе, примыкающие к открытым лестницам.

При размещении в цокольном или подвальном этаже фойе, гардеробных, курительных и уборных можно предусматривать отдельные открытые лестницы из подвального или цокольного этажа до первого этажа.

Наружные пожарные лестницы следует располагать на расстоянии между ними не более 150 м по периметру зданий (за исключением главного фасада). Необходимость устройства наружных пожарных лестниц определяется СНиП 2.01.02—85*.

В зданиях высотой в 10 надземных этажей и более лестничные клетки следует предусматривать незадымляемыми.

Выход из незадымляемой лестничной клетки 2-го типа в вестибюль следует устраивать через тамбур-шлюз с подпором воздуха во время пожара.

Подвалы с двумя и более этажами должны быть защищены установками автоматического пожаротушения и другими средствами противопожарной защиты в соответствии со СНиП 21-01—97.

Помещения, рассчитанные на одновременное пребывание в них более 500 чел., допускается размещать не ниже второго подземного этажа.

Вместимость ресторанов и зальных помещений, размещаемых выше 16-го этажа, не должна превышать 100 мест.

Индивидуальные творческие студии (мастерские) художников и архитекторов, располагаемые в зданиях, в том числе в мансардных этажах, могут проектироваться с одним эвакуационным выходом в общие с жильцами лестничные клетки и лифты; инженерное обеспечение помещений мастерских осуществляется от соответствующих систем жилого блока.

Проектирование помещений, в которых размещается инженерное и техническое оборудование, являющееся источником шума и вибрации, смежно с жилыми и служебными помещениями не ограничивается при условии обеспечения за счет специальных устройств нормативных параметров шума и вибрации, что должно быть подтверждено соответствующим расчетом.

Многоэтажные здания следует разделять по вертикали на пожарные отсеки; высота такого отсека не должна превышать 30 этажей, он должен быть оснащен автономными секциями СПЗ, а также опорным пунктом пожаротушения.

Наибольшая площадь этажа между противопожарными стенами в зданиях выше 16 этажей может быть не более 3000 м² при размещении гостиничных номеров, апартаментов, квартир и не более 4000 м² в остальных случаях, независимо от наличия установок автоматического пожаротушения.

Площадь подземных этажей между противопожарными стенами не должна превышать 4000 м² (независимо от надземной этажности здания). Предел огнестойкости противопожарных стен в подземной части зданий и сооружений должен составлять не менее 2,5 ч.

Помещения, независимо от назначения, рассчитанные на одновременное пребывание более 500 чел. и магазины торговой площадью 4000 м² и более, должны отделяться от других помещений противопожарными стенами и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 3 ч. Гостиницы и жилые части необходимо выделять в пожарный отсек, за исключением зданий общей площадью менее 4000 м².

Предел огнестойкости дверей и раздвижных перегородок в противопожарных стенах 1-го типа должен быть не менее 1,2 ч.

Двери незадымляемых лестничных клеток 2-го типа должны иметь предел огнестойкости не менее 0,5 ч.

Сообщение между пожарными отсеками (в том числе пожарными отсеками с атриумами) может осуществляться: по горизонтали — через проемы, защищенные противопожарными дверями (раздвижными перегородками, воротами) с пределом огнестойкости согласно действующим противопожарным нормам;

по вертикали — через незадымляемые лестничные клетки и лифтовые шахты с подпором воздуха при пожаре с дверями, имеющими предел огнестойкости не менее 1 ч.

Вместо противопожарных стен для решения архитектурно-планировочных и функциональных задач допускается в виде исключения устройство дренчерных завес в две линии, расположенных друг от друга на расстоянии 0,5 м и обеспечивающих интенсивность орошения не менее 1 л/с на погонный метр завесы при времени работы не менее 1 ч.

3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ

Конструкции уникальных зданий особой степени огнестойкости (высотой более 16 этажей) должны выполняться из негорючих материалов.

Для современных крупных сооружений характерно применение индустриальных методов строительства. В современной международной практике для выполнения несущего остова применяют сталь, железобетон либо их сочетания. При этом выбор решения конструктивной системы здания весьма широк: это системы рамным или связевым каркасом, различные варианты ствольных систем, оболочковая система, систем «труба в трубе», «пучок труб» и др.

Технологии возведения несущих конструкций также многовариантны — от сборки на высокопрочных болтах укрупненных отправочных марок стального каркаса с последующей огнезащитой, утеплением и облицовкой до железобетонно несущего остова сборной, до сборно-монолитной или монолитной технологии возведения. Главным критерием при выборе конструктивной системы и технологии часто служит высота проектируемого здания. Жилая часть — гостиница — решается на основе конструктивных систем, свойственных жилым зданиям. Конструктивная система общественной части в большинстве случаев решается с применением параметров и конструкций, свойственных зданиям общественного назначения. В общественной части, как правило, применяются железобетонный или металлический каркас, а также монолитный железобетон. Архитектурные возможности зданий с применением монолитного железобетона очень широки. Они позволяют получать значительное разнообразие архитектурных форм, планировочных и объемно-пространственных решений, богатую пластику фасадов и интерьеров. Наряду с бескаркасными конструктивными системами, выполняемыми с применением монолитного железобетона, широкие возможности обеспечивает метод подъема перекрытий по ядрам жесткости. Этот метод позволяет изменять в плане очертания контура перекрытий, достаточно свободно решать помещения общественного назначения в жилой части гостиницы, размещать их на любом этаже здания, применять любую высоту этажа, разнообразно решать наружные ограждения. Обычно шаг колонн колеблется от 4,8 м до 7,2 м с интервалом в 60 см. В общественной части расположение и шаг колонн обычно диктуется архитектурной идеей.

Необходимо отметить сложность конструктивного решения, возникающего в некоторых случаях, когда гостиничная часть и помещения общественной части размещены в едином объеме, одно над другим. Мелкоразмерная сеть конструктивных элементов в жилой части в таком случае накладывается на крупномасштабные конструктивные элементы общественной части с ее большими пространствами. Это приводит к значительному утяжелению несущих конструкций, в том числе балок и ригелей, сечения которых значительно возрастают. Поэтому уже в ранней стадии проектирования надо учесть это обстоятельство и увеличить высоту этажа. Размеры и форма плана типового этажа непосредственно сказываются на объемной форме здания и его художественной композиции. В связи с этим проектировщик, решая план типового этажа, должен проанализировать влияние основных факторов и требований на его структуру.

Кроме того, на сегодняшний день множество проектов основано на ствольно-рамной (ствольно-каркасной), ствольно-оболочковой и ствольно-диафрагмовой системах.

Выбор ствольно-каркасной системы вполне оправдан ее преимуществами в свободе планировки и выбора варианта несущих конструкций наружных стен. Выбор материала несущих конструкций решен в пользу железобетона, несмотря на то что он уступает стальным конструкциям и по срокам возведения, и по затратам труда. Предпочтение железобетону определяется требованиями глобальной безопасности строительных объектов.

Высотные здания обычно характеризуются неравномерностью распределения в плане силовых элементов, определяющих их горизонтальную жесткость. Конструктивная схема здания представляет собой единое геометрическое тело, близкое к башне или пластине, если элементы, работающие на сдвиг (перекрытия, распорки, ригели, диафрагмы, связи), достаточно регулярно распределены по высоте. Зданием сложной макроструктуры следует называть сооружение, состоящее из двух и более объемов, дискретно связанных между собой.

Высотные здания сложной макроструктуры стали применяться в последние десятилетия по разным причинам. Прежде всего — по функциональным и эстетическим. Двухбашенные здания, объединенные перемычкой, эффектно оформляют магистраль в виде арки, обеспечивают внутренние коммуникации, во многом решают проблему противопожарной безопасности. Примером таких зданий может служить арка в районе Дефанс (Париж) или башни концертна «Петронас» в Куала-Лумпуре (Малайзия) ([рис. 3.1](#)).

Общая жесткость таких зданий, характер поведения в ветровом потоке и при сейсмических воздействиях зависят от макроструктуры здания и параметров его элементов (башен, перемычек между башнями).

Высотные здания имеют свою специфику, существенно отличающую их от обычных зданий.



Рис. 3.1. Башни концертна «Петронас» в Куала-Лумпуре (Малайзия)

Высотным обычно называют здание высотой более 75 м (выше 25 этажей). Практически всегда высотное здание является многофункциональным. Помимо помещений основного назначения в нем размещаются автостоянки, магазины, офисы, кинотеатры и др.

В ряде стран, особенно в США, накоплен значительный опыт проектирования, строительства и эксплуатации высотных зданий. Одним из первых высотных зданий можно считать Вулворт-билдинг в Нью-Йорке высотой 250 м (60 этажей), возведенный в 1913 г. Долгое время самым высоким зданием в мире считался Эмпайр-стейт-билдинг, имеющий 102 этажа и общую высоту 380 м (с антенной — 448 м). В дальнейшем его потеснили здания Центра мировой торговли (412 м), Джон Хэнкок Сентер (487 м) и Сирс Тауэр (483 м). В последние годы строительство самых высоких зданий переместилось на Восток — в Малайзию, Тайвань и Китай. В 1966 г. в Куала-Лумпур построены две башни-близнецы Петронас-тауэрс высотой 452 м, а в июле 2003 года в Тайбее возведено здание Международного финансового центра высотой 502 м (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Здание Международного финансового центра в Тайбее

С ростом высоты здания резко увеличиваются нагрузки на несущие конструкции, поэтому с развитием высотного строительства было разработано несколько конструктивных систем таких зданий: каркасная, рамно-каркасная, поперечно-стеновая, ствольная, коробчатая, ствольно-коробчатая («труба в трубе»; «труба в ферме») и другие. В свою очередь, ствольные системы имеют свои разновидности: консольное опирание перекрытий на ствол, подвешивание внешней части перекрытия к верхней несущей консоли (висячий дом) или его опирание посредством стен на нижерасположенную несущую консоль, промежуточное расположение несущих консолей высотой в этаж с передачей на них нагрузки от части этажей. Стволом или ядром в высотных зданиях является жесткий (монократно выполненный) лестнично-лифтовой узел.

Выбор той или иной конструктивной системы зависит от многих факторов, основными из которых считаются высота здания, условия строительства (сейсмичность, грунтовые особенности, атмосферные, особенно ветровые воздействия), архитектурно-планировочные требования. По данным немецких исследователей, ветровые нагрузки обычно более значимы, чем сейсмические воздействия. Наиболее высокие на сегодняшний день

здания Джон Хэнкок Сентер в Чикаго (рис. 3.3) и Международный финансовый центр в Тайбее выполнены по схеме «труба в ферме», когда наружный периметр стен жестко связан со стволом и дополнительно укреплен мощными диагональными связями. В этом случае все здание работает как жесткая консоль, заделанная в тело фундамента.



Рис. 3.3. Джон Хэнкок Сентер в Чикаго

Для уменьшения колебаний высотных зданий под действием ветрового напора в последние годы стали применять подвешенные в их верхней части инертные массы.

Практикой строительства установлено, что каркасные и рамно-каркасные системы, обладающие ограниченной жесткостью, целесообразно применять в зданиях высотой до 40 этажей, ствольные — до 50...60 этажей, ствольно-коробчатые и коробчатые — до 80...90 этажей, а свыше этого — по схеме «труба в ферме».

Одним из основных требований, предъявляемых к высотным зданиям, как показала мировая практика, являются требования комплексной безопасности, предусматривающие обеспечение путей эвакуации при кризисных ситуациях, противопожарные и антитеррористические мероприятия, надежный контроль и управление всеми системами инженерного оборудования, дублирование ряда систем жизнеобеспечения.

При проектировании высотных зданий их следует размещать на территориях, где отсутствуют проявления карстовой опасности и оползневых явлений, а также проявления других опасных и техногенных процессов.

Предъявляется ряд особых требований к инженерно-геологическим изысканиям при проектировании высотных зданий. В качестве фундаментов рекомендуются плитные, в том числе повышенной жесткости (коробчатые), комбинированные плитно-свайные и свайные. Удельные нагрузки на основание под плитными элементами фундамента не следует принимать более 0,5 МПа. Сами же фундаменты должны выполняться из бетона класса не ниже В25.

При проектировании конструкций наземной части высотные здания следует относить к I уровню ответственности и принимать коэффициент надежности по ответственности при высоте здания 75...100 м равным 1,1; в диапазоне высот 101...125 м — 1,15; свыше этого — 1,2. Под действием ветровой нагрузки перемещение верха высотного здания не должно превышать 1/500 его высоты, что обеспечивает целостность остекления и перегородок, а также нормальную работу лифтов. В соответствии с зарубежным опытом это условие соблюдается при отношении ширины к высоте здания, не превышающим 1/7. Жесткость конструкций высотного здания должна обеспечивать значение ускорения колебаний верхних этажей под динамическим воздействием ветра не более 0,08 м/с².

Улучшить условия работы здания под нагрузкой и повысить его жесткость позволяет также симметричное расположение масс и жесткостей, возможно более равномерное распределение вертикальных нагрузок на несущие элементы здания, а для точечных зданий — симметричное горизонтальное сечение, приближающееся к квадратному.

Основные несущие конструкции следует выполнять из железобетона с гибкой и жесткой арматурой из стали. Зарубежный опыт показывает, что железобетон целесообразно применять при высоте зданий до 60 этажей. По немецким источникам, использование высокопрочного бетона классов В80 и выше нерационального из-за его хрупкости, более низкой по сравнению с обычной технологичностью и высокой стоимостью. Стальные несущие конструкции следует надежно защищать от воздействия огня, обеспечивая их предел огнестойкости, равный R180. В качестве стволов (ядер) высотных зданий следует использовать лестнично-лифтовые узлы из железобетона в сочетании, по возможности, с блоком вентиляционных шахт. Крышу высотного здания следует проектировать с внутренним водостоком.

Защита конструкций и всего высотного здания в целом от прогрессирующего обрушения обеспечивается такими мероприятиями, как неразрезность (статическая неопределимость) основных несущих частей, соответствующее проектирование узлов и соединений конструктивных элементов, гарантированное качество применяемых материалов и др.

Комплекс инженерного обеспечения высотного здания включает более 30 систем. Ряд инженерных систем (водопровод, канализация, мусоропроводы) необходимо зонировать в пределах между соседними техническими этажами, которые должны располагаться по высоте на расстоянии не более 50 м. Помимо централизованных источников теплоснабжения высотного здания требуется предусматривать автономные источники теплоснабжения (АИТ), которые могут размещаться как в самом здании, так и в виде отдельно стоящих объектов.

Необходимое количество лифтов, их грузоподъемность и скорость определяют расчетом при принятом интервале движения лифтов 80...100 с, каждый лифт необходимо располагать в отдельной шахте.

В высотных зданиях все электроприемники по степени надежности относятся к 1-й и 2-й категориям. К 1-й категории надежности относятся противопожарные системы, пожарная и охранная сигнализации, лифты, эвакуационное и аварийное освещение, оповещение людей при пожаре, огни светового ограждения и другие ответственные электроприемники. Их питание требуется осуществлять от двух независимых источников питания с устройством автоматического включения резерва (АВР).

Особое внимание при проектировании и эксплуатации высотных зданий уделяется противопожарным мероприятиям. Несущие конструкции зданий должны удовлетворять повышенным требованиям по пределам огнестойкости. То же относится к коммуникационным шахтам и шахтам дымоудаления.

Само здание должно соответствовать 1-й степени огнестойкости при его высоте до 100 м, более высокие — особой степени огнестойкости, а класс конструктивной пожарной опасности — СО. Для обеспечения доступа пожарных в любую точку на фасадах здания рекомендуется предусматривать специальные испытанные подъемные устройства с возможностью их использования для ремонта фасадов и мойки стекол.

Анализ проектов уже первых высотных зданий показывает, что архитекторы склонны широко применять остекленные наружные ограждения и витражи. При этом не учитывается, что сопротивление теплопередачи этих конструкций не превышает $0,8 \text{ (м}^2\text{К)/Вт}$, что в четыре раза ниже требуемого сопротивления теплопередачи, предъявляемого к наружным стенам. Вследствие этого становится невозможным сделать теплоэффективными высотные здания с такими решениями фасадов.

Главным критерием в поведении сооружения, когда оно подвергнуто динамическим силам, является план и профиль здания. Принцип правильного плана зданий демонстрирует рис. 3.4. Распределение действия горизонтальных нагрузок на уровне нулевой области здания должно гарантировать, что центр изгиба находится как можно ближе к центру всех масс, действующих на этой отметке.

Регулярность профиля высотного здания с сомнительными и предпочтительными профилями понятна из рис. 3.5. По сравнению с малоэтажными зданиями структура высотного здания функционирует в большей степени как комплексное целое, что является фундаментальным аспектом процесса проектирования.

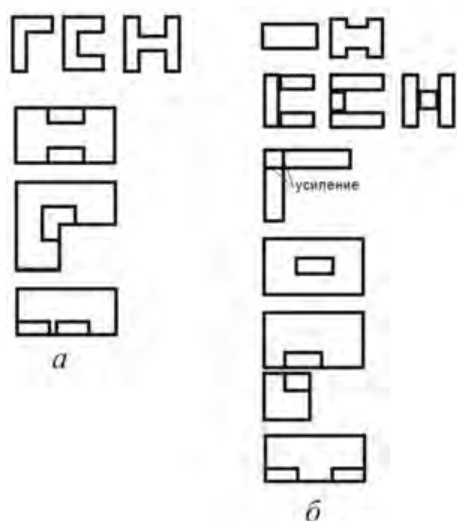


Рис. 3.4. Проект плана с учетом системы усиления: *a* — сомнительный; *б* — предпочтительный

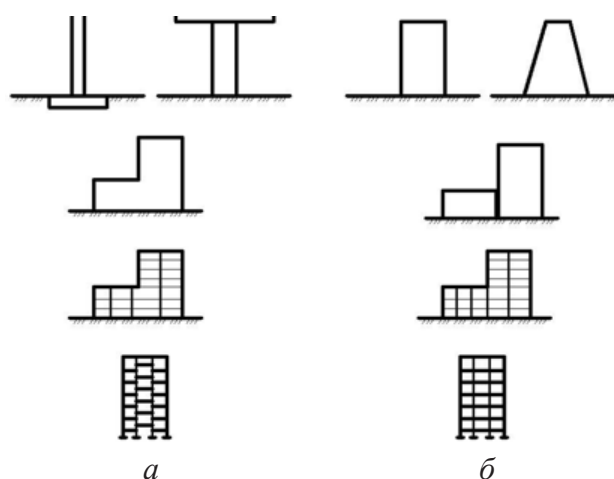


Рис. 3.5. План проекта конструкции башни с учетом динамических нагрузок: *a* — сомнительный; *б* — предпочтительный

Одним из самых сложных аспектов функциональности конструкций из железобетона является неравномерное укорачивание вертикальных несущих элементов (стен и колонн) ввиду пластических деформаций, сдвигов и сжа-

тий. Сталь и бетон являются основными материалами для высотных зданий. Благодаря их специфическим характеристикам они могут комбинироваться различными способами и создавать новые строительные материалы.

Строительство перекрытий в высотных зданиях вряд ли возможно без участия бетона. Используется ли он в армированном виде, в составных стальных перекрытиях или в виде предварительно напряженных конструкций перекрытий — это зависит от различных факторов. Чисто стальные вертикальные компоненты и элементы для обеспечения жесткости, конечно, тоже возможны, но армированный бетон и стальные композиты сегодня остаются самыми популярными материалами.

Самые последние образцы высотных зданий демонстрируют нам тот факт, что предыдущие теории чистой стали или железобетона сегодня уже устарели. Быстрое развитие высокопрочного бетона стало значительным вкладом в высотное строительство (рис. 3.6). Развитие насосных технологий, позволяющих сегодня закачивать материал на самые верхние уровни высоток, тоже помогло повысить статус этого материала и поставить его в один ранг со сталью. В каждом проекте экономические аспекты являются решающими в выборе материалов и методов строительства.

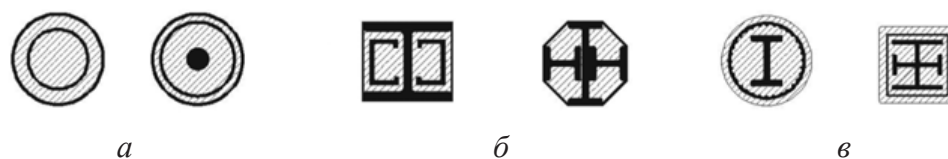


Рис. 3.6. Разные варианты составных стальных колонн: *a* — стальные секции; *б* — то же, частично погруженные в бетон; *в* — то же, полностью погруженные в бетон

С увеличением высоты здания выбор эффективных систем жесткости приобретает все большую важность с точки зрения рентабельности высотного здания. Гибкость большинства высоток, т. е. коэффициент высоты к ширине, обычно имеет значение от одного до восьми. Более высокие значения коэффициента гибкости приводят к возникновению недопустимых боковых ускорений на верху здания и необходимости использования демпфирующих элементов для обеспечения нормальной эксплуатации этих зданий.

В Европе нормативные акты, регулирующие глубину зданий, указывают, что для системы жесткости максимальная глубина здания ограничена 30...40 м. При коэффициенте гибкости, равном восьми, максимально допустимая высота при такой глубине — 240...320 м. В США и Азии большие глубины зданий (50...60 м) позволяют реализовывать здания большей высоты. Например, Петронас Тауэр в Куалу-Лумпуре имеет коэффициент гибкости 8,6 (подсчитан для 88 этажей) при диаметре 46,2 м. Такая высокая степень гибкости стала возможной благодаря чрезвычайно эффективной системе жесткости из аутригерных балок. Использование мегаколонн, расположенных по периме-

тру здания и обладающих естественными демпфирующими способностями, позволило ограничить раскачивание. Интересны зарубежные исследования и модели расчета трубных структур зданий коробчатого сечения. Высокая эффективность таких структур была продемонстрирована еще в 1970 г. в здании Всемирного торгового центра (110 этажей) в Нью-Йорке.

Эти решетчатые трубы имеют одно существенное отличие их несущего поведения по сравнению с обычными трубами. Во-первых, речь идет о балке коробчатого сечения, заделанной в основании. Она подвергается боковой нагрузке. По условиям непрерывности нормальные напряжения будут постоянными, в том числе и в углах балки, и будут действовать перпендикулярно направлению усилия.

В открытой трубной структуре, состоящей из колонн и балок, упругая неразрывность во фланцевых поверхностях обеспечивается только жесткостью балок к напряжениям сдвига. Эта жесткость явно ниже, чем жесткость цельной трубы. Колонны в центральных зонах обеих решеток могут таким образом уклоняться от деформаций, возникающих от нормальных усилий. Этот эффект называют «запаздыванием сдвига» (shear lag) и он ведет к большему напряжению в угловых колоннах. В случаях когда центральный ствол отдельного здания слишком узок для принятия горизонтальных нагрузок, его соединяют с другим центральным стволом или с колоннами фасада, используя дополнительные фермы-аутригеры.

Обычно фермы-аутригеры встраивают в технические этажи, чтобы не создавать ограничений в использовании площади пола. Высокая жесткость несущих элементов и их соединений с колоннами фасада означает, что аутригеры способны возвращать деформированный центральный ствол в вертикальное положение и уменьшать горизонтальную деформацию здания.

Обладатель титула самого высокого в мире здания — Петронас Тауэр в Куалу-Лумпуре — также было построено с использованием аутригеров, соединенных жестко с центральным ядром и с мегаколоннами, спрятанными за фасадом (рис. 3.7).

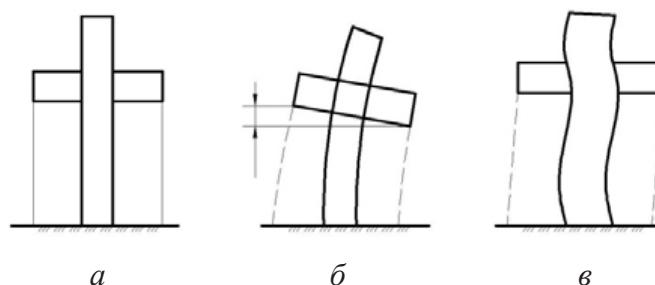


Рис. 3.7. Действие аутригерных структур:
a — аутригерно-ствольная система без нагрузки;
б — деформация без влияния аутригеров;
в — деформация с изменением поворота, вызываемая действием аутригеров

Обобщающим моментом для выбора несущих конструкций высотных зданий является их этажность.

Стеновые жестко-рамные системы (включая панельные) эффективны для зданий до 20 этажей. Дальнейшее ограничение жесткости для этих систем связано с резким увеличением массивности зданий и негибкостью планировочных решений. Далее до 40...45 этажей «рубашка» здания превращается либо в перфорированный фасад, либо в универсальное решение со структурой, соединенной с внешним несущим каркасом здания (наружной трубой), заполненной навесными однослойными или двухслойными фасадами. Выше 45 этажей последнее решение применяется в подавляющих случаях.

Возможности усиления здания, предлагаемые системами центрального ствола, трубными или консольно-балочными системами, позволяют создавать высокоэффективные здания, отвечающие любым архитектурным запросам. 200-этажные меганебоскребы высотой до 600 м казались утопией в начале 1990-х гг. Теперь они принимают конкретные формы.

Использование несущей системы в виде балки с коробчатым сечением (центральным стволом) является на сегодня высокоэффективным архитектурно-конструктивным решением для высотных зданий многофункциональных комплексов. Фасады проектируются как съемные панели и связываются по углам. Образованная таким образом труба дополнительно раскрепляется при помощи панелей перекрытий. Такая система идеально подходит для круглых планов, где отсутствует проблема связанных углов. По функциональным причинам квадратные или почти квадратные планы также с успехом реализуются при использовании такой системы.

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОСТОЯНОК В СОСТАВЕ УНИКАЛЬНОГО ЗДАНИЯ ИЛИ КОМПЛЕКСА

4.1. ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОМЕЩЕНИЙ АВТОСТОЯНОК

При проектировании помещений для хранения автомобилей и постов технического обслуживания (ТО) и технического ремонта (ТР) основными факторами, определяющими размеры сооружений, являются габариты автомобилей и наименьшие радиусы их поворотов.

В табл. 4.1 приведены основные габаритные характеристики легковых автомобилей и микроавтобусов (1-й категории), наиболее часто встречающиеся в практике проектирования. К автомобилям 1-й категории относятся автомобили, имеющие длину до 6 м и ширину — до 2,1 м.

Таблица 4.1

Основные габаритные характеристики автомобилей и микроавтобусов

Класс автомобиля	Модели-представители	Габаритные размеры, мм			Минимальный внешний габаритный радиус, мм
		Длина	Ширина	Высота	
Легковые, особо малый класс	«Ока», «Таврия»	3800	$\frac{1400}{1600}$	1450	5500
Легковые, малый класс	«Жигули», «Москвич», Ford, Volkswagen polo и др.	4400	$\frac{1500}{1700}$	1500	5500
Легковые, средний класс	«Волга», Audi, BMW, Mercedes-Benz	4950	$\frac{1800}{1950}$	1500	6200
Микроавтобусы особо малого класса	РАФ, УАЗ, ГАЗ (Автолайн)	$\frac{4500}{6000}$	$\frac{2000}{2100}$	2200	6900

П р и м е ч а н и е. При проектировании автостоянок для других марок автомашин следует руководствоваться их габаритами, указанными в паспортах.

В таблице 4.2 приведены рекомендуемые расстояния между автомобилями, элементами строительных конструкций зданий и сооружений в помещениях хранения автомобилей и в помещениях ТО и ТР.

Таблица 4.2

**Рекомендуемые расстояние между автомобилями
и элементами строительных конструкций**

Защитные зоны	Обозначения	Расстояния до автомобилей		Эскиз
		на постах ТО и ТР	на местах хранения	
От торцевой стороны автомобиля до стены	<i>a</i>	1,2	0,5	
То же, до стационарного технологического оборудования	<i>d</i>	1,0	—	
От продольной стороны автомобиля до стены	<i>б</i>	1,2	0,5	
Между продольными сторонами автомобилей	<i>в</i>	1,6	0,6	
Между автомобилем и колонной	<i>z</i>	0,7	0,3	
От торцевой стороны автомобиля до ворот	<i>e</i>	1,5	0,5	

Примечание. При увеличении защитных зон автомобиля, приведенных в табл. 4.2, на 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 м (но не более) ширина внутреннего проезда ([табл. 4.3](#)) может быть уменьшена соответственно на 0,15; 0,3; 0,45; 0,6 м.

Автомобиль при движении в пределах здания совершает повороты и другие маневры, в том числе при установке его на место хранения или для ТО и ТР. При этом должны соблюдаться так называемые защитные зоны (рекомендуемое приближение), исключающие взаимные повреждения въезжающего автомобиля и автомобилей, стоящих в одном или в противоположном с ним ряду (по другую сторону проезда).

Ширина внутреннего проезда в помещениях хранения автомобилей и постах ТО и ТР, приведенная в [табл. 4.3](#), определена с учетом рекомендуемого приближения движущегося автомобиля к конструкциям здания (сооружения), к оборудованию и к автомобилям на местах хранения.

Расстояние между двумя эвакуационными выходами в подземных автостоянках должно быть не более 80 метров, при этом до ближайшего эвакуационного выхода — не более 40 метров; соответственно в надземных автостоянках должно быть не более 120 и 60 метров.

Ширина внутреннего проезда

Типы автомобилей, класс	Ширина внутреннего проезда, м											
	В помещениях хранения автомобилей						В помещениях постов ТО и ТР					
	при установке автомобилей						канавные			напольные		
	передним ходом			задним ходом			без дополнительного маневра	с маневром	без дополнительного маневра	с маневром		
	без дополнительного маневра	с маневром		без дополнительного маневра	с маневром							
	Угол установки автомобилей к оси проезда						Угол установки автомобилей к оси проезда					
	45°	60°	90°	45°	60°	90°	45°	60°	90°	60°	90°	
Легковые, особо малый класс	2,7	4,5	6,1	3,5	4,0	5,3	4,3	5,3	6,4	2,9	4,8	
Легковые, малый класс	2,9	4,8	6,4	3,6	4,1	5,6	4,4	5,6	6,5	3,1	5,0	
Легковые, средний класс	3,7	5,4	7,7	4,7	4,8	6,1	4,8	6,5	7,2	3,3	5,6	
Микроавтобусы, особо малый класс	3,8	5,8	7,8	4,8	5,2	6,5	4,8	6,5	7,4	3,5	5,6	

Для условий, отличных от приведенных в [табл. 4.1](#) и [4.2](#), необходимые при проектировании планировочные параметры проезда могут быть определены графическим путем при помощи шаблона ([рис. 4.1](#)). Шаблон изготавливается из прозрачного материала в масштабе чертежа, накладывается на него и вращается относительно оси О. При этом рекомендуется выполнять следующие условия:

в помещениях хранения автомобилей у въезда на машино-место от строительных конструкций (оборудования) до въезжающего автомобиля должно оставаться не менее 0,2 м (защитная зона), а с противоположной стороны от въезда — не менее 0,7 м;

на постах ТО и ТР соответственно — не менее 0,3 и 0,8 м.

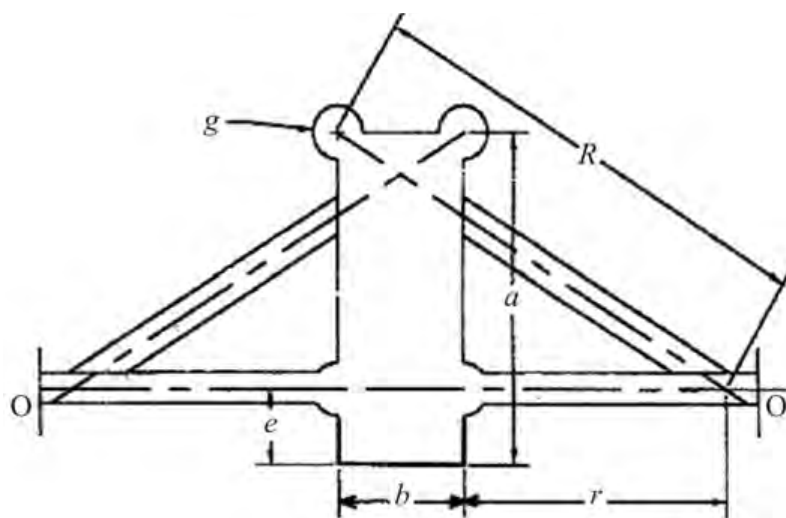


Рис. 4.1. Шаблон для определения ширины проезда: a — длина автомобиля; b — ширина автомобиля; e — задний свес; R — внешний габаритный радиус; g — рекомендуемое приближение автомобиля к конструкциям здания (оборудованию) при въезде; r — внутренний габаритный радиус (определяется в процессе построения шаблона); O — ось вращения шаблона

4.2. СХЕМЫ РАССТАНОВКИ АВТОМОБИЛЕЙ

На рис. 4.2. представлены наиболее распространенные планировочные типы автостоянок.

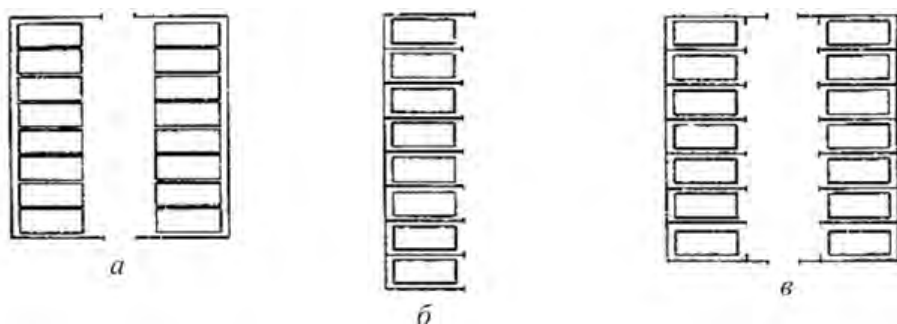


Рис. 4.2. Планировочные типы автостоянок: a — маневжный; b — боксовый; v — боксовый в закрытом помещении

На рис. 4.3 показано расположение мест хранения и внутренние проезды (с указанием их размеров) для автомобилей среднего класса при условии соблюдения минимальных расстояний приближения автомобилей друг к другу и к элементам строительных конструкций (оборудованию), ([табл. 4.1](#), [4.2](#) и [4.3](#)).

В помещении хранения автомобилей маневжного типа расстояние от колонны до ближайшей границы проезда рекомендуется принимать около 0,5 м, при этом конструктивный шаг по проезду составит примерно 7,1 м.

При сравнении представленных на [рис. 4.3](#) вариантов расположения автомобилей следует вывод, что наиболее экономичной по площади на один автомобиль (S , м²) является стоянка маневжного типа с перпендикулярным расположением автомобилей к оси проезда ($S = 22,4$ м²).

Могут применяться и другие размеры секций и шага колонн, но при соблюдении размеров мест хранения и внутренних проездов не менее рекомендуемых [табл. 4.1](#), [4.2](#), [4.3](#).

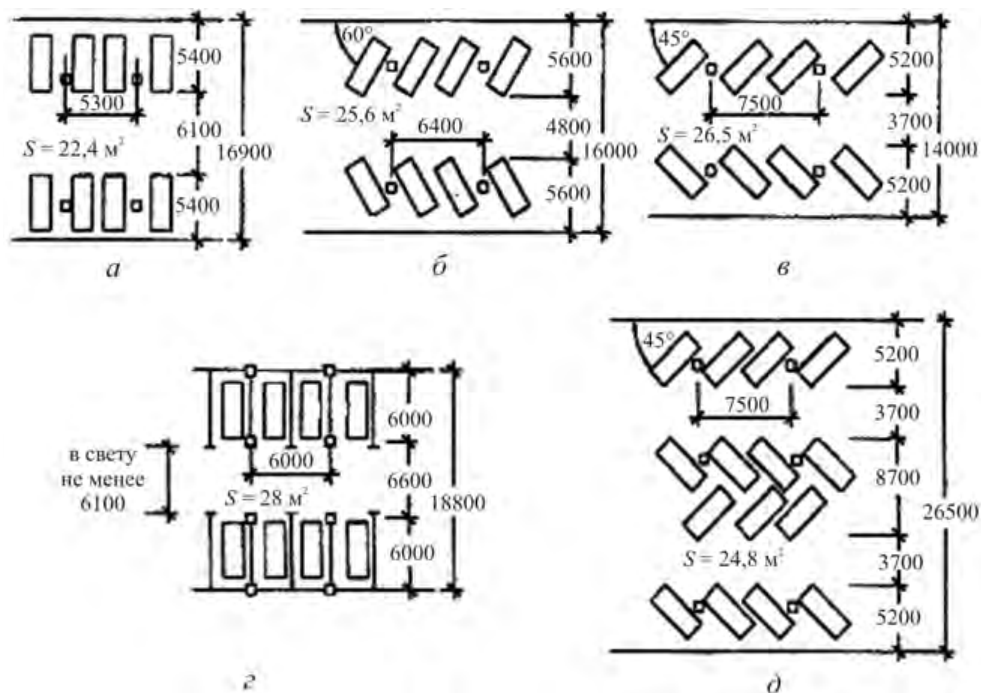


Рис. 4.3. Примеры расстановки автомобилей: *a* — расположение под углом 90°; *б* — расположение под углом 60°; *в* — расположение под углом 45°; *г* — расположение под углом 90° (боксы в закрытом помещении); *д* — расположение под углом 45° с двумя проездами

4.3. РАМПЫ И ЛИФТЫ

Для организации перемещения автомобилей по вертикали в многоэтажных автостоянках уникальных зданий используются рампы и лифты.

Устройство рампы, их количество и организация движения на них оказывают непосредственное влияние на планировку стоянки. Рампы могут быть изолированными или смежными с помещениями хранения автомобилей.

На [рис. 4.4](#) представлена классификация рампы и рамповых устройств, а на [рис. 4.5](#) изображены наиболее применяемые типы рампы.

Встроенные неизолированные рампы (рис. 4.5, *б*, *в*, *г*, *д*), предусматривающие транзитное движение автомобилей через этажи автостоянки, могут быть применены в стоянках не выше 3 этажей и общей площадью не более 10400 м².

Полурампы (рис. 4.5, *е*, *ж*) применяются в автостоянках открытого типа.

Наибольшее распространение получили изолированные наружные рампы, пристроенные или встроенные (рис. 4.5, *а*, *з*, *и*).

Уклон рампы измеряется по средней линии полосы движения и выражается в градусах, процентах или отношением высоты подъема к длине горизонтальной проекции оси наклонной поверхности. Угол в 1° равен 1,7 %.

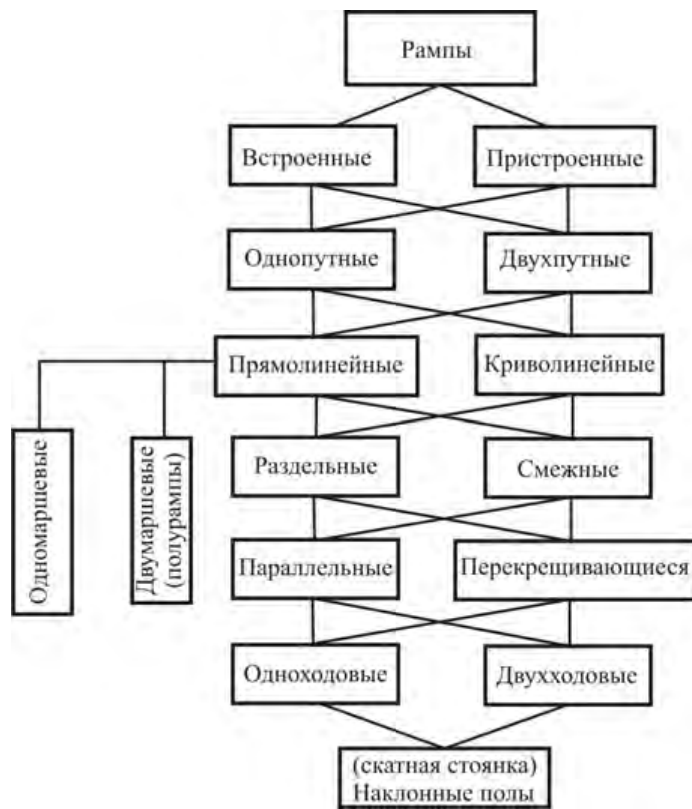


Рис. 4.4. Классификация рампы

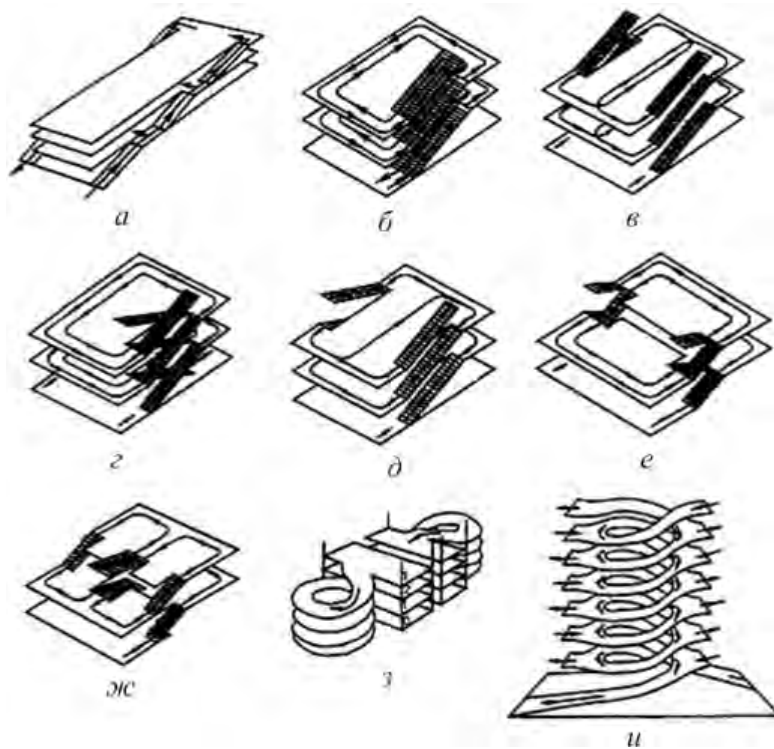


Рис. 4.5. Наиболее применяемые рампы: *а* — пристроенные прямолинейные однопутные рампы; *б* — встроенные прямолинейные двухпутные рампы (два одноходовых винта); *в* — то же, однопутные рампы (два одноходовых винта); *г* — то же, перекрещивающиеся рампы; *д* — прямолинейные однопутные рампы (один двухходовой винт); *е* — однопутные полурампы (два одноходовых винта); *ж* — то же, комбинированные; *з* — пристроенные криволинейные однопутные рампы (два одноходовых винта); *и* — однопутная эллиптическая рампа (один двухходовой винт)

Для различных типов рампы установлены следующие максимальные уклоны:
 закрытые отапливаемые прямолинейные рампы — 18 %;
 закрытые отапливаемые криволинейные рампы — 13 %;
 закрытые неотапливаемые и открытые, не защищенные от атмосферных осадков рампы — 10 % (при подогреве или других инженерных решениях, устраняющих обледенение проезжей части рампы, уклон может быть увеличен, но не более чем до 18 % и 13 % соответственно),
 поперечный уклон криволинейных и прямолинейных рампы — 6 %.

Сопряжение рампы с горизонтальными участками пола должно быть плавным, а расстояние от низа автомобиля до пола должно быть не менее 0,1 м.

Ширина проезжей части рампы определяется в зависимости от размеров наибольшего автомобиля, пользующегося рампой, согласно табл. 4.4.

Таблица 4.4

Ширина проезжей части рампы

Виды рампы	Ширина проезжей части рампы, м
Прямолинейные однопутные	Наибольшая ширина автомобиля, м, плюс 0,8 м, но не менее 2,5 м
Прямолинейные двухпутные	Удвоенная наибольшая ширина автомобиля, м, плюс 1,8 м, но не менее 5 м
Криволинейные однопутные	Ширина наибольшего автомобиля, м, плюс 1 м, но не менее 3,1...3,3 м
Криволинейные двухпутные	Удвоенная ширина наибольшего автомобиля, м, плюс 2,2 м, но не менее 6,2...6,6 м

Приведенные в табл. 4.4 ширины проезжей части криволинейных рампы необходимо проверять путем построения проекции, образуемой движущимися по рампе наибольшим автомобилем. Ширина проекции определяется с помощью шаблона (см. [рис. 4.1](#)), при этом ось вращения O должна находиться в центре окружности криволинейной рампы. Ширина указанной проекции равна R минус r , чем больше радиус криволинейной рампы, тем меньше разница между R и r (но не меньше ширины автомобиля).

По обеим сторонам проезжей части рампы рекомендуется предусматривать краевые отбойные барьеры высотой 0,1 м и шириной 0,2 м, а при двухпутных рампах — еще и средний отбойный барьер шириной 0,3 м, разделяющий рампу на две полосы движения.

Рампы, по которым предусматривается пешеходное движение, должны иметь тротуар шириной не менее 0,8 м. На рампах с криволинейным движением тротуар рекомендуется в большинстве случаев располагать по внутреннему краю рампы.

Пропускная способность рампы для одной полосы движения определяется скоростью движения по рампе и интервалом между движущимися автомобилями.

Расчетная скорость движения по рампе не должна превышать 15 км/ч при интервале между движущимися автомобилями не менее 20 м. При наличии такого интервала и высоте этажа до 3 м в пределах междуэтажной длины рампы будет находиться лишь один автомобиль, что отвечает требованиям безопасности движения.

Пропускная способность рампы с одной полосой движения автомобилей в час D теоретически определяется по формуле

$$D = \frac{3600}{t}, \quad (4.1)$$

где t — интервал времени (с) между движущимися автомобилями

$$t = \frac{3600i}{v}, \quad (4.2)$$

где i — расстояние между движущимися автомобилями, м; v — скорость движения, км/ч.

При скорости движения 10 км/ч и расстоянии 20 м получаем:

$$t = \frac{3600 \cdot 20}{1000} = 7,2 \text{ с}; \quad D = \frac{3600}{7,2} = 500 \text{ авт./ч.}$$

Во избежание возможной закупорки рампы (независимо от расчета ее пропускной способности) в многоэтажной автостоянке целесообразно принимать следующее минимальное количество рамп при числе автомобилей на всех этажах, кроме первого:

до 100 включительно — не менее одной однопутной рампы;

100...200 включительно — не менее одной двухпутной рампы;

200...1000 включительно — не менее двух однопутных рамп;

свыше 1000 — не менее трех однопутных рамп или двух двухпутных рамп.

При применении одной однопутной рампы, используемой как для подъема, так и для спуска автомобилей (разновременно), должна быть предусмотрена соответствующая сигнализация.

В случае применения лифтов для вертикального перемещения автомобилей следует исходить из того, что один стационарный лифт рекомендуется рассчитывать не более чем на 100 автомобилей, расположенных на всех этажах, кроме первого.

Кабина автомобильного лифта по своим внутренним размерам должна превышать габариты автомобиля по ширине на 1,0 м (0,6 м — при наличии дежурного диспетчера); по длине — на 0,8 м; по высоте (с учетом возможной установки багажника и сигнально-осветительных устройств (по заданию на проектирование) — на 0,2 м.

Движение автомобилей на въездных рампах независимо от типа последних рекомендуется проектировать в направлении против часовой стрелки; движе-

ние же на выездных рампах в зависимости от их типа может иметь направление как по часовой стрелке, так и против, однако предпочтительнее последнее.

Разновидностью многоэтажных автостоянок являются так называемые скатные стоянки, в которых рамповые устройства отсутствуют.

Особенность скатных стоянок заключается в том, что они имеют на всех этажах наклонные полы, по которым происходит как междуэтажное, так и внутриэтажное движение автомобилей, и одновременно размещаются места хранения автомобилей, располагаемые поперек наклонного пола (с уклоном не более 6%), как показано на рис. 4.6.

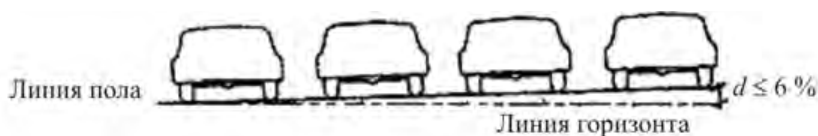


Рис. 4.6. Расположение автомобилей (скатная стоянка)

Скатная стоянка может иметь:

один одноходовой винт прзаги двустороннем движении в проездах (рис. 4.7, *а*),

два смежно расположенных одноходовых винта с односторонним движением (рис. 4.7, *б*);

один двухходовой винт (рис. 4.8).

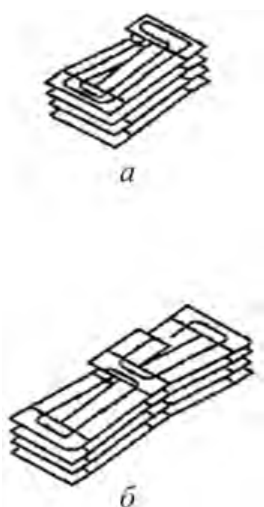


Рис. 4.7. Схемы скатной стоянки: *а* — с одним одноходовым винтом; *б* — с двумя одноходовыми винтами

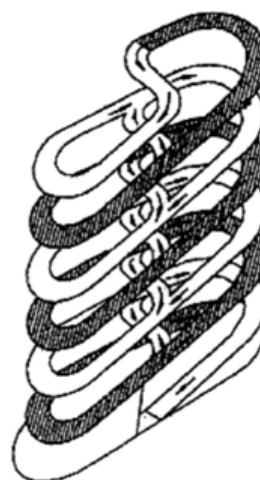


Рис. 4.8. Схема скатной стоянки с одним двухходовым винтом

Почти все типы скатных автостоянок характеризуются непрерывностью движения автомобилей через все нижележащие этажи.

Для сокращения пути движения в скатных автостоянках применяют различные приемы, в том числе устройство зданий цилиндрического объема; устройство переходных боковых проездов с нормальными рамповыми уклонами; включение в объем скатной автостоянки дополнительного рампового устройства, которое взаимодействует с наклонными полами ([рис. 4.9](#), [4.10](#)).

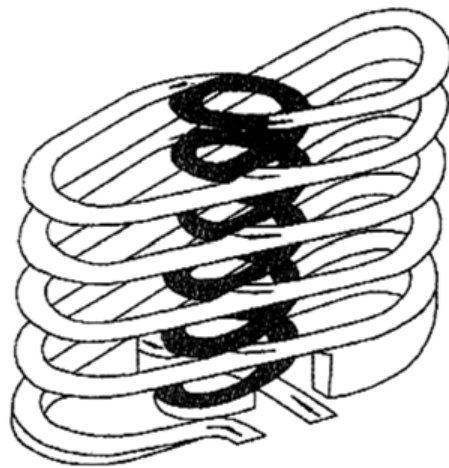


Рис. 4.9. Схема скатной стоянки с рамповым устройством

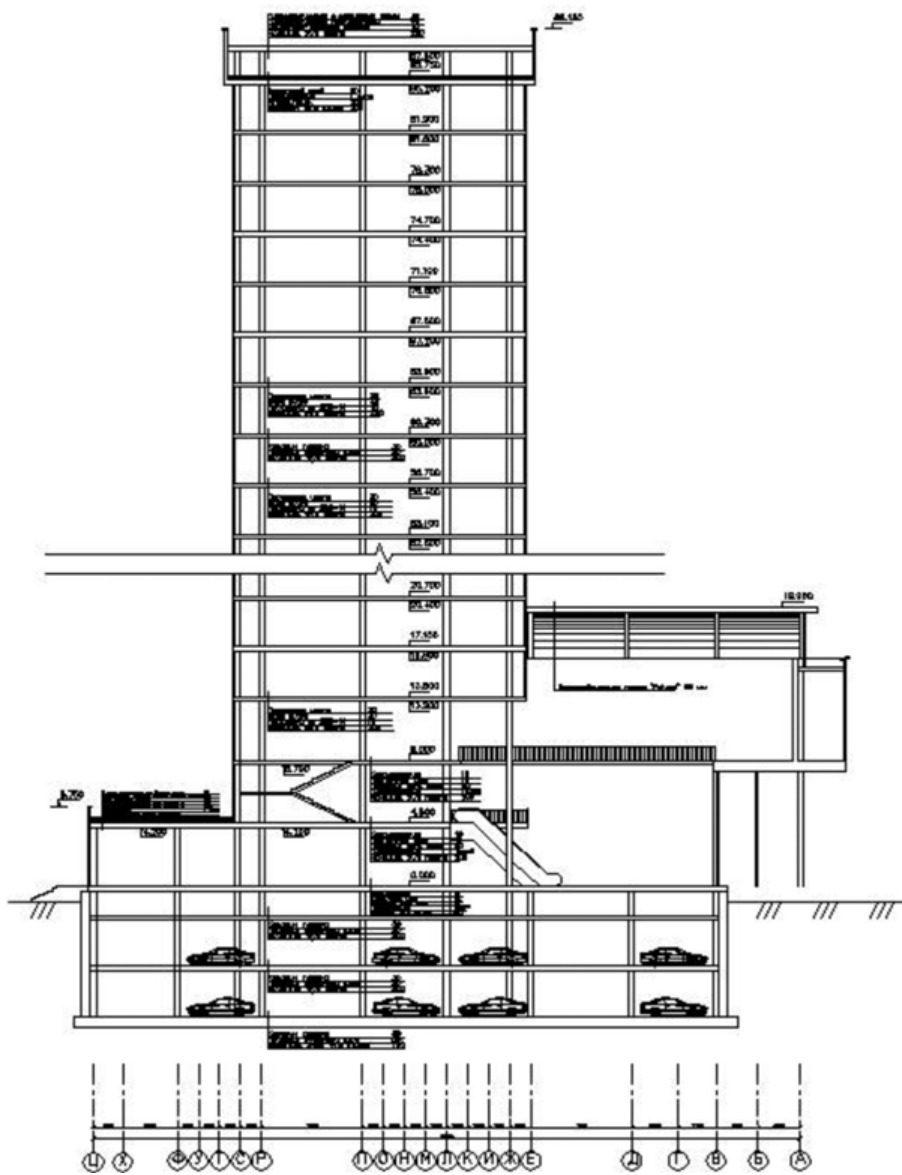


Рис. 4.10. Разрез высотного здания. Вариант размещения автостоянок в пределах подвальных этажей комплекса. Автор: Шабунин П. В.

4.4. ОРГАНИЗАЦИЯ ВЪЕЗДОВ И ВЫЕЗДОВ С УЧЕТОМ РЕЖИМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОСТОЯНОК

По характеру использования автостоянки предназначаются для постоянно-го (с закрепленными за индивидуальными владельцами местами) и кратковременного хранения автомобилей.

Автостоянки постоянного хранения характеризуются ярко выраженными пиками интенсивности въездов и выездов автомобилей в утренние и вечерние часы. В автостоянках кратковременного хранения въезды и выезды относительно равномерно распределены в течение всего дня.

На основе натурных наблюдений в табл. 4.5 приведены ориентировочные показатели режимов содержания автомобилей на стоянках при различном их использовании.

Таблица 4.5

Показатели режимов содержания автомобилей на стоянках

Показатели	Автостоянки			
	постоянного хранения		кратковременного хранения	
	ГСК	под жилыми домами	при офисах	общего назначения
Общее количество выездов автомобилей в час пик, % от общего количества машино-мест	20	35	40	25
То же одновременно въездов	4	—	10	15
Общее количество выездов автомобилей в час пик, % от общего количества машино-мест в стоянке в холодный период года (при отрицательных температурах)	10	30	35	20
То же одновременно въездов	2	—	8	12
Общий разбор автомобилей в наиболее напряженные сутки, % от общего количества мест в стоянке	70	80	150	250

Въезды и выезды из автостоянок должны обеспечиваться хорошим обзором и располагаться так, чтобы все маневры автомобилей осуществлялись без создания помех пешеходам и движению транспорта на прилегающей улице.

В целях улучшения контроля зоны въезда и выезда на территорию автостоянки въезд рекомендуется устраивать рядом с выездом.

Въездная и выездная полосы должны иметь ширину не менее 3 м; на кривых участках ширина полосы увеличивается до 3,5 м.

Количество въездных и выездных полос определяется по пропускной способности контрольного пункта, которая составляет:

при ручном контроле на въезде — до 500 авт./ч;

то же на выезде — до 400 авт./ч;

при автоматическом контроле на въезде — до 450 авт./ч;

то же на выезде — до 360 авт./ч;

при кассовой оплате при выезде — до 200 авт./ч.

Общее количество полос движения на въезде и выезде рекомендуется не менее двух.

Проем ворот для въезда и выезда автомобилей следует принимать с учетом следующих габаритов приближения:

превышение наибольшей ширины автомобиля при проезде перпендикулярно к плоскости ворот — 0,7 м;

то же, при проезде под углом к плоскости ворот — 1,0 м;

превышение наибольшей высоты автомобиля (с учетом возможной установки багажника и сигнально-осветительных устройств) — 0,2 м.

4.5. СТОЯНКИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

4.5.1. Общие требования

Автостоянки могут размещаться ниже и выше уровня земли, состоять из подземной и надземной частей, пристраиваться к зданиям другого назначения или встраиваться в них, в том числе располагаться под или над этими зданиями (в подземных, цокольных или надземных этажах), в том числе под жилыми этажами.

Надземные автостоянки могут быть с наружными стеновыми ограждениями (закрытого типа) и без наружных стеновых ограждений, только с поэтажными парапетами (открытого типа).

Парковка машин может осуществляться:

с участием водителей — по пандусам (рампам) или с использованием грузовых лифтов;

без участия водителей — механизированными устройствами.

На участках автостоянок следует предусматривать места сбора отработанных масел, ветоши, отработанных аккумуляторов и других отходов.

Необходимо предусматривать озеленение участков: до 15...30 % территории, не занятой строениями.

4.5.2. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям

Подземные автостоянки могут проектироваться не более восьми подземных этажей. При определении этажности здания цокольный этаж следует считать надземным этажом.

Высота помещений (расстояние от пола до низа выступающих строительных конструкций или инженерных коммуникаций и подвешенного оборудования) хранения автомобилей и рампы, а также проездов должна быть на 0,2 м больше высоты наиболее высокого автомобиля, но не менее 2 м. Высота проходов на путях эвакуации людей должна быть не менее 2 м. Высота помещений мойки, технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) определяется по ОНТП 01—91 с учетом габаритов автомобилей и оборудования.

Параметры одного машино-места, пандусов (рампы), проездов на автостоянке определяются проектом в зависимости от габаритов автомашин, для которых проектируется автостоянка, и их маневренности, а также с учетом технического оснащения (поворотные круги) и планировочного решения автостоянки в соответствии с нормами технологического проектирования с учетом габаритов приближения, указанных в ОНТП 01—91.

В состав автостоянки, кроме помещений для хранения автомобилей, могут включаться только технические помещения для размещения инженерного оборудования, обслуживающие автостоянку помещения, в том числе для дежурных, хранения противопожарного инвентаря и др., а также помещения мойки автомашин, постов технического обслуживания (ТО), текущего ремонта (ТР) для самообслуживания владельцев автотранспорта.

Указанные помещения, включая помещения объединенных инженерных систем, должны отделяться друг от друга и от помещения хранения автомобилей противопожарными перегородками 1-го типа. Выходы из этих помещений допускаются через помещения хранения автомобилей, выезды из помещений ТО и ТР следует предусматривать помимо зоны хранения автомобилей.

Вместимость автостоянок определяется заданием на проектирование, с оценкой вредных выбросов в атмосферу и внешнего шума, а также с учетом особенностей здания, к которому автостоянка пристраивается или в которое встраивается.

Здания и сооружения автостоянок относятся по пожароопасности к категории В, помещения хранения автомобилей — В1...В4.

Автостоянки на эксплуатируемой кровле должны быть обеспечены эвакуационными выходами. Установка временных укрытий для автомобилей на эксплуатируемой кровле не допускается.

Автостоянки, пристраиваемые к зданиям другого назначения, должны быть отделены от этих зданий противопожарными стенами 1-го типа.

Сооружения автостоянок, встроенных в уникальное здание, должны иметь степень огнестойкости не менее степени огнестойкости всего комплекса и отделяться от помещений этих зданий противопожарными стенами и перекрытиями 1-го типа.

В автостоянках для постоянного хранения автомобилей, имеющих 200 и более машино-мест, необходимо предусматривать мойку автомобилей с очистными сооружениями и оборотной системой водоснабжения согласно СНиП 2.04.03—85 и технологическим нормам.

Количество постов и тип мойки (ручная или автоматическая) принимается проектом из условия организации одного поста на 200 машино-мест и далее один пост на каждые последующие полные и неполные 200 машино-мест и фиксируется в задании на проектирование.

В подземных автостоянках мойку автомобилей, посты ТО и ТР, помещения технического персонала, насосные пожаротушения и водоснабжения, трансформаторные с сухими трансформаторами допускается размещать не ниже первого (верхнего) этажа подземного сооружения. Размещение других технических помещений подземной автостоянки (автоматические насосные станции для откачки воды при тушении пожара и других утечек воды; водомерные узлы, помещения электроснабжения, вентиляционные камеры, тепловые пункты и др.) не ограничивается.

Устройство выездов из помещения хранения автомобилей через помещения ТО и ТР не допускается.

Сообщение помещений автостоянок, оборудованных автоматическим пожаротушением, с помещениями другого назначения (не входящими в комплекс автостоянки) допускается через тамбур-шлюзы с подпором воздуха при пожаре и дренчерными завесами над проемом со стороны автостоянки с автоматическим пуском в соответствии с требованиями НПБ 88—2001.

При необходимости устройства в автостоянках мест разгрузки автомобилей допускается их предусматривать в отдельных помещениях, оборудованных автоматическим спринклерным пожаротушением и изолированных от помещений автостоянки противопожарными перегородками 1-го типа, при этом въезд в указанные помещения при количестве мест разгрузки не более двух допускается осуществлять через помещения автостоянки. Планировочное решение должно исключать возможность складирования в названных местах автостоянки товаров, тары и др.

В зданиях автостоянок закрытого и открытого типа, для хранения автотранспорта в соответствии с СНиП 21-02—99 допускается предусматривать боксы. Устройство боксов в автостоянках подземного типа и обвалованных автостоянках не допускается.

Здания (сооружения) автостоянок с подземной частью, следует проектировать в соответствии с требованиями СНиП 2.06.15—85.

Междуэтажные перекрытия автостоянок с изолированными рампами не должны иметь проемов, щелей через которые возможно проникновение дыма. Зазоры в местах прохода инженерных коммуникаций через междуэтажные перекрытия должны иметь уплотнения, обеспечивающие дымо- и газонепроницаемость и пределы огнестойкости не менее установленных для указанных перекрытий.

Покрытие полов автостоянки должно быть стойким к воздействию нефтепродуктов и рассчитано на сухую (в том числе механизированную) уборку помещений.

Пожарные отсеки должны разделяться между собой противопожарными стенами и перекрытиями 1-го типа с соответствующими противопожарными воротами и дверями.

Двери и ворота в противопожарных стенах (перегородках) и тамбур-шлюзах должны закрываться автоматическими устройствами, сблокированными с пожарной автоматикой, а также вручную. Дымовые пожарные извещатели следует устанавливать с двух сторон от закрываемого проема.

Количество выездов (въездов), эвакуационных выходов с этажей автостоянки, а также их проектирование должно предусматриваться в соответствии с требованиями СНиП 21-02—99 (п. 5.11; 5.14).

В подземных и наземных автостоянках вместимостью до 100 машино-мест допускается вместо рампы предусматривать устройство грузовых лифтов для транспортировки автомобилей. При размещении автостоянок на двух и более этажах необходимо устройство не менее двух грузовых лифтов в шахтах с подпором воздуха при пожаре, ограждающие конструкции которых должны быть с пределами огнестойкости не менее пределов огнестойкости междуэтажных перекрытий. Двери лифтовых шахт должны иметь предел огнестойкости EI 60. Перед поэтажными входами в лифты следует предусматривать дренчерные завесы с автоматическим пуском при пожаре и воздушные завесы

Допускается устройство одного из двух выездов через смежный пожарный отсек при устройстве дренчерной завесы с автоматическим пуском при пожаре над проемом с противопожарными воротами 1-го типа.

Для выхода на рампу или в смежный пожарный отсек вблизи ворот или в воротах следует предусматривать противопожарную дверь (калитку). Высота порога калитки не должна превышать 15 см.

Общие для всех этажей стоянки пандусы (рампы), предназначенные для въезда (выезда), при двух и более этажах автостоянок должны отделяться (быть изолированы) на каждом этаже от помещений для хранения автомобилей, ТО и ТР противопожарными стенами, воротами, тамбур-шлюзами в соответствии с требованиями СНиП 21-02—99. В подземных автостоянках допускается взамен тамбур-шлюзов перед въездом в изолированные рампы с этажей предусматривать устройство противопожарных ворот 1-го типа с воздушной завесой над ними со стороны помещения хранения автомобилей посредством настильных воздушных струй от сопловых аппаратов, скорость истечения воздуха — не менее 10 м/с при начальной толщине струи не менее 0,03 м и ширине струи не менее ширины защищаемого проема.

В наземных автостоянках допускается предусматривать взамен противопожарных ворот в изолированных рампах автоматические устройства (противодымные экраны), выполненные из негорючих материалов с вертикальными направляющими и перекрывающие поэтажно проем рампы при пожаре не менее чем на половину его высоты с автоматической водяной дренчерной завесой в две нитки с расходом воды 1 л/с на метр ширины проема.

При оборудовании автостоянок спринклерной системой пожаротушения по всей площади этажа, включая рампы (пандусы), и защитой проемов, соединяющих этажи (полуэтажи), автоматическими устройствами (противодымными экранами), перекрывающими указанные проемы на этаже (полуэтаже) при пожаре, допускается устройство неизолированных рамп в наземных автостоянках до 6 этажей включительно и до 2 подземных этажей. Устройство общей неизолированной рампы между подземными и наземными этажами не допускается.

Необходимость устройства пешеходной дорожки по рампе определяются проектом. Покрытие рампы и пешеходных дорожек должно исключать скольжение.

Пути движения автомобилей внутри автостоянок должны быть оснащены ориентирующими водителя указателями.

Грузовые лифты для транспортировки автомобилей должны отвечать требованиям Правил устройства и безопасности эксплуатации лифтов. Габариты и грузоподъемность грузовых лифтов определяются заданием на проектирование с учетом типов автомашин и особенностей объемно-планировочного решения автостоянки согласно технологическим требованиям.

Въезд в грузовой лифт (выезд из него) на посадочном этаже автостоянок всех типов необходимо предусматривать непосредственно с улицы, допускается въезд (выезд) из тоннеля, имеющего непосредственную связь с улицей.

Необходимость устройства лифтов для людей в автостоянках всех типов определяется заданием на проектирование и проектом.

Пределы огнестойкости ограждающих конструкций и дверей (ворот) шахт лифтов должны соответствовать требованиям, изложенным в табл. 1 СНиП 21-02—90 и НТБ 250—97.

Лифты автостоянок, кроме имеющих режим «перевозка пожарных подразделений», оборудуются автоматическими устройствами, обеспечивающими их подъем (опускание) при пожаре на основной посадочный этаж, открывание дверей и последующее отключение.

Лестничные клетки и шахты лифтов автостоянок должны быть с подпором воздуха при пожаре:

при двух и более подземных этажах;

если лестничные клетки и лифты связывают подземную и наземную части автостоянки;

если лестничные клетки и лифты связывают подземную автостоянку с наземными этажами здания другого назначения.

Допускается применять вместо незадымляемых лестничных клеток типа Н2 незадымляемые лестничные клетки типа НЗ.

В уникальном здании при размещении под ними автостоянок допускается проектировать общие шахты лифтов, имеющих режим «перевозка пожарных подразделений», при условии выполнения на этажах автостоянки двойного шлюзования с подпором воздуха в оба шлюза (в 1-й, примыкающий к шахте

лифта, тамбур-шлюз — из расчета закрытой двери, во 2-й — из расчета открытой двери) и устройства дренчерной завесы.

Из расположенной под зданием автостоянки допускается предусматривать до вестибюля на первом этаже устройство лифта без его продолжения на вышележащие этажи и без выхода в технические этажи, при этом лестничная клетка, кроме выхода в вестибюль должна иметь выход непосредственно наружу.

В подземных автостоянках с 3 этажами и более и в наземных автостоянках с 5 этажами и более следует предусматривать на каждый пожарный отсек не менее одного лифта, имеющего режим работы «перевозка пожарных подразделений» согласно НПБ 250—97.

В соответствии со СНиП 35-01—2001 в автостоянках необходимо предусматривать мероприятия по их доступности для маломобильных граждан.

Двери лестничных клеток в автостоянках должны быть противопожарными с пределом огнестойкости не менее EI 30.

5. ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Подземные сооружения гражданского и промышленного назначения, а также инженерные сооружения классифицируются как подземные отдельно расположенные (подземные комплексы различного назначения, пешеходные и транспортные коммуникации, коллекторы, емкости и т. п.) и составляющие подземную часть зданий и сооружений (основания, фундаменты, подземные этажи и т. д.). При их возведении используются не применяемые в надземном строительстве организационные решения и технологические схемы, специальная техника и оборудование.

Заглубленные подземные сооружения подвержены воздействию давления грунта, причем оно различно как по величине, так и по направлению на разные конструктивные элементы подземной части. На особенности производства строительных работ оказывают влияние рельеф местности, инженерно-геологические и гидрогеологические условия площадки строительства и метеорологические условия. Зимой приходится иметь дело с мерзлыми грунтами, а в теплый период года — с водонасыщением и разжижением грунтов атмосферными и талыми водами. Поэтому при возведении подземных сооружений необходимо обеспечивать устойчивость грунтовых стен.

На выбор технологии производства работ, трудоемкость и стоимость земляных и буровых работ значительное влияние оказывают влажность, плотность, прочность, разрыхляемость, и другие свойства грунтов. Влажность грунта оказывает значительное влияние на способ разработки грунта и на способность грунтов к уплотнению. Грунты влажностью до 5 % считаются сухими (или маловлажными), свыше 30 % — мокрыми, а 5...30 % — нормальной влажности. Разрыхленный грунт, уложенный в земляное сооружение, как правило, уплотняется. Однако такой грунт не занимает первоначального объема, который он имел до разработки, и сохраняет некоторое разрыхление, характеризующее коэффициент остаточного разрыхления K_{op} , значение которого для песчаных грунтов находится в пределах 1,01...1,025, суглинистых —

1,015...1,05, глинистых — 1,04...1,09. При устройстве различного рода выемок и насыпей также важно знать допустимую крутизну откосов, которая связана с понятием угла естественного откоса. Грунты классифицируют по трудности разработки в зависимости от типа применяемой машины. В ЕНиР «Земляные работы» в табл. 1 и 2 дана классификация грунтов по трудности их разработки в зависимости от видов землеройных машин и свойств грунта.

5.2. ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ

5.2.1. Уплотнение оснований

С целью повышения прочности оснований и снижения деформации зданий и сооружений применяют различные способы уплотнения и закрепления грунтов оснований. Обычно уплотнению подлежат макропористые грунты: лессовые просадочные, рыхлые песчаные, слабые глинистые и некоторые другие виды грунтов. Различают поверхностное и глубинное уплотнение оснований.

При недостаточной несущей способности грунтов выполняются следующие мероприятия по обеспечению заданных параметров грунтового основания: усиление существующего основания без выемки грунта; выемка слабого грунта до заданной отметки и замена (укладка) его привозным грунтом с проектными параметрами.

При использовании первой группы технологий повышение несущей способности естественных оснований достигается поверхностным или глубинным уплотнением, предварительным замачиванием, укреплением жидкими реагентами, а при использовании второй группы технологий — устройством грунтовых подушек. *Глубинное уплотнение* чаще всего выполняют грунтовыми сваями.

Качество уплотнения грунта обуславливается его гранулометрическим составом, исходной влажностью, видом и техническими характеристиками грунтоуплотняющих машин. Уплотняемость грунтов различного гранулометрического состава в значительной степени зависит также от характера внешнего воздействия, оказываемого на него уплотняющим средством. Основными способами уплотнения грунта являются укатка и трамбование.

В каждом конкретном случае способ уплотнения грунта и тип грунтоуплотняющей машины выбирают на основании технико-экономического сравнения вариантов с учетом свойств уплотняемого грунта, требуемой плотности при определенном количестве проходок или ударов грунтоуплотняющих машин, объема, сроков и условий производства работ.

Уплотнение грунтов укаткой выполняют при планировочных работах, возведении различных насыпей, обратных засыпках траншей и пазух фундаментов. Уплотнение следует вести от краев насыпи к середине.

По принципу действия дорожные катки делятся на статические и вибрационные.

Статический дорожный каток уплотняет грунт под действием силы тяжести при перекатывании рабочего органа по грунту. Необходимую плотность грунта нельзя получить однократным приложением уплотняющей нагрузки. Обычно число проходов катков по одному месту составляет 6...8. Укаткой можно уплотнять грунты только на небольшую глубину, поэтому этот метод в основном применяется при послойном возведении грунтовых подушек, планировочных насыпей, земляных сооружений, подсыпке под полы. Уплотнение достигается многократной проходкой уплотняющих механизмов.

Грунт уплотняют путем последовательных круговых проходов катка по всей площади насыпи, причем каждая проходка должна перекрывать предыдущую на 0,2...0,3 м. Закончив укатку всей площади за один раз, приступают ко второй проходке.

За *уплотненную зону* принимают толщу грунта, в пределах которой плотность скелета грунта не ниже заданного в проекте. Уплотнение оптимальной толщины уплотняемого слоя грунта и числа проходов используемых механизмов производится на основании опытных работ и указывается в проекте производства работ.

Вибрационный дорожный каток уплотняет грунт за счет силы тяжести и периодических колебаний одного или нескольких рабочих органов. Для создания вибрации в валец встраивают, дебалансный вибровозбудитель колебаний, приводимый в действие от трансмиссии катка. Использование вибрации позволяет снижать в 1,5...3 раза число проходов катка по одному следу, увеличивать толщину уплотняемого слоя (в некоторых случаях до 1,5 м и более), а также уплотнять крупнообломочные материалы.

По способу передвижения катки подразделяют на прицепные, полуприцепные и самоходные. В прицепном катке его масса полностью передается на уплотняемый материал, а в полуприцепном часть его массы передается на тягач через сцепное устройство. С такими катками применяют пневмоколесные тягачи и тракторы. Самоходные катки включают в себя двигатель, силовую передачу и движитель.

По виду рабочего органа различают катки с гладкими вальцами, кулачковые, с виброплитами, решетчатые, пневмоколесные и комбинированные.

Наибольшее распространение получило уплотнение грунта катками с гладкими и кулачковыми вальцами ([рис. 5.1](#)).

Трамбование грунтов может осуществляться либо посредством приложения на грунт ударной нагрузки, путем сбрасывания с высоты тяжелой трамбовки, либо вибрированием.

В результате трамбования посредством приложения на грунт ударной нагрузки под основанием и вокруг него образуется уплотненная зона, в пределах которой ликвидируются просадочные свойства грунта, повышаются его плотность и прочностные характеристики. Данный способ применяется для уплотнения главным образом связных грунтов, обладающих явно выражен-

ной пластической деформативностью. Трамбовочными плитами массой 2...7 т, подвешенными к кранам или экскаваторам, уплотняют песчаные и глинистые грунты при толщине отсыпаемого слоя 0,4...1 м и количестве ударов от 1 до 5. Недостатком этого способа является повышенная изнашиваемость крана или экскаватора.



a



b

Рис. 5.1. Уплотнение грунта катками: *a* — гладкими; *b* — кулачковыми

Вибрирование используется для уплотнения песчаных грунтов, в которых отсутствуют или ничтожно малы силы сцепления. Колебания минеральных частиц, вызванные виброустановками, обеспечивают наиболее плотную их укладку. На качество уплотнения оказывает существенное влияние не только гранулометрический состав грунта, но и характеристики виброуплотнителей, такие как частота и амплитуда колебания, площадь опорной части, масса. Толщина слоя, уплотняемого современными вибрационными машинами, составляет 30...50 см.

В зависимости от формы трамбовки (штампа) получают выемки различной конфигурации: квадратные, прямоугольные, шестиугольные или круглые. Высота трамбовки составляет 1...3,5 м. Масса трамбовки находится в пределах 2...10 т. На эффективность вытрамбовывания влияет ряд факторов, к которым относят параметры трамбования (массу трамбовки t , высоту сбрасывания H , энергию удара $\mathcal{E} = tH$) и грунтовые условия (вид, плотность и влажность фунта). Для вытрамбовывания используют краны-экскаваторы, автокраны, тракторы, с навесными виброплитами ([рис. 5.2](#)), катки с прицепными виброплитами.

Грунтовые катки с прицепными виброплитами применяются для уплотнения грунтов, верхний слой которых до глубины 30 см плохо поддается уплотнению стандартными машинами. Типичными представителями таких грунтов являются песок, гравий, а также щебень. Новые катки с виброплитами имеют значительно измененную конструкцию. С целью достижения максимальной ровности и уменьшения следов на поверхности грунта теперь используются две виброплиты. Кроме того, плиты допускают возможность бокового смещения вправо и влево относительно катка ([рис. 5.3](#)).



a



б

Рис. 5.2. Виброплиты: *a* — трамбовочная навесная шестигранная; *б* — трамбовочная навесная четырехгранная



Рис. 5.3. Грунтовый каток с прицепной виброплитой

В последние годы в практику строительства входят средства малой механизации, предназначенные для утрамбовывания грунта, мелкого гравия, выполнения работ, связанных с ремонтом и содержанием дорог, строительством пешеходных дорожек, тротуаров, игровых и спортивных площадок, теннисных кортов, применяются при ландшафтном планировании. Они используются там, где существуют жесткие требования к мобильности, маневренности и простоте обслуживания. Для трамбования грунтов чаще всего используются ручные машины: виброплиты и вибротрамбовки (рис. 5.4).



a



б

Рис. 5.4. Средства малой механизации: *a* — виброплита с поступательным движением; *б* — вибротрамбовка

5.2.2. Закрепление грунтов оснований

К технологиям закрепления грунтовых оснований жидкими реагентами относятся физико-химическая, химическая и термическая. Применение того или иного способа повышения прочности основания зависит от инженерно-геологических условий, конструкций здания и его фундамента, причин, вызывающих усиление, и других местных условий.

К наиболее распространенным способам закрепления грунтов оснований жидкими реагентами можно отнести: цементацию, струйную цементацию с использованием грунтоцементных материалов и силикатизацию.

Цементация грунта заключается в нагнетании в грунт через инъекторы цементного или цементно-песчаного раствора, который обеспечивает в закрепляемом основании создание отдельных столбов или массивов из сцементированного грунта (рис. 5.5). Цементацию обычно применяют для закрепления песчаных и крупнообломочных грунтов, а также трещиноватых скальных пород.

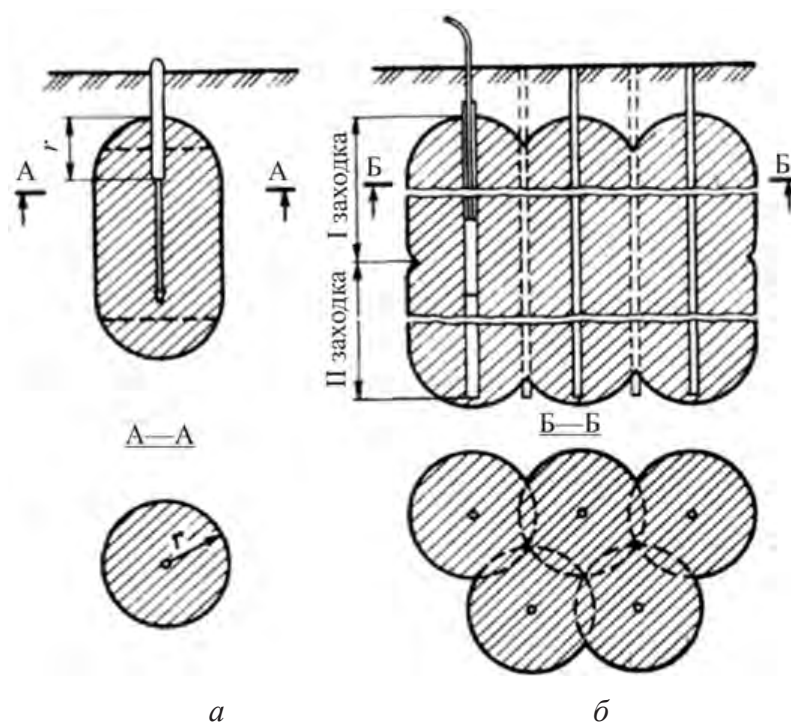


Рис. 5.5. Схема расположения инъекторов в массиве закрепляемого грунта: а — при одиночной инъекции; б — при закреплении на глубину двух заходок

Технология струйной цементации закрепления грунтов заключается в использовании энергии струи цементного раствора который вводится под высоким давлением (порядка 400 бар); в таких условиях скорость инжектируемого раствора составляет 200...300 м/с. Таким образом разрушается естественная структура грунта и создается смесь грунта и инжектируемого компонента. В результате возникает однородный объемный структурный элемент с заранее заданными характеристиками, так называемый грунтоцементный массив, обладающий высокими прочностными и деформационными характеристиками.

По сравнению с традиционными технологиями инъекционного закрепления грунтов струйная цементация позволяет укреплять практически весь диапазон грунтов — от гравийных отложений до мелкодисперсных глин и илов.

Другим важным преимуществом технологии является чрезвычайно высокая предсказуемость результатов укрепления грунтов. Это дает возможность достаточно точно рассчитать геометрические и прочностные характеристики создаваемой подземной конструкции.

Струйная цементация может применяться в следующих случаях:

устройство одиночных свайных фундаментов;

устройство ленточных фундаментов и сплошных фундаментных плит из взаимно пересекающихся грунтоцементных свай;

сооружение подпорных стен для повышения устойчивости склонов и откосов;

закрепление слабых и обводненных грунтов вокруг строящихся подземных городских сооружений — колодцев, коллекторов, тоннелей;

сооружение противодиффузионных завес.

К преимуществам данной технологии можно отнести:

высокую скорость сооружения грунтоцементных свай;

возможность работы в стесненных условиях — в подвальных помещениях, вблизи существующих зданий, на откосах и т. д. (в этом случае на объекте устанавливается только малогабаритная буровая установка, а весь инъекционный комплекс располагается на более удобной удаленной площадке);

отсутствие ударных нагрузок, так как в отличие от забивания железобетонных свай устройство грунтоцементных свай не сопровождается негативным ударным воздействием на фундаменты близко расположенных зданий и сооружений.

Устройство свай из грунтобетона выполняют в два этапа — в процессе прямого и обратного хода буровой колонны ([рис. 5.6](#)). Во время прямого хода производят бурение лидерной скважины до проектной отметки. Буровой раствор поступает через открытый прямой клапан в буровой наконечник для удаления шлама в процессе бурения.

В процессе обратного хода в сопла монитора, расположенного на нижнем конце буровой колонны, подают под высоким давлением цементный раствор и начинают подъем колонны с одновременным ее вращением.

Так как разрушение и замешивание грунта требует высоких значений кинетической энергии струи раствора, для реализации схемы струйной цементации необходимо применение мощного высоконапорного цементирующего насоса. Практика показала, что давление нагнетания должно составлять 400...700 атм., а мощность двигателя должна быть не ниже 350 л/с. ([рис. 5.7, а](#)).

Другой важной частью технологического оборудования является монитор, оснащенный соплами ([рис. 5.7, б](#)). Назначение сопел — преобразование высоко-

го давления раствора, развиваемого цементировочным насосом, в кинетическую энергию струи. В связи с высокими абразивными свойствами цементного раствора сопла изготавливаются из специального металлокерамического состава.

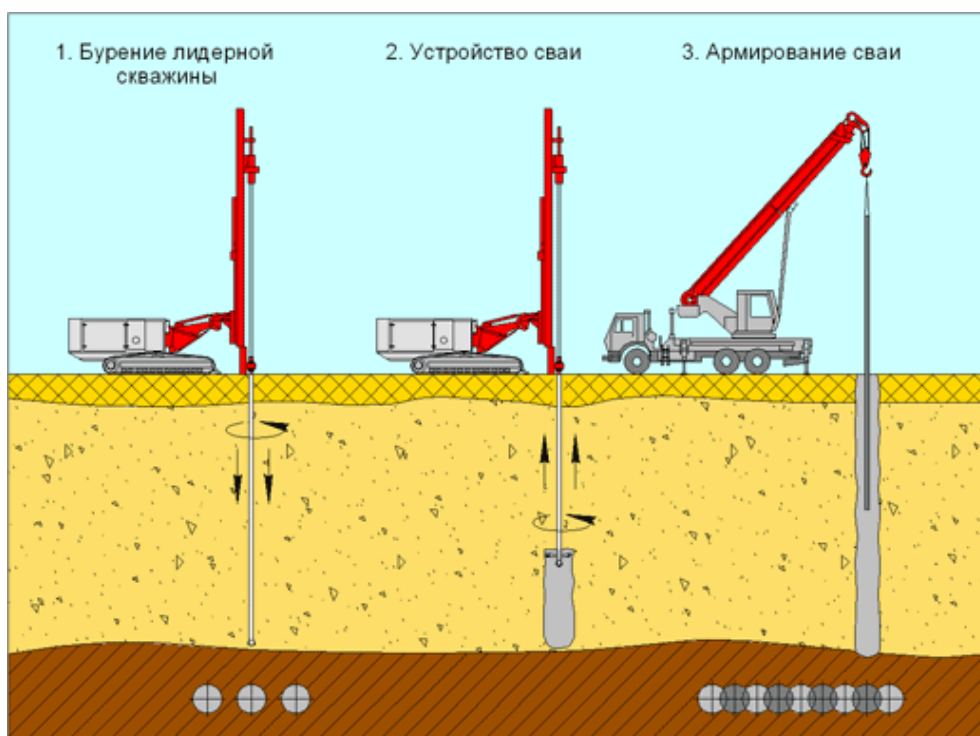


Рис. 5.6. Схема устройства грунтоцементных свай



а



б

Рис. 5.7. Технологическое оборудование для устройства грунтоцементных свай способом струйной цементации (Jet-grouting): а — буровая установка; б — монитор, оснащенный соплами

Метод силикатизации грунта заключается в добавлении в состав грунта жидкого стекла или его растворов. Его нагнетают по заранее проложенным трубам, которые затем извлекают ([рис. 5.8](#)). В результате такой подготовки грунт камнеет.

Основным материалом для силикатизации является жидкое стекло, т. е. коллоидный раствор силиката натрия. Жидкое стекло быстро смешивается с водой в любых соотношениях. В результате разбавления вязкость жидкого стекла сильно снижается, а проницаемость возрастает. В зависимости от физико-механического состояния грунтов применяется одно- и двухрастворная силикатизация грунтов.



Рис. 5.8. Буровая установка для силикатизации грунта

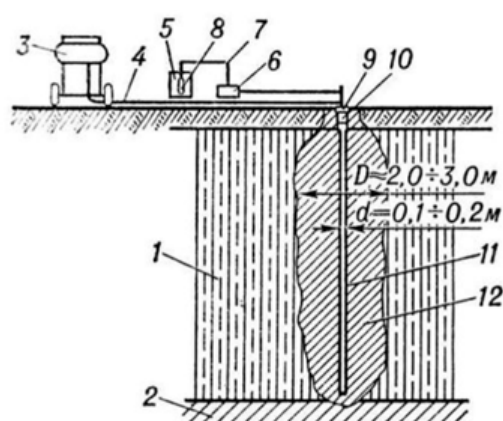
Однорастворный способ силикатизации применяется для закрепления песчаных грунтов с коэффициентом фильтрации 0,5...5 м/сут. Заключается способ в том, что в грунт через иньекторы вводят силиказоль в виде слабовязкой жидкости с замедленным временем гелеобразования. Вода, заполняющая поры грунта, вытесняется и замещается золем, который по истечении определенного времени превращается в гель. Гель закупоривает поры грунта, в результате чего грунт становится водонепроницаемым и приобретает механическую прочность 0,2...1,0 МПа и более.

Двухрастворный способ силикатизации применяется для закрепления песчаных грунтов с коэффициентом фильтрации 5...80 м/сут. и заключается в поочередном нагнетании в грунт двух растворов: силиката натрия (крепитель) и хлористого кальция (отвердитель). В результате химической реакции между этими растворами образуется гель кремниевой кислоты, придающий грунту в короткие сроки высокую прочность (до 2...6 МПа) и водонепроницаемость.

Термическое закрепление грунтов применяют для ликвидации просадочных и пучинистых свойств оснований укрепления откосов насыпей и выемок и устройства фундаментов из обожженного грунта, используя различные виды топлива: природный газ, соляровое масло или твердое топливо. Оно реализуется в результате обжига раскаленными газами, нагнетаемыми через скважину в поры грунта. Газы образуются при сжигании жидкого или газообразного топлива, подаваемого в толщу грунта вместе с воздухом через жаропрочные тру-

бы диаметром 10...15 см в заранее пробуренную скважину на глубину до 15 м (рис. 5.9). Основными составными частями нагревательной установки являются генератор сжатого воздуха и форсунка. Форсунка для сжигания топлива размещается в верхней части скважины в бетонном оголовке. К этой форсунке по самостоятельным шлангам подается топливо и сжатый воздух. Топливо может применяться жидкое (нефть, мазут, соляровое масло) или газообразное (природный или генераторный газ). Сжатый воздух подается под избыточным давлением, превышающим на 0,15...0,5 атм (15...50 кПа) давление в трубопроводе с топливом, благодаря чему, избыточное давление позволяет отрывать пламя от форсунки и распространять его на всю глубину скважины. В процессе обжига в скважине поддерживается температура 600...1100 °С. За счет такой высокой температуры происходит процесс расплавления и последующего спекания грунта. Обжиг может продолжаться 5...10 сут., в результате образуется керамическая свая диаметром 2...3 м. Расход топлива за весь период обжига составляет до 100 кг/пог. м скважины. Прочность грунта в среднем 1,0...1,2 МПа, но может доходить до 10 МПа.

Рис. 5.9. Схема установки для термического закрепления просадочных лессовых грунтов сжиганием топлива непосредственно в скважине: 1 — просадочный грунт; 2 — непросадочный грунт; 3 — компрессор; 4 — трубопровод для холодного воздуха; 5 — емкость для жидкого горючего; 6 — насос для подачи горючего в скважину; 7 — трубопровод для горючего; 8 — фильтр; 9 — форсунка; 10 — затвор с камерой сгорания; 11 — скважина; 12 — зона термического закрепления грунта



Обжиг скважин начинается с разогрева ее верхнего участка, что необходимо для создания фронта воспламенения топлива. После этого постепенно увеличивается расход газа и воздуха до расчетных значений, создавая рабочий режим: давление 0,01...0,03 МПа, температуру 800...1000 °С. У лессовых просадочных грунтов, подвергнутых термическому воздействию, полностью ликвидируются просадочные свойства и размокаемость, во много раз повышаются сцепление и сопротивление сдвигу.

5.3. СТРОИТЕЛЬСТВО ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ОТКРЫТЫХ ВЫЕМКАХ

Строительство подземных сооружений открытым способом может осуществляться как в котлованах без крепления, боковые стенки которых сформированы под углом естественного откоса грунта ([рис. 5.10, а](#)), так и в котлованах с креплением боковых стенок ограждающими конструкциями ([рис. 5.10, б](#)).



Рис. 5.10. Открытый котлован: *а* — без крепления боковых стенок;
б — с креплением боковых стенок

При устройстве подземных сооружений, а также при возведении зданий в комплекс земляных работ может входить:

- разработка грунта;
- погрузка разработанного грунта на транспортные средства;
- зачистка оснований до проектной отметки;
- обратная засыпка пазух котлована;
- уплотнение грунта.

Все объемы земляных масс подсчитываются по геометрическим размерам в плотном теле грунта. В сложном комплексе земляных работ, состоящем из ряда отдельных процессов, следует выделять основные и дополнительные работы. Основные работы характеризуются большим удельным весом по объему и трудоемкости, от их способа производства зависит состав дополнительных работ. До начала подсчета объемов земляных работ необходимо наметить способы производства работ и выявить перечень основных и дополнительных видов этих работ.

Возведение жилых и многоэтажных зданий производится на полностью подготовленной в инженерном отношении строительной площадке. На площадке должны быть разбиты и закреплены главные оси здания и закреплена известная высотная отметка (репер). На основании этого выполняются:

- устройство обноски и вынос на нее осей здания;
- вынесение проектных отметок основных элементов здания и нулевых горизонтов.

Разбивку здания на местности осуществляют по рабочим чертежам.

Для разработки грунта в котлованах с откосами и вертикальными стенками при строительстве гражданских и промышленных зданий и сооружений применяют одноковшовые экскаваторы с прямой и обратной лопатой ([рис. 5.11](#)).

Основными рабочими параметрами одноковшовых экскаваторов являются максимально возможная глубина копания (резания) $-H$, высота копания $+H$, наибольший и наименьший радиусы копания на уровне стоянки экскаватора R_{\max} и R_{\min} , радиус выгрузки $R_{\text{в}}$, высота выгрузки $H_{\text{в}}$ ([рис. 5.12](#)).

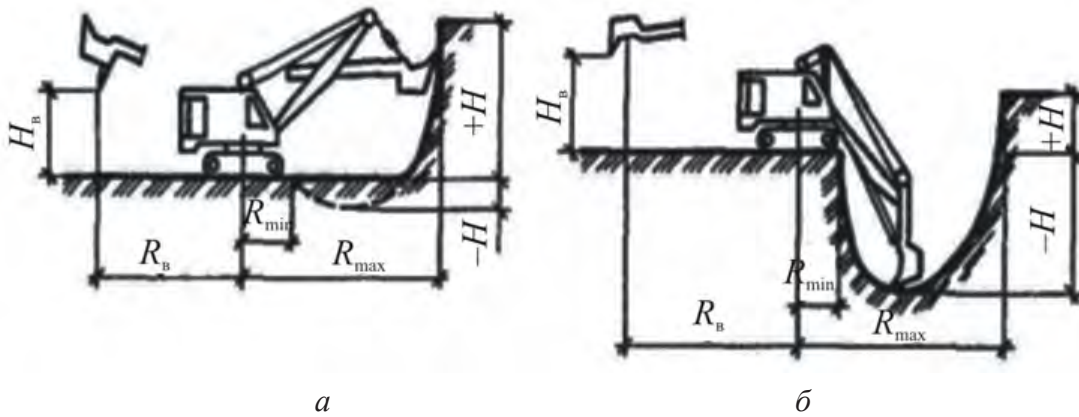


a



б

Рис 5.11. Экскаваторы: *a* — с прямой лопатой с канатным и гидравлическим приводом; *б* — то же с обратной лопатой



a

б

Рис. 5.12. Схема рабочих параметров одноковшового экскаватора и профили забоев: *a* — прямая лопата; *б* — обратная лопата: $-H$ — глубина копания; $+H$ — высота копания; R_{\max} , R_{\min} — наибольший и наименьший радиусы копания; $R_{\text{в}}$ — радиус выгрузки; $H_{\text{в}}$ — высота выгрузки

Зону, в которой действует экскаватор называют забоем. В нее входят площадка, на которой находится экскаватор, часть массива грунта, разрабатываемого с одной стоянки, и площадка, на которой устанавливается транспорт под погрузку или размещается отвал грунта.

Экскаватор с прямой лопатой используют для разработки грунтов, расположенных выше уровня стоянки экскаватора. Процесс выемки грунта осуществляется лобовыми, перемещением экскаватора по зигзагу и боковым забоями. Выемки, глубина которых превышает максимальную высоту забоя для данного типа экскаватора, разрабатывают в несколько ярусов.

Экскаватор с обратной лопатой используют при разработке грунтов, которые находятся ниже уровня стоянки экскаватора, и преимущественно при рытье небольших котлованов и траншей. Поярусная разработка выемки при этом виде оборудования, как правило, не практикуется.

Устройство котлованов с откосами является наиболее простым и, как правило, экономичным решением, однако применение этого способа встречает

множество ограничений, особенно в условиях стесненной городской застройки. Ограничением в первую очередь является требуемая глубина котлована. При увеличении глубины заложения следует делать более пологие откосы, занимаемая площадь и объемы вынутого из котлована грунта существенно возрастают, что делает этот способ нецелесообразным или невозможным в силу ограниченности площадки. Существенно осложняют работу подземные воды, так как становится необходимым использование строительного водопонижения. Поэтому котлованы с откосами обычно устраиваются в условиях отсутствия застройки и при глубоком залегании уровня подземных вод.

5.4. ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ КОТЛОВАНОВ

При устройстве выемок (котлованов, траншей, скважин) вертикальная грунтовая стенка земляного сооружения за счет слабой структуры материала (грунта) имеет тенденцию к обрушению под действием собственного веса. Для предотвращения этого явления выполняют крепление стенки или устройство грунтового откоса под углом к вертикали.

Ограждающие конструкции котлованов обеспечивают не только устойчивость грунтовой стенки, а также уменьшают объем разработки грунта; предотвращают негативное воздействие строительства на соседние объекты и поступление грунтовых вод в котлован.

Крепление стенок траншей и котлованов осуществляется обычно в процессе его возведения. При этом используются инвентарные деревянные или металлические щиты и крепежные изделия. Для этой цели могут быть использованы тонкостенные подпорные стенки (рис. 5.13, *а*), устройство защитных покрытий из плит и других материалов (рис. 5.13, *б*), удерживающие свайные конструкции (рис. 5.12, *в*), свайные шпонки (рис. 5.13, *г*), анкерные устройства (рис. 5.13, *д*, *е*), а также поверхностное (рис. 5.13, *ж*) или глубинное укрепление ([рис. 5.13, з](#)).

При разработке котлованов в водонасыщенных грунтах или в стесненных условиях, боковые стенки выполняют вертикальными. Вертикальные стенки закрепляют специальными *временными креплениями* ([рис. 5.14](#)).

Подкосное крепление стен (рис. 5.14, *а*) применяют в широких котлованах, когда невозможно применить другие типы крепления. Подкосы устанавливают внутри котлована при небольшой глубине в один ряд, а при большой глубине в два и более рядов. Недостатком такого крепления является то, что подкосы затрудняют производство последующих работ в котловане. При подкосном креплении ограждение выполняется в виде забирки из досок толщиной 50 мм с просветами на ширину доски. Данный вид крепления используется при связных, маловлажных грунтах и глубине котлована до 3 м. При большой глубине котлованов, а также независимо от глубины котлована в сыпучих грунтах и грунтах повышенной влажности забирку выполняют сплошной.

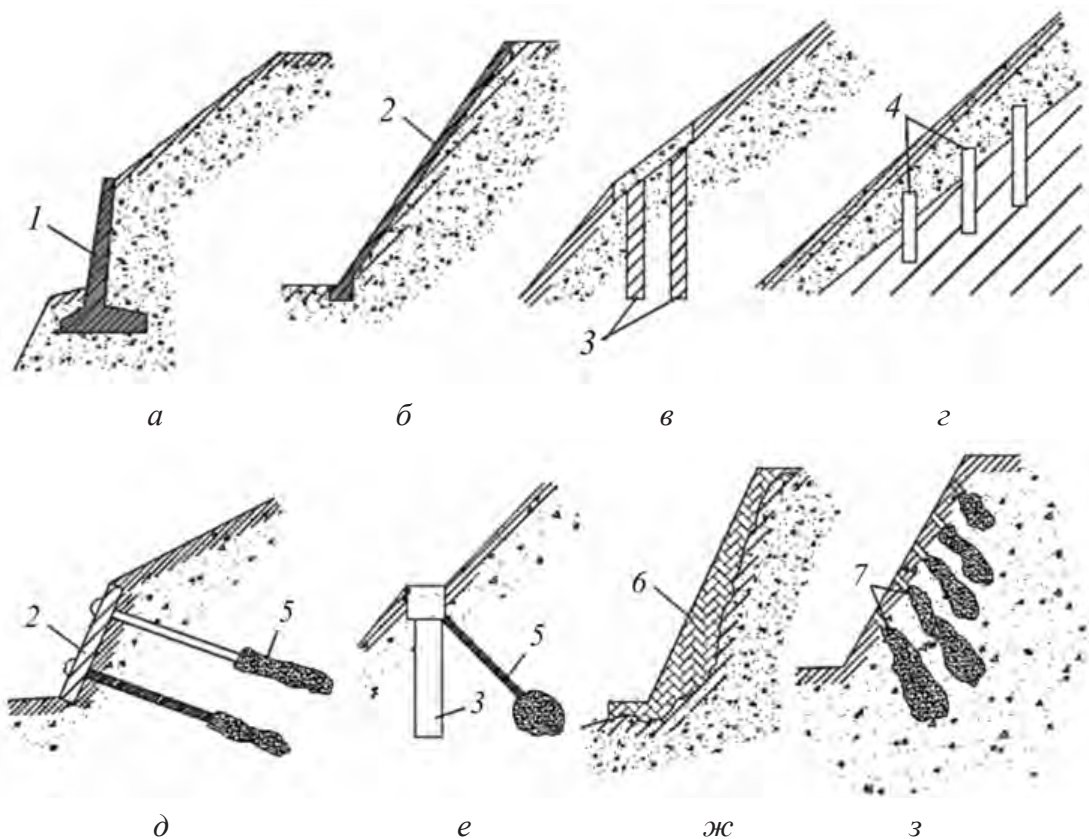


Рис. 5.13. Укрепление откосов выемок: *а* — тонкостенными подпорными стенками; *б* — защитными покрытиями из плит; *в* — удерживающие свайные конструкции; *г* — свайные шпонки; *д* — анкерные устройства; *е* — свайно-анкерная конструкция; *ж* — поверхностное закрепление; *з* — глубинное закрепление: *1* — подпорная стенка; *2* — плита; *3* — сваи; *4* — шпонка; *5* — анкер; *6* — поверхностное закрепление; *7* — глубинное закрепление

В тех случаях, когда котлованы имеют большую ширину, а также когда крепления препятствуют выполнению работ, применяют *анкерные крепления* (рис. 5.14, б, в). Анкерное крепление состоит из тяг, стоек, свай (опор) и забирки. Анкерные сваи (опоры) располагают за пределами призмы обрушения. Чтобы анкерные тяги не мешали передвижению людей, их располагают ниже поверхности земли в траншеи. Тяги выполняют из металла или в виде деревянных схваток. Такое крепление устраивают в процессе разработки грунта или после устройства выемки в зависимости от устойчивости грунта.

Распорные крепления применяются при ширине котлована до 15 м (рис. 5.14, г, д) и состоят из распорок, стоек, щитов или шпунтов. Распорки устанавливают в один или несколько рядов по высоте, что зависит от глубины выработки. Забирки распорных креплений бывают горизонтальными — сплошными и с просветами, а также вертикальными. Распорные крепления могут выполнять из дерева и металла. В качестве ограждающих элементов используют инвентарные щиты. При глубине котлована более 3,5 м вместо щитов может устраиваться деревянная шпунтовая стенка, которая заглубляется в грунт на 0,5...0,7 м.

Недостатком распорного крепления является то, что распорки затрудняют производство последующих работ в выемке.

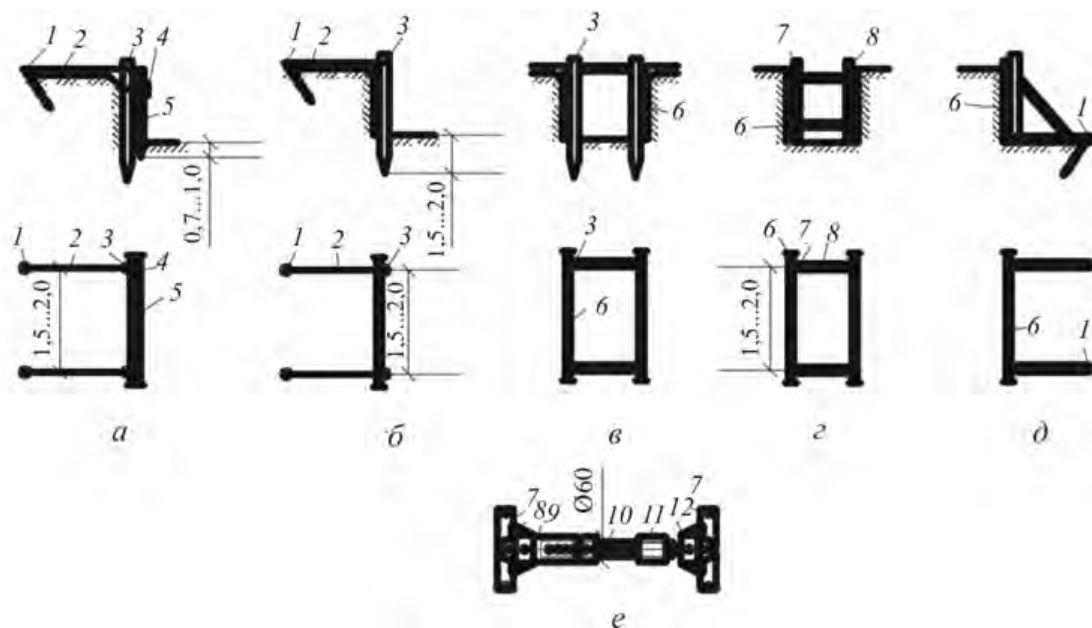


Рис. 5.14. Схемы временного крепления вертикальных стенок выемок (размеры в м):
 а — шпунтовое ограждение; б — консольное; в — консольно-распорное; г — распорное (горизонтально-рамное); д — подкосное; е — инвентарная трубчатая распорная рама: 1 — анкерная свая; 2 — оттяжка; 3 — маячная свая (опорная стойка); 4 — направляющая; 5 — шпунтовое ограждение; 6 — щиты (доски); 7 — стойка распорной рамы; 8 — распорка; 9 — наружная труба; 10 — внутренняя труба; 11 — поворотная муфта; 12 — опорная часть распорки

Ограждение котлованов, представляющее собой вертикальную стенку по периметру котлована из свай, труб, шпунтов, металлопроката, погружаемых в грунт, как правило, имеет дополнительные элементы: заборки, пояса жесткости и распорную балочную систему. Наиболее эффективны *инвентарные распорные рамы из трубчатых стоек и распорок* (см. рис. 5.14, е). Металлические трубчатые стойки по высоте имеют отверстия для крепления распорок. Распорки телескопического типа состоят из наружной и внутренней труб, поворотной муфты и опорных частей. Полное прижатие щитов к стенкам выемки осуществляют поворотом муфты с винтовой нарезкой.

Устройство распределительно-распорной системы — это неотъемлемая часть шпунтового ограждения, которая связывает в единую конструкцию все элементы этого ограждения. Данные работы выполняются комплексной бригадой сварщиков при помощи крана и экскаватора и проводятся параллельно с поэтапной разработкой котлована.

Обычно распределительная система, или как ее еще называют — обвязочная, выполняется либо из металлических балок, либо из швеллера. Крепление распределительной системы предшествует монтажу распорок и располагается не глубже 2 метров от поверхности котлована, исключение составляет распределительная система с анкерным креплением, когда ее отметка может достигать до половины глубины котлована. Обвязка монтируется на вспомогательные конструкции и необходима для того, чтобы перераспределить нагрузку с отдельной шпунтовой сваи на близлежащие. При устройстве глубоких котлованов распределительных поясов может быть несколько ([рис. 5.15, а](#)).



Рис. 5.15. Крепление распределительных поясов ограждающей конструкции котлована:
а — трехъярусное горизонтально-рамное; *б* — наклонно-подкосное

Распорная система монтируется с упором в распределительный пояс. Проектное решение распорной конструкции должно учитывать все действующие на шпунтовой ряд нагрузки и физико-механические свойства грунтов. В большинстве случаев материалом для распорки служит труба. Распорная система может быть смонтирована в одной горизонтальной плоскости на одной отметке, распирая противоположные стороны котлована, а также с использованием наклонных подкосов, с упором в фундаментную плиту (см. рис. 5.15, *б*). Если фундаментная плита отсутствует, например, при строительстве подпорных стен, то существует еще несколько решений, одно из которых — монтаж упоров в сваи. Еще один вариант распорной системы — конструкция, работающая на растяжку, по аналогии с анкерной системой, когда отдельно стоящие шпунтовые сваи связываются с основным шпунтовым рядом. Распорки, как правило, устанавливаются с шагом 5...6 метров и общее их количество редко бывает меньше 4 штук (расположенных в углах котлована).

Распорная и распределительная системы являются временной конструкцией, поэтому после производства обратной засыпки они в большинстве случаев подлежат демонтажу — это снижает затраты на материал, так как его можно использовать повторно.

5.5. СТРОИТЕЛЬСТВО ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

5.5.1. Общие положения

В стесненных условиях в подавляющем большинстве случаев котлованы проектируются с использованием ограждающих конструкций, которые обеспечивают устойчивость грунтовой стенки.

Строительство подземных сооружений в условиях города, когда строительная площадка стеснена и ограничена зданиями и сооружениями, подземными

коммуникациями, дорогами и объектами благоустройства, должно выполняться не только с учетом требований строительных норм и правил к надежности строящихся объектов, но также требований минимизации влияния на существующие строения и геологическую среду.

Большинство подземных и заглубленных компактных в плане городских объектов гражданского назначения, а также линейных сооружений малых глубин заложения устраивается открытым или полузакрытым способом в котлованах.

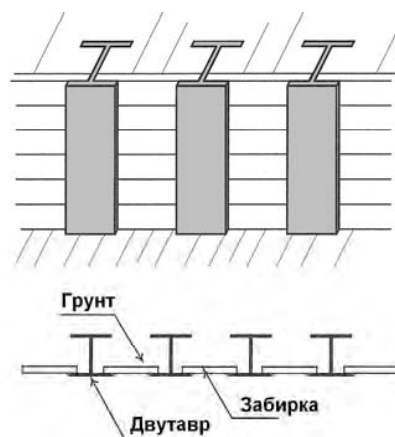
Процесс погружения труб, прокатных профилей, свай из шпунта или железобетона и устройство ограждения подземного сооружения зависит от принятой технологии и вида выбранного ограждения.

5.5.2. Ограждение котлована из стальных прокатных профилей и труб

Наиболее простой в исполнении и, соответственно, экономичной является конструкция ограждения котлована, устраиваемая из вертикальных стальных элементов, погружаемых в грунт по контуру котлована (рис. 5.16, *а*). По мере разработки грунта в котловане между металлическими элементами устанавливается забирка из деревянных досок или стального листа, препятствующая осыпанию грунта в котлован. В качестве несущих стальных элементов, как правило, используют трубы или двутавры (рис. 5.16, *б*), которые вдавливают или погружают в предварительно пробуренные лидерные скважины диаметром большим, чем сечения элемента ограждения, с последующей заливкой околосвайного пространства тощим бетоном.



а



б

Рис. 5.16. Ограждение котлована из стальных элементов с забиркой:

а — общий вид ограждения; *б* — схема ограждения

Для устройства лидерных скважин используют буровые установки шнекового бурения на автомобильном шасси или гусеничном ходу, в зависимости от диаметра и глубины бурения (рис. 5.17, *а*, *б*). Для вдавливания элементов ограждения используют сваевдавливающую установку тросовой системы подачи сваи (рис. 5.17. *в*).

При использовании труб в ограждении, для их погружения возможно также применение технологии завинчивания. Данный способ подразумевает собой погружение шпунта в грунт (на трубах-сваях установлены специальные наконечники) путем вдавливания и вращения. Этот метод востребован при наличии расположенных рядом сооружений. Таким образом можно предотвратить выбуривание грунта из фундамента (рис. 5.17, *з*).



а



б



в



г

Рис. 5.17. Механизмы для устройства ограждений из стальных прокатных профилей и труб: *а* — установка шнекового бурения на автомобильном шасси; *б* — установка шнекового бурения на гусеничном ходу; *в* — сваевдавляющая установка с дизель-генераторной установкой; *г* — буровая установка для завинчивания трубных свай в грунт

Достоинствами устройства ограждения котлована из металлических профилей является низкая стоимость материалов, так как возможно использование трубы или балки, бывшей в употреблении; большой выбор применяемых технологий для погружения (в зависимости от экономической составляющей и условий строительства).

Данный тип ограждения не является водонепроницаемым, поэтому в случае его использования в водонасыщенных грунтах требуется водопонижение. По сравнению с прочими типами ограждения котлованов конструкция с забиркой обладает большей деформативностью и меньшей прочностью. Также

ограничена возможность применения ограждения при залегании водонасыщенных песков и текучепластичных глинистых грунтов выше отметки дна котлована, так как высокая вероятность вымывания и осыпания грунта через межтрубное пространство; устройство герметичного водоупорного соединения между соседними сваями очень сложно.

5.5.3. Ограждение котлованов шпунтовыми сваями

Ограждение котлована, устраиваемое из шпунта, представляет собой несущую конструкцию в форме сплошной вертикальной или наклонной стены, образованную погруженными в грунт монтажными элементами — шпунтовыми сваями, соединяемыми между собой замками Ларсена (рис. 5.18).



a



б



в



г

Рис. 5.18. Профили шпунтовых свай с замком Ларсена: *a* — U-образный; *б* — Z-образный; *в* — плоский; *г* — трубный

Существует большое количество видов шпунтовых элементов, зависящих от формы поперечного сечения: «U-профиль», «Z-профиль», трубный, плоский и т. п.;

способа изготовления (сварной, горячекатаный, гнутый);

размеров сечения шпунта, отличающихся моментом сопротивления.

Данный тип ограждения котлована незаменим при наличии в основании (выше отметки дна котлована) водонасыщенных грунтов с высокой скоростью фильтрации, текучепластичных и заболоченных грунтов.

Технология монтажа такого ограждения состоит из погружения его элементов в заранее пробуренные лидерные скважины, которые выполняют в местах расположения замков для исключения их повреждения, и предварительного их заполнения цементно-песчаным раствором. В пробуренные скважины до определенной отметки заливается раствор под напором, после чего в отверстие монтируют трубы или балки. Данная технология позволяет защитить возводимые конструкции от осыпаний грунта, а также значительно повысить несущую способность шпунта (рис. 5.19).



Рис. 5.19. Защита возводимых конструкций шпунтовой стенкой

Забивка шпунта в грунт обычно осуществляется с помощью гидромолотов или вибропогружателей, навешиваемых на копровую установку, либо установками на базе экскаватора, что позволяет производить работы в стесненных условиях (рис. 5.20).



Рис. 5.20. Копровые установки с навесным оборудованием: *а* — с гидромолотом; *б* — с вибропогружателем; *в* — вибропогружатель на базе экскаватора

Шпунтовые стены, устроенные в замок, обладают достаточно высокой жесткостью и способны воспринимать изгибающие моменты, значительно превышающие предельные значения для ограждений с заборкой (см. [рис. 5.16, б](#)). Ограничением для использования шпунта является сложность или невозможность его погружения в гравелистых, скальных и полускальных грунтах.

В условиях города при наличии застройки использование шпунта может быть рекомендовано только при отсутствии в геологическом разрезе прочных грунтов, так как в ином случае погружение шпунта может привести к развитию значительных осадок близрасположенных зданий, а также к дискомфорту для их жителей из-за шума.

В современном строительстве все в больших масштабах используются компактные машины и механизмы, не уступающие по своим характеристикам стандартным, а по некоторым качествам превосходящие их. Благодаря небольшому весу и компактности их легко хранить и транспортировать, ими несложно управлять, они производят меньше шума. Так, успешно применяется вибропогружатель (гидромолот) для забивания шпунтовых свай или столбов различных размеров (рис. 5.21, *а*).

Достоинства ограждения котлована из шпунтовых свай (рис. 5.21, *б*): герметичность. Применение замкового профиля позволяет работать даже на акваториях;

возможность извлечения и повторного использования шпунта, что позволяет снизить стоимость ограждения.

Недостатки:

высокая стоимость шпунтовых элементов — в 1,5...3 раза выше сортового проката;

требуется высокая культура организации производства работ, так как при погружении не допускается отклонение шпунтовых элементов в вертикальной и горизонтальной плоскости из-за высокой вероятности заклинивания замков.



а



б

Рис. 5.21. Вибропогружатель (гидромолот) для забивания шпунтовых свай: *а* — общий вид; *б* — устройство шпунтовой стенки с помощью вибропогружателя

5.5.4. Возведение подземных сооружений методом «стена в грунте»

Строительство котлованов в устойчивых грунтах не представляет трудностей, однако задача многократно усложняется, когда грунтовый массив находится в обводненном состоянии. В таких случаях применяется способ, основанный на предварительном сооружении стены в грунте или опускной крепи до глубины залегания слоя естественного водоупора с последующей разработкой грунта под защитой водонепроницаемого ограждения. Ограждение котлована в идеальном случае должно сочетать в себе следующие основные функции: воспринимать боковое давление грунта и гидростатическое давление подземных вод, являться противодиффузионной завесой, при необходимости воспринимать вертикальные нагрузки, минимизировать влияние котлована на окружающую застройку. Наиболее полно сочетанию всех этих функций отвечают конструкции, устраиваемые способом «стена в грунте».

Сущность способа «стена в грунте» заключается в образовании под защитой глинистой суспензии узкой траншеи с вертикальными стенками и заполнении ее соответствующими материалами или конструкциями. При таком способе устойчивость стенок траншеи обеспечивается специальными тиксотропными растворами — бентонитовыми глинами.

По функциональному назначению сооружения подразделяется на несущие, ограждающие и противодиффузионные. При заполнении траншеи противодиффузионными материалами «стена в грунте» выполняет роль противодиффузионного устройства; при заполнении бетоном, железобетоном или сборными железобетонными элементами — роль ограждающего или несущего сооружения.

По конструктивно-технологическим особенностям сооружения, возводимые способом «стена в грунте», подразделяются на монолитные и из сборных железобетонных элементов. Возведение сооружений может быть осуществлено во всех грунтах, за исключением случаев, когда вертикальность стенок траншей не может быть обеспечена глинистой суспензией. Конфигурация в плане может быть прямоугольной, криволинейной и ломаного очертания.

Применение этого способа целесообразно в случаях заглубления конструкций в водоупорный слой; высокого уровня грунтовых вод в районе строительства; устройства сооружений, заглубленных в грунт более чем на 10 м; возведения сооружений вблизи существующих зданий; больших объемов планировочных и земляных работ.

Применяют два типа стен, возводимых способом «стена в грунте»: свайные, образуемые из сплошного ряда буронабивных свай, и траншейные, образуемые сплошной стеной из монолитного или сборного железобетона.

I. Свайные стены. Если уровень подземных вод расположен ниже дна котлована или предполагается строительное водопонижение, то ограждающая котлован конструкция может быть выполнена из отдельно стоящих или касательных буровых свай.

Если шаг (расстояние в осях) буронабивных свай вдоль оси стены равен или немного больше диаметра сваи, такие сваи называют бурокасательными, если же меньше, то такие сваи называют буросекущимися.

Стену в грунте из буросекущихся свай применяют для устройства несущих и ограждающих конструкций при строительстве:

- подземных этажей зданий;
- подземных паркингов;
- подпорных стен и противооползневых сооружений;
- транспортных и пешеходных тоннелей;
- защитных геотехнических экранов;
- подземных хранилищ экологически небезопасных отходов производства и материалов;
- технологических камер различных производств;
- при решении экологических задач, например, для локализации загрязненных промышленных отходами грунтовых массивов.

Технология возведения стен из секущихся буронабивных свай. С заданным шагом изготавливают неармированные буронабивные сваи, обычно из бетона классом не более В15 (шаг между этими сваями берут меньше двух диаметров). После набора необходимой прочности между ними устраивают армированные сваи из бетона класса В 25 и выше. Так как шаг между неармированными сваями меньше двух диаметров, то обсадная труба при разбуривании скважины между ними срезает бетонные сегменты и впоследствии, после бетонирования армированных свай, образуются ребра жесткости, ширина которых определяется шагом свай.

Для устройства буронабивных свай могут применяться различные технологии, наиболее распространенными из которых являются следующие:

1. Устройство свай *по технологии непрерывного шнека* совмещает в себе преимущества забивных и буронабивных свай без извлечения грунта. В данной технологии используются преимущества набивных свай, которые забивают без извлечения грунта, и буронабивных свай. Этот метод можно использовать в любых видах грунта. Вибрация, возникающая при устройстве буронабивных свай, и ударное воздействие, существующее в случае набивных свай, здесь отсутствуют. Система оснащена хорошей звукоизоляцией, поэтому такие буровые работы можно проводить в любой части города.

Непрерывный полый шнек устанавливают на буровой установке ([рис. 5.22, а](#)). Как только шнек достигает нужной глубины, бетононасос подает бетон. Насос соединен шлангами с вертлюгом, который расположен на мачте шнека. Под давлением бетононасоса бетон проходит в полую часть шнека и выдавливает заглушку. Чтобы освободить пространство в скважине, шнек поднимается.

Бетонную смесь готовят из цемента, щебня и песка. После закачки бетона он опускается в скважину с помощью вибратора. Металлический каркас уста-

навливают в свежий бетон. Современные технологии позволяют устанавливать каркасы выше двадцати метров.

2. *Технологию устройства секущихся свай с обсадной трубой* чаще всего применяют в грунтах, которые имеют слабую несущую способность. Для такой технологии используется оборудование, которое бурит вертикальные скважины шнеком внутри обсадной трубы ([рис. 5.22, б](#)). Буровые установки снабжены двойным вращателем мощностью не меньше 250 кВт/м. Первый вращатель оснащен шнеком, второй — обсадной трубой.

Сваи формируются следующим образом:

1) на небольшую глубину погружают обсадную трубу. Обсадная труба и шнек непрерывно вращаются в разные стороны и доходят до нужной глубины. Обсадная труба опережает шнек, чтобы грунтовые воды не проникли внутрь трубы;

2) когда обсадная труба достигает нужной глубины, через шнек подают бетонную смесь. Одновременно с бетонированием шнек и трубу поднимают вверх. Грунт, разрыхленный шнеком и заполнивший обсадную трубу, выходит с помощью шнека вверх и удаляется;

3) как только обсадная труба заполняется бетоном, ее извлекают;

4) в полученную сваю погружают арматурный каркас с помощью вибратора.

3. *Буроабивные сваи по технологии винтовых свай (фундекс)* являются одной из самых предпочтительных и щадящих технологий. По этой технологии можно создавать железобетонные сваи длиной до 31 м, диаметром 380...520 мм. Изготавливаются сваи с помощью установки вращательно-вдавливающего действия ([рис. 5.22, в](#)). Основой будущей сваи становится те-ряемый чугунный наконечник, который остается в грунте. Система «наконечник — буровая труба» погружается в грунт до нужной глубины. Грунт при погружении сваи раздвигается и уплотняется. В свободное воздушное пространство, которое остается в полости трубы, опускается арматурный каркас. Полость порционно заполняется бетоном. По мере заполнения пространства внутри трубы она начинает извлекаться из грунта.

Эта технология не дает осадки грунтов у близлежащих зданий, так как не происходит волновых колебаний грунта, может применяться в различных типах грунта, за исключением тех, в которых возможны прослойки плотных песков более трех метров.

Технология винтовых свай имеет ряд преимуществ по сравнению с другими технологиями:

отсутствуют сотрясения и вибрации, опасные для соседних зданий;

несущая способность свай очень высокая, до 400 т;

нет необходимости удалять грунт из трубы и вывозить его;

свайные работы по этой технологии имеют высокую производительность;

контроль можно вести в самом процессе погружения трубы;

уровень шума при таких работах очень низкий.



a



б



в

Рис. 5.22. Установки для устройства буронабивных свай: *a* — по технологии непрерывного шнека; *б* — по технологии секущихся свай с обсадной трубой; *в* — по технологии винтовых свай

4. Альтернативой «стене в грунте» из буросекущих свай (БСС) является «стена в грунте» из бурокасательных свай (БКС).

В этом случае производится армирование всех свайных элементов подряд, что позволяет при необходимости существенно увеличить жесткость стены на изгибающие нагрузки и уменьшить количество ярусов крепления, также исключается необходимость разбуривания бетона неармированных свай.

Однако при этой технологии появляются щели между сваями, которые отрицательно влияют на водонепроницаемость конструкции. С другой стороны, щели могут быть надежно забутованы устройством позади свайного ряда между сваями грунтоцементных свай диаметром до 300 мм по технологии струйной цементации (Jet-grouting). Причем эти два технологических процесса идут одновременно и поэтому на сроках производства работ это практически не отражаются. В каждом конкретном случае на основании сравнения вариантов выбирается наиболее эффективное решение.

Достаточно высокая прочность и жесткость свай позволяет разрабатывать под их защитой котлованы глубиной до 20...25 м (рис. 5.23). При некачественном выполнении свай в неустойчивых водонасыщенных грунтах следует опасаться возможных прорывов грунтовой массы в котлован через дефектные стыки.



Рис. 5.23. Устройство «стен в грунте» из буронабивных свай

II. Траншейные стены. Существуют два типа стен. В зависимости от свойств грунта и глубины стен применяют две технологии возведения стен: мокрый способ — с применением глинистого раствора (рис. 5.24) и сухой способ. Мокрый способ применяют в водонасыщенных неустойчивых грунтах. Устойчивость стенок траншей обеспечивается созданием гидростатического давления глинистого раствора на стенки траншей и образованием глинистой корки на поверхности. Сухой способ применяют в устойчивых грунтах при небольшой глубине стен (до 5...7 м).

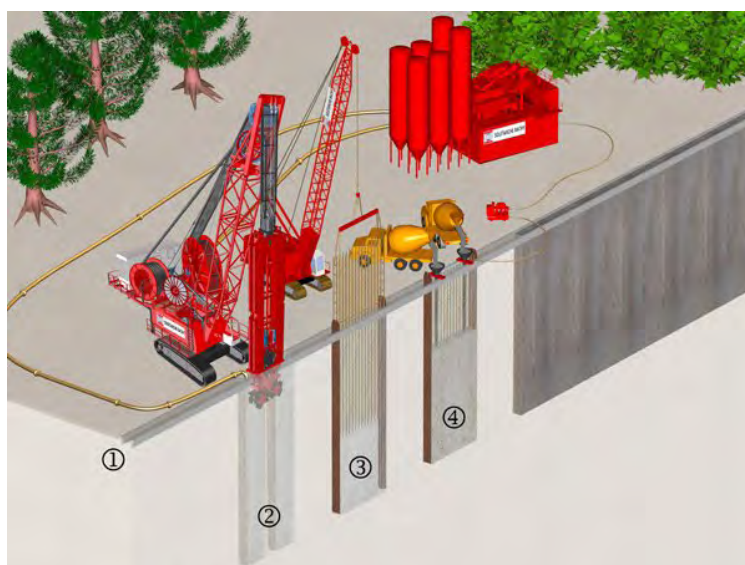


Рис. 5.24. Технологическая схема устройства монолитной «стены в грунте» с применением глинистого раствора

Последовательность операций при возведении «стены в грунте» с применением глинистого раствора:

1) по периметру будущего котлована сооружается монолитная железобетонная направляющая стенка — форшахта, которая обеспечивает проектное направление и необходимую точность сооружения стены в грунте, а также предотвращает обрушение грунта в верхней части траншеи;

2) двухчелюстным гидравлическим грейфером разрабатывается траншея под стену в грунте, при разработке грунта траншея заполняется бентонитовым раствором, который предотвращает обрушение стенок;

3) подготовка выкопанной траншеи к бетонированию: специально подготовленные арматурные каркасы переводятся в вертикальное положение и опускаются в траншею. После монтажа каркасов в траншею опускаются бетонные трубы с приемными воронками;

4) производится бетонирование стены, при этом вытесняемый бетонной смесью бентонитовый раствор откачивается насосом и подается на установку регенерации с темпом бетонирования 20...30 м³/ч.

Существенно расширен парк спецтехники для устройства «стены в грунте». Разработку траншей с вертикальными стенками под защитой глинистого раствора выполняют с помощью современной новой техники, в числе которой наибольшее распространение получило грейферное и гидрофрезерное оборудование (рис. 5.25).



Рис. 5.25. Технологическое оборудование для разработки траншей с вертикальными стенками: *а* — с помощью грейфера; *б* — с помощью гидрофрезера

Бетонные и железобетонные конструкции стен в грунтах выполняют из тяжелого бетона плотной структуры. Смежные захватки разделяют ограничителями в виде трубы или сваи. Сборные и сборно-монолитные стены сооружаются из сплошных плоских панелей. Сборные элементы используют максимально возможных размеров по ширине с целью сокращения числа швов. Толщина стен принимается на 10 см меньше ширины траншеи для облегчения монтажа и возможности заполнения пазухи тампонажным раствором. Тампонажные растворы подают растворонасосами по инъекционным трубам диаметром 50...60 мм, опускаемым до дна траншеи.

При значительной глубине котлована он разрабатывается ярусами. Основными способами обеспечения несущей способности «стены в грунте» значительной высоты на горизонтальные нагрузки необходима установка бетонных анкеров (рис. 5.26).



Рис. 5.26. Технология устройства 2-ярусной «стены в грунте»: *а* — бурение анкерных скважин с установкой обсадных труб; *б* — «стена в грунте» с бетонными анкерами

Наклонная скважина для установки бетонных анкеров, укрепляемая обсадной трубой, выполняется гидравлической буровой установкой для бурения скважин. Скважина бурится за пределы призмы обрушения окружающего грунта. По достижении проектной глубины в буровую скважину вводят стальной нож анкера в виде одного стержня диаметром 20...36 мм или несколько стержней (пучковый анкер). Обсадная труба постепенно вытягивается с одновременным нагнетанием в нее цементного камня, который, распространяясь в окружающую среду, образует анкер. Анкерный корень создает сцепление между стальным тягом и грунтом. Длина анкерного корня — до 5 м, диаметр — 80...140 мм. Свободная длина анкера за пределами корня заключается в полиэтиленовую трубу, в которую нагнетают противокоррозионную пасту на битумной основе.

Закрепление тяга на стене осуществляется с помощью оголовка и анкерной плиты. Анкер начинают ставить после разработки котлована на глубину не менее 3 м, причем толщина слоя грунта над корнем анкера должна быть не менее 4,5 м. Расстояние между корнями соседних анкеров должно быть не менее 1,5 м. Анкеры натягивают и испытывают гидравлическими домкратами с проверкой усилия по манометру.

«Стена в грунте» из буросекущихся свай (БСС) обладает рядом преимуществ перед траншейной «стеной в грунте», которую сооружают с применением плоского грейфера:

все технологические операции по устройству стены в грунте из БСС производят под защитой инвентарных обсадных труб. Это обеспечивает гарантированное сохранение в ненарушенном состоянии окружающего котлован массива грунта, а следовательно, сохранность фундамента расположенных

рядом зданий и сооружений. Особенно это качество имеет большую ценность в условиях плотной городской застройки;

у технологии нет ограничений по грунтовым условиям, с одинаковым успехом она может быть применена как в пылевато-глинистых грунтах, так и в неустойчивых песчаных;

для устройства «стены в грунте» из БСС не является непреодолимым препятствием наличие в основании строительного мусора, включая железобетонные элементы, стальной профиль и пр., так как метод вращательного бурения в таких случаях значительно более эффективен чем грейферный;

«стена в грунте» из БСС обладает высокой водонепроницаемостью и может с успехом быть применена в обводненных грунтах.

5.5.5. Полузакрытый способ устройства подземных сооружений по технологии «сверху вниз»

Строительство подземных сооружений в стесненных городских условиях рационально вести полузакрытым способом устройства котлована по технологии «сверху вниз» (top down), который незначительно влияет на естественное состояние грунтового массива и близко расположенные здания.

В технологии строительства подземных сооружений полузакрытым способом «сверху вниз» в качестве распорной системы для ограждения котлована используются междуэтажные перекрытия, что позволяет отказаться от крепления ограждения котлована временными распорными конструкциями или анкерными креплениями и практически исключить осадки существующих зданий и сооружений.

Существует три основных способа, определяющих порядок возведения монолитных железобетонных перекрытий и поярусной разработки грунта под их защитой при строительстве подземных сооружений по технологии «сверху вниз».

Первый способ реализуется при опережающем возведении перекрытий по отношению к поярусной разработке грунта в котловане, при этом бетонирование перекрытий осуществляется безопалубочным методом непосредственно на подготовленном грунтовом основании ([рис. 5.27](#)).

Технология «сверху вниз» по первому способу включает следующие этапы строительства:

1. Устройство ограждения котлована методом «стена в грунте» (наиболее часто применяемая конструкция ограждения, способная также воспринимать вертикальные нагрузки и препятствовать попаданию грунтовых вод в котлован) выполняется перед началом разработки котлована.

2. Устройство свайного основания с поверхности земли или с промежуточной отметки, в том числе выполняющего функцию временных или постоянных опор перекрытий подземной части сооружения.

3. Последовательное бетонирование плит перекрытий по грунту в распор со стеной в грунте (сверху вниз) с разработкой и выемкой грунта из-под перекрытий через технологические отверстия плиты. Бетонирование нижележащих перекрытий ведется последовательно по мере удаления грунта из-под выполненного ранее перекрытия малогабаритной техникой, способной работать в стесненных условиях. Удаление грунта с помощью грейферного экскаватора через монтажные отверстия в перекрытиях.

4. Демонтаж временных опор, поддерживающих перекрытия, временных распорных конструкций, бетонирование технологических отверстий происходит после возведения фундаментной плиты, постоянных колонн, несущих стен, бетонируемых по технологии «снизу вверх».



а



б

Рис. 5.27. Первый способ возведения подземных сооружений по технологии «сверху вниз»: а — экскавация грунта из-под перекрытия через технологическое отверстие плиты; б — временные металлические опоры, поддерживающие перекрытия

Второй способ возведения подземных сооружений отличается от первого тем, что предполагает опережающую поярусную разработку грунта и последующее возведение перекрытий с помощью инвентарной опалубки, опирающейся на подготовленное грунтовое основание (рис. 5.28).



Рис. 5.28. Устройство инвентарной опалубки перекрытий, опирающейся на подготовленное грунтовое основание

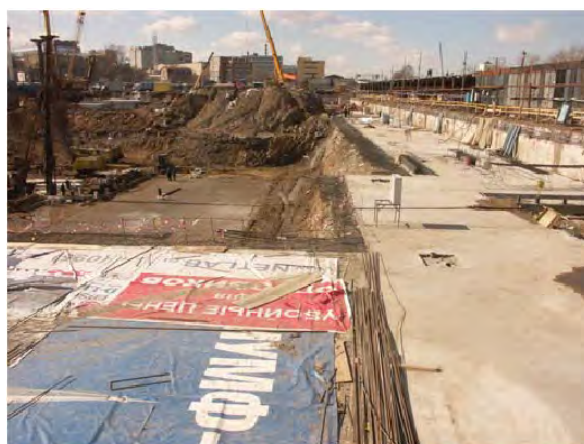
Третий способ — комбинированный, сочетает в себе как элементы технологии возведения перекрытий безопалубочным методом, так и с опиранием инвентарной опалубки на подготовленное грунтовое основание.

При значительных размерах котлованов в плане используют комбинированный метод разработки грунта полу-полузакрытым методом (*semy top down*), в котором возведение конструкций подземной части по периметру котлована выполняется способом «сверху вниз», а в центральной части — по классической схеме «снизу вверх». При этом крепление ограждения котлована осуществляется за счет пространственной работы периметральных фрагментов дисков подземных перекрытий.

Возможны две схемы выполнения работ комбинированным методом. Для первой схемы характерно, что перекрытия выполняются участками, в виде дисков с огромными проемами, которые опираются по контуру на траншейные стены и поддерживаются промежуточными стальными балками (рис. 5.29, *а*). Устройство участков (дисков) перекрытий по периметру осуществляется в процессе поэтапной экскавации котлована. Вторая схема предполагает сохранение грунтовой призмы по всему контуру котлована, а строительство центральной части сооружения ведется снизу вверх (рис. 5.29, *б*). Экскавацию грунта в контурной зоне котлована ведут поэтапно с одновременным объединением центральных фрагментов перекрытий с периметральными.



а



б

Рис. 5.29. Комбинированный способ строительства полу-полузакрытым методом (*semy top down*): *а* — устройство перекрытий по первой схеме; *б* — по второй схеме

Использование комбинированного метода устройства подземного пространства успешно применяется в стесненных условиях плотной городской застройки, где предъявляются особые требования к сохранению существующих зданий, примыкающих к площадке, обеспечению надежности возводимых конструкций.

Из трех способов наиболее эффективен второй, позволяющий существенно снизить трудоемкость, продолжительность процесса и стоимость экскавации котлована.

При реализации способов возведения подземной части зданий полузакрытым способом устройства котлована по технологии «сверху вниз» (top down) и комбинированным полу-полузакрытым способом (semy top down) особое внимание должно уделяться предварительной подготовке грунтового основания перед бетонированием перекрытия или установкой опалубки, которая может осуществляться песчаной подсыпкой, втрамбовыванием щебня, укладкой слоя низкомарочной бетонной смеси или цементно-песчаного раствора.

5.5.6. Возведение подземных сооружений методом опускного колодца

Опускные колодцы используют при устройстве фундаментов глубокого заложения и различного рода заглубленных сооружений (насосных станций, гаражей, вагоноопрокидывателей, опор мостов и др.).

По форме в плане опускные колодцы бывают круглые, эллиптические, прямоугольные. В нижней части колодец снабжен ножом, режущая кромка которого облицована металлом.

Опускные колодцы бывают массивные и тонкостенные. Массивные колодцы используются для возведения фундаментов глубокого заложения. Они, как правило, гравитационные, погружаемые под воздействием собственного веса. Тонкостенные колодцы применяют для возведения заглубленных зданий и сооружений, у которых подземная часть используется в хозяйственных целях. Тонкостенные колодцы погружают в тиксотропных рубашках или с использованием задавливания.

Опускные колодцы возводят из монолитного, сборного и сборно-монолитного железобетона ([рис. 5.30](#)).

Работы по возведению опускных колодцев включают следующие этапы: подготовка строительной площадки и приспособлений для погружения; сооружение стен колодца; погружение колодца и выемка грунта; либо при устройстве монолитных опускных колодцев в начале на подготовленное временное основание монтируют армокаркас ножа, затем на армокаркас закрепляют опалубку и заполняют полости бетоном и устраивают днище.

До начала погружения опускного колодца выполняют подготовительные работы, которые заключаются в устройстве пионерного котлована. Дно котлована устраивается на 0,5...1 м выше уровня подземных вод (при их наличии).

Основные оси опускного колодца закрепляются на местности посредством обносок — по две обноски с каждой из четырех сторон сооружений. Обноски устанавливаются вне зоны возможных подвижек грунта.

При высоком уровне грунтовых вод в зависимости от величины притока воды устраиваются системы водопонижения: закрытые дренажи; водоотлив иглофильтровыми установками или глубинными насосами через скважины, пробуренные за контуром опускного колодца ниже отметки его днища.

Выбор технологии и комплекта машин при разработке грунта зависит от способа опускания колодца, его размеров и вида разрабатываемого грунта. При опускании колодцев насухо используют две основные схемы разработки и выдачи грунта из колодцев. По первой схеме грунт разрабатывают экскаваторами или бульдозерами и выдают на поверхность кранами и бадьями. Вторая схема предусматривает разработку грунта грейферами. Эту схему можно использовать при небольшом диаметре колодца.



а



б



в

Рис. 5.30. Опускные колодцы: *а* — монолитные; *б* — сборные; *в* — сборно-монолитные

При отсутствии подземных вод или в условиях водопонижения в колодцах большого диаметра применяют разработку грунта экскаваторами или бульдозерами ([рис. 5.31, а](#)). Вынутый грунт бадьями поднимают на поверхность. Этот метод приемлем при разработке рыхлых песков, легких супесей, галечника. На обводненной территории или в грунтах с высоким уровнем подземных вод предварительно производят водопонижение или откачку воды. Глубинное

водопонижение осуществляют с помощью иглофильтров, расположенных по периметру, и откачкой насосами. Разработку грунта под водой обычно осуществляют грейфером (рис. 5.31, б).

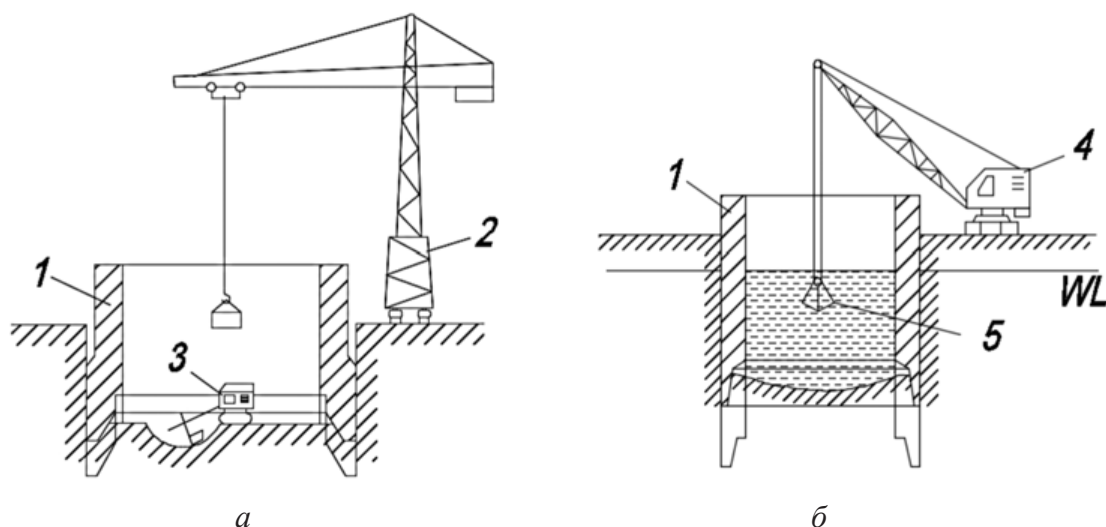


Рис. 5.31. Разработка грунта в опускном колодце: а — насухо с помощью экскаватора; б — под водой с помощью грейфера: 1 — колодец; 2 — башенный кран; 3 — экскаватор; 4 — кран-экскаватор; 5 — грейфер

Погружение опускного колодца в грунт происходит в результате преодоления сил трения по грунту силами собственного веса колодца или с использованием дополнительной пригрузки, или дополнительного усилия, передаваемого на колодец.

Сущность метода устройства опускного колодца состоит в том, что конструкцию вначале устанавливают или бетонируют на поверхности земли, а затем внутри ее разрабатывают грунт в направлении от центра к ножу. Оболочка колодца по мере разработки грунта внутри ее под действием собственного веса опускается, выдавливая оставшийся грунт из-под ножа внутрь колодца.

По своему назначению опускные колодцы делятся на два вида: для строительства фундаментов сооружений и для устройства заглубленных помещений.

Первые применяются для фундаментов ответственных сооружений. Такие фундаменты должны опираться на плотные надежные грунты, которые часто залегают на значительной глубине под слоем слабых водонасыщенных пород. Поэтому их, как правило, опускают до 80 м и более и они обычно имеют небольшие размеры в плане.

Вторые используются для размещения в них разнообразного технологического оборудования и служебных помещений, Поэтому такие колодцы отличаются значительными размерами в плане и несколько меньшей глубиной опускания (до 60 м).

При устройстве монолитных опускных колодцев в качестве опалубки применяются разборно-переставные опалубки, железобетонные тонкостенные плиты-оболочки, переставные металлические и стационарные деревянные опалубки. Стены колодца при бетонировании разбивают на ярусы, а ярусы —

на блоки. Высота яруса определяется расчетным сопротивлением грунта под ножом, конструкцией временного основания и производительностью крана. По мере погружения колодца в грунт бетонируют верхние ярусы колодца. Скорость погружения в этом случае должна быть увязана со скоростью наращивания колодца и достижением бетоном требуемой прочности.

Распалубку ножа и нижнего яруса колодца начинают только после достижения бетоном полной проектной прочности.

Обмазочная гидроизоляция стен колодцев выполняется горячим битумом. Ввиду значительного объема работ разогретый битум доставляется автогидро-натором.

Опускные колодцы состоят из сборных элементов. При глубине опускания колодцев 20...25 м наиболее целесообразно использовать плоские тонкостенные железобетонные панели или пустотелые железобетонные блоки.

Панели стен колодца соединяются между собой закладными деталями, при необходимости устанавливают арматуру стыков. Затем наваривают внутренние накладные и производят замоноличивание стыков путем нагнетания в них раствора.

С наружной стороны колодца вертикальные стыки закрепляют отдельными металлическими пластинами с шагом 200 мм, а с внутренней стороны приваривают сплошную металлическую пластину на всю высоту панели. Пластины приваривают к закладным частям панелей. Между пластинами с наружной стороны прихватывают сваркой металлическую сетку с малыми ячейками, которая служит опалубкой.

В процессе возведения опускных колодцев стены его наращивают такими же панелями, но без ножевой части. При этом горизонтальный стык между ярусами панелей делают из двух горизонтальных полос, приваренных сплошным швом с наружной стороны к закладным пластинам, а с внутренней — к металлической гидроизоляции.

Монтаж сборных элементов колодцев из железобетонных панелей производится с применением специальных кондукторов. Кондукторы могут быть подвижного, стационарного и консольно-поворотного типов (при устройстве колодцев большого диаметра).

После установки в кондукторе двух соседних элементов работы по герметизации стыков производятся в следующем порядке: устанавливается в проектное положение арматура стыков; привариваются временные металлические накладные через 3...4 м по высоте с наружной стороны колодца; навариваются внутренние накладные; производится бетонирование стыков (или нагнетание цементно-песчаного раствора).

Для уменьшения сил трения стен колодца о грунт в процессе погружения, на внешней поверхности колодца устраивают один или несколько уступов. При погружении колодцев больших размеров используют подмыв грунта, погружение в тиксотропных рубашках или электроосмос, или все способы совместно.

Тиксотропная рубашка создается из глинистого раствора, которым заполняется пространство между стенкой колодца и грунтом вначале опускания ножевой секции.

Сущность погружения колодцев в тиксотропных рубашках заключается в следующем (рис. 5.32): полость наружного выступа ножа заполняют глинистым раствором с тиксотропными свойствами, так как глинистый раствор предотвращает обрушение грунта. Стены колодца благодаря уступу и глинистому раствору не соприкасаются с грунтом, а силы трения сохраняются только в пределах поверхности ножа, которая составляет около 10 % всей поверхности опускного колодца. Погружение колодцев в тиксотропной рубашке позволяет уменьшить толщину стен колодцев и исключить зависание колодцев в грунте.

Погружение опускных колодцев начинают с разборки временных оснований под ножевой частью. Разработка песчано-щебеночных призм производится по всему контуру банкетки ножа, исключая расчетные зоны опирания, размеры которых определяются проектом. Деревянные подкладки удаляются участками в диаметрально противоположных местах периметра банкетки ножа. Удаление прокладок производится путем подкапывания их с блоков снизу и вытаскивания внутрь сооружения. После удаления каждой подкладки банкетка ножа немедленно подбивается песком как снаружи, так и изнутри. Разборка временного железобетонного опорного кольца производится поэлементно тем же способом.

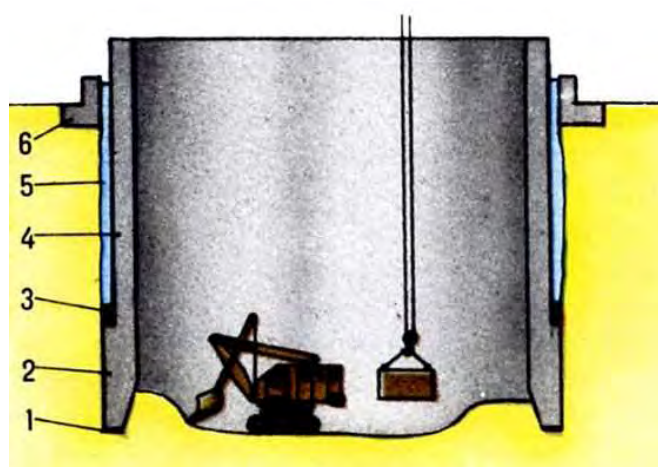


Рис. 5.32. Опускной колодец: 1 — банкетка ножа; 2 — ножевая часть; 3 — замок из плотной глины; 4 — оболочка; 5 — тиксотропный раствор; 6 — форшахта

В процессе опускания колодца ведется непрерывное инструментальное наблюдение за его вертикальностью и скоростью погружения. Периодически проверяется положение осей колодца, которые закрепляют створными столбами, расположенными на расстояниях, исключающих их смещение при опускании колодца.

Днища опускных колодцев, как правило, выполняют из монолитного железобетона, который армируют верхней и нижней арматурными сетками, укладываемыми по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Для колод-

цев больших размеров днища обычно устраивают ребристыми с заполнением пространства тощим бетоном или

При незначительном притоке подземных вод бетонирование производится в осушенном колодце. До начала работ по устройству днища колодца ложе под него зачищается и планируется, при необходимости удаляются илистые и пылеватые фракции, выполняется щебеночная подготовка и обеспечивается полный водоотлив из дренирующего слоя.

Если погружение колодца проводилось без водоотлива, то днище бетонируется под водой с применением метода вертикально перемещаемой трубы (ВПТ) или восходящего раствора. После приобретения бетоном днища проектной прочности из колодца откачивается вода и внутренние конструкции бетонируют обычным способом.

При погружении колодцев ниже уровня подземных вод необходимо обеспечить устойчивость их против всплытия. Наиболее эффективным средством для этого всплытия колодцев является устройство на уровне дна котлована анкерных пригрузочных площадок. При погружении колодца с поверхности земли и отсутствии предварительно устроенного котлована практикуют заанкеривание колодцев горизонтальными, наклонными и вертикальными сваями. Горизонтальные сваи вдавливают через отверстия в ножевой части колодца, закрываемые при его погружении деревянными пробками. Вертикальные и наклонные сваи забивают после разработки грунта внутри колодца до проектной отметки. После забивки свай бетон в их верхних частях разбивают, обнажают арматуру и стыкуют ее с арматурой днища.

При необходимости по внутренней поверхности стен устраивается гидроизоляция: обмазочная битумная; оклеечная рубероидом, изолом или другими материалами; торкретирование; листовая стальная.

Для предотвращения образования трещин в стенах колодцев категорически запрещается:

разгружать вынутый из колодца грунт в зоне призмы обрушения грунта вокруг колодца, так как это создает дополнительные неравномерные нагрузки;

разрабатывать грунт более чем на 50...70 см ниже банкетки ножа, так как в случае быстрого опускания колодца возникают большие динамические нагрузки в стенах колодца;

допускать неравномерное обжатие стен колодца грунтом.

6. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ «ВВЕРХ И ВНИЗ»

Метод строительства «вверх и вниз» предусматривает строительство зданий с несколькими подземными этажами за счет одновременного сооружения этажей вверх и вниз от уровня поверхности земли с устройством ограждения котлована способом «стена в грунте», которое часто служит стеной подземной части здания. Строительство таким методом позволяет сократить общие сроки строительства здания в целом до 30 %.

Наглядным примером такого строительства явилось возведение 14-этажного административного здания «Дукат Плейс III», построенного в г. Москве вблизи сохраняемых зданий по улицам Большая Садовая и им. Гашека на месте снесенных строений табачной фабрики «Дукат» (рис. 6.1).

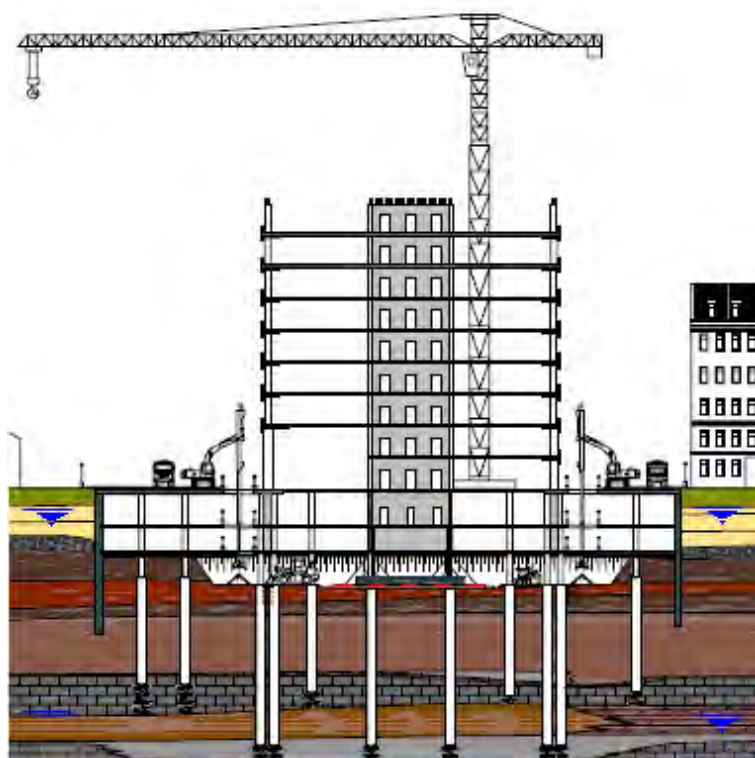


Рис. 6.1. Возведение 9-го надземного этажа параллельно с устройством фундаментной плиты на 3-м подземном этаже административного здания «Дукат Плейс III»

Строительство по схеме «вверх и вниз» начинается с устройства траншейных «стен в грунте» по периметру сооружения и промежуточных буровых опор (колонн). Траншейные стены и буровые колонны служат опорами будущих конструкций верхнего строения. Далее начинается открытая разработка грунта на первом подземном ярусе и параллельно захватками возводится перекрытие над первым этажом (в уровне земли). При достижении бетоном перекрытия в уровне земли 75 % прочности на нем в специально усиленной зоне стационарно устанавливается башенный кран. По достижении бетоном перекрытия 100 % прочности начинается возведение конструкций наземных этажей и одновременно ведется строительство второго и последующих подземных этажей по одному из трех технологических приемов, описанных выше.

Все шире в последние годы в России в крупных городах при строительстве высотных зданий с многоуровневыми подземными сооружениями стала использоваться технология «вверх и вниз», применение которой экономически целесообразно с точки зрения нехватки свободных территорий в условиях исторически сформировавшейся застройки, снижения влияния нового строительства на окружающие здания и максимального сокращения продолжительности строительства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной тенденцией развития российских городов можно назвать постепенное смещение предпочтений в сторону возведения крупных объектов смешанного типа. Сегодня в мегаполисах остро стоит проблема дефицита земельных участков под застройку. В связи с этим активный интерес, проявляемый к освоению подземных пространств и универсальным уникальным зданиям, вполне объясним.

Возможности современных технологий и оборудования предоставляют инженерам и строителям огромный выбор доступных способов устройства подземных и заглубленных сооружений. Широкий спектр технических решений по устройству ограждений котлованов и вариантов их крепления охватывает практически весь диапазон инженерно-геологических и гидрогеологических условий, требуемых глубин и плановых размеров сооружений. Выбор конструктивной схемы подземного сооружения, типа ограждения котлованов, способа его крепления и технологической последовательности работ в котловане должен быть продуман и взаимно увязан. В сложных условиях этот выбор следует выполнять на основании технико-экономического сопоставления вариантов.

Появление действительно масштабных уникальных комплексов — одна из последних тенденций. Очевидно, что проекты уникальных зданий с освоением подземных пространств требуют тщательной проработки. Приведенные в пособии нормы проектирования и опыт различного рода проектировщиков поможет при разработке новых подходов к моделированию и разработке проектов как студентам, так и практикующим специалистам. В существующей литературе опыт подобного рода разрознен и однобок. Комплексный подход к столь трудной задаче поможет скорее сформировать будущую концепцию здания (комплекса) и приступить к детальной проработке отдельных его фрагментов и используемых технологий.

Оценивая вышеизложенное, можно с уверенностью сказать, что строительство таких сооружений сегодня — необходимость. Современный проектировщик и строитель должен справляться с этой сложной задачей на достойном уровне. Представленное пособие призвано облегчить эту сложнейшую задачу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Маклакова, Т. Г.* Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования : монография. — Издание второе, дополненное / Т. Г. Маклакова. — М. : АСВ, 2008. — 464 с.
2. *Хэ, Цзиньчао.* Сто высотных зданий. Примеры объемно-планировочных решений / Хэ Цзиньчао, Сунь Лицзюнь. — М. : АСВ, 2007. — 132 с.
3. *Штоль, Т. М.* Технология возведения подземной части зданий и сооружений : учебное пособие для вузов / Т. М. Штоль. — М. : Стройиздат, 1990. — 288 с.

Учебное электронное издание

Чердниченко Татьяна Федотовна
Чеснокова Оксана Геннадьевна
Тухарели Владислав Димитриевич

ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ
УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Учебное пособие

Начальник РИО *М. Л. Песчаная*
Редактор *И. Б. Чижикова*
Компьютерная правка и верстка *Ю. С. Лозовицкая*

Минимальные систем. требования:
PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0.

Подписано в свет 21.07.2015.
Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 5,0. Объем данных 40 Мбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»
Редакционно-издательский отдел
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
<http://www.vgasu.ru>, info@vgasu.ru