

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

СКИФ



Кафедра «Городское строительство и
хозяйство»

Лекционный курс

Авторы

Шейна С.Г., Белаш В.В.,

Пискуновская Т.А.

Аннотация

Лекционный курс предназначен для специалистов, обучающихся по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»; магистрантов, обучающихся по направлению 08.04.01 «Строительство», профессионально-образовательная программа «Гражданское строительство» и бакалавров, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство», профиль «Промышленное и гражданское строительство».

Авторы

Шейна Светлана Георгиевна –

д.т.н., профессор, зав. кафедрой «ГСиХ»

Белаш Владимир Валентинович –

к.т.н., доцент кафедры «ГСиХ»

Пискуновская Татьяна Александровна –

ст. преподаватель кафедры «ГСиХ»

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лекция 1. Особенность строительства в условиях реконструкции и стесненной застройки.....	4
Лекция 2. Проектирование оснований и фундаментов реконструируемых зданий..	8
Лекция 3. Постановка фундаментов на сваи.....	15
Лекция 4. Возведение фундаментов вблизи существующих зданий	24
Лекция 5. Деформации зданий при проведении рядом с ними строительных работ	30
Лекция 6. Использование современных компьютерных технологий для расчета системы «возводимое здание – грунтовое основание – существующее здание»..	34
Лекция 7. Определение влияния различных факторов на поведение модели в ходе численных экспериментов	39
7.1. Влияние давления по подошве возводимого объекта на дополнительные деформации существующего дома	40
7.2. Влияние этажности существующего дома на его дополнительные деформации	41
7.3. Учет влияния расстояния между возводимым объектом и существующим домом	42
Лекция 8. Определение эффективности мероприятий, направленных на снижение воздействия возводимого здания на окружающую застройку	45
Лекция 9. Экспертная система «Мегаполис» – строительство и реконструкция в условиях плотной городской застройки	47
Лекция 10. Геотехническое сопровождение реконструкции городов	62
Лекция 11. Строительство метрополитена.....	67
Лекция 12. Виды техногенного воздействия на геологическую среду города	71
Лекция 13. Подтопление	75
Лекция 14. Изменение физических полей	80
Лекция 15. Геотехническое картирование	85
Лекция 16. Создание ГИС геологической среды города.....	92

Лекция 1.

Особенность строительства в условиях реконструкции и стесненной застройки

Огромные масштабы строительства в нашей стране вызывают постоянное расширение застраиваемых территорий. По данным А.П. Борисова и др. (1981), для строительства в среднем ежегодно отводится более 1 млн. га новых земель. Еще акад. С.Г. Струмилин указывал, что при подобных темпах развития площадь изымаемых для строительства земель к 2000 г. может составить около 10% всей территории страны, что приведет к тяжелым экологическим последствиям.

Учитывая это, в последние годы разрабатываются принципиально новые тенденции в современной строительной политике. В частности, особое внимание уделяется развитию и совершенствованию жилищно-гражданского строительства, а также реконструкции действующих промышленных предприятий.

Важным направлением градостроительства сейчас является повышение этажности и плотности застройки. Вместо отдельно стоящих зданий (свободная планировка кварталов) стали применяться сплошные комплексы протяженных зданий разной этажности, возводимых в разное время. Все большее внимание уделяется сохранению и реконструкции зданий старой постройки, особенно памятников архитектуры, строительству заглубленных и подземных сооружений разного назначения, которые нередко возводятся после завершения строительства зданий. Так, по данным института «Ленгипрогор», разработавшего генеральные планы развития 75 городов, плотность жилого фонда в м³ на 1 га территории жилых кварталов должна возрасти более чем в два раза.

Развитие городов (освоение присоединяемых территорий) осуществляется в настоящее время за счет использования неудобных или считавшихся ранее непригодными для строительства земель.

Реконструкция промышленных предприятий включает в себя также уплотнение застройки промышленной зоны, установку нового оборудования, что зачастую требует усиления существующих или устройства новых фундаментов, подземных коммуникаций и т. п.

Все эти проблемы неразрывно связаны с новыми решениями в фундаментостроении, причем масштаб этих решений резко возрастает. В.А. Ильичев (1987) отмечает, что уже в ближайший период около – строительства фундаментов будет осуществляться 4 в особых условиях реконструкции.

Основными факторами, которые должны приниматься во внимание при составлении и обосновании подобных проектов, являются следующие.

Изменение схемы здания, увеличение нагрузок на фундаменты

Реконструкция и капитальный ремонт зданий и сооружений производятся с целью устранения их физического и морального износа и обеспечения возможности расширения или выполнения дополнительного функционального назначения.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Обычно это сопровождается усилением или заменой конструктивных элементов здания, часто его надстройкой (увеличением этажности), внутренней перепланировкой и переоборудованием. В конечном счете это приводит к увеличению первоначальной массы здания на 30...50%, т. е. к возрастанию нагрузок на существующие фундаменты и к устройству новых фундаментов.

Одной из важнейших задач подготовки проекта реконструкции или капитального ремонта здания является детальная оценка изменения его конструктивной схемы в увязке с существующим исполнением фундаментов, а также определение новых нагрузок на существующие и дополнительно проектируемые фундаменты. При этом необходимо иметь в виду, что, если здание или сооружение имеет трещины и другие дефекты, увеличивать нагрузки на них можно только после усиления конструкции самого здания.

Состояние фундаментов

Обычная городская застройка, а иногда и промышленные предприятия характеризуются наличием зданий и сооружений, возраст которых может различаться десятилетиями и даже столетиями. Естественно, что конструкции и материалы фундаментов таких зданий, а также степень их износа могут существенно отличаться. Обследовав 655 зданий, построенных в период XVIII — XX вв., С.Н. Сотников выделил 9 различных по характеру типов конструкций фундаментов, как правило ленточных, основными материалами которых являлись валунная, бутовая или кирпичная кладка на известковом растворе, иногда подстилаемая песчаной подготовкой или деревянными лежнями или служащая ростверком для деревянных свай. Степень износа фундаментов оказалась различна и не всегда соответствовала возрасту зданий.

Массовое применение бетонных и железобетонных фундаментов началось только с первой четверти XX в.

Многочисленные исследования показывают, что износ фундаментов обуславливается двумя группами причин: *физико-механическими*, которые являются результатом взаимодействия фундамента с окружающей средой (гниение деревянных элементов фундаментов, выщелачивание вяжущего, разрушение кладки в агрессивной среде, коррозия арматуры и т. п.); *механическими*, вызванными неравномерными деформациями основания и различными внешними воздействиями (земляные работы вблизи здания, необоснованное увеличение нагрузок, динамическое воздействие транспорта и строительных механизмов и т. д.). Характерными видами разрушения здесь являются расслоение кладки и выкрашивание раствора из швов, трещины в бетонных и железобетонных фундаментах, приводящие к потере не только прочности, но и жесткости фундаментов.

При составлении проекта реконструкции здания необходимо тщательное обследование состояния фундаментов. С этой целью из шурфов производятся визуальный осмотр, обмер и описание фундаментов, включая подошву; оценка состояния материала фундамента механическими или геофизическими методами; лабораторные испытания образцов, отобранных из фундаментов. Важную роль при этом имеет и оценка гидроизоляции фундаментов, особенно при наличии

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

подвальных помещений. Проект реконструкции обязательно должен содержать проверку прочности существующих и конструирование усиленных фундаментов.

Изменение свойств грунтов основания

За время эксплуатации здания, подлежащего реконструкции или капитальному ремонту, возможно изменение гидрогеологической обстановки в пределах активной зоны основания сооружения (изменение уровня подземных вод, их агрессивности, загрязнение грунтовых вод технологическими отходами предприятия и т. п.). Поэтому исследования грунтов оснований реконструируемых зданий следует выполнять, так же как при новом проектировании, в соответствии с действующими нормативными документами. Если при реконструкции предусматривается уширение фундаментов или изменение их конструкции (например, переход к свайным фундаментам), это должно быть учтено при назначении толщи исследуемого основания.

Следует стремиться к сопоставлению данных изысканий для реконструкции с архивными материалами первичных изысканий. Во многих случаях, особенно если гидрогеологическая обстановка не претерпела значительных изменений, это позволяет ограничить объем дополнительных изысканий, а иногда даже использовать имеющиеся резервы несущей способности оснований.

Проект реконструкции здания должен включать расчет оснований по предельным состояниям. При этом необходимо обращать внимание на возможное увеличение мощности активной зоны, особенно при наличии в ее пределах слоев слабых подстилающих грунтов.

Развитие недопустимых перемещений

Общие или местные недопустимые деформации зданий могут возникать, как правило, по следующим причинам: а) если в процессе эксплуатации здания произошло значительное ухудшение свойств грунтов основания, не предусмотренное проектом (сильное увлажнение глинистых грунтов, замачивание лессовых или оттаивание мерзлых грунтов, резкое повышение уровня подземных вод, технологическое загрязнение основания и т. п.); б) в результате ошибок изыскателей, проектировщиков или строителей (неправильные данные изысканий, переоценка несущей способности оснований, значительное нарушение природной структуры верхних слоев грунта при разработке котлована и т.п.).

В этих случаях в здании могут возникнуть недопустимые деформации, что потребует проведения капитального ремонта и, как правило, усиления фундамента и укрепления основания. Известны случаи, когда недопустимые деформации приводили к необходимости разборки зданий.

Проведение строительных работ вблизи существующих зданий

Работы по реконструкции и ремонту зданий и сооружений, а также строительство новых объектов часто производятся в пределах уже застроенных территорий непосредственно в примыкании к существующим зданиям. Несоблюдение жестких требований к правилам проведения строительных работ в

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

таких условиях приводит к недопустимым деформациям и даже авариям зданий, требующим больших затрат на капитальный и восстановительный ремонт.

Наиболее опасными видами работ здесь являются: а) разработка вблизи существующих зданий котлованов и траншей, особенно с применением водопонижения, прокладка подземных коммуникаций и транспортных тоннелей; б) строительство вблизи существующего новых зданий, вызывающих дополнительные напряжения в активной зоне фундаментов существующего здания; в) динамические нагрузки на основание существующего здания от погружения вблизи него шпунта или свай.

Лекция 2.

Проектирование оснований и фундаментов реконструируемых зданий

Работы по проектированию оснований и фундаментов реконструируемых зданий обычно выполняются в следующем порядке:

1) анализируются материалы технического заключения по состоянию фундаментов и инженерно-геологическому обследованию основания. При наличии в конструкциях здания и фундаментов разрушений, трещин или при необходимости их усиления указываются причины деформаций и рекомендуемые способы укрепления;

2) проводится освидетельствование здания и устанавливается его конструктивная схема. Определяются действующие и проектируемые нагрузки;

3) выполняются расчеты и конструирование усиления фундаментов и укрепления оснований, если в этом возникает необходимость.

Принципы расчетов существующих и дополнительно возводимых фундаментов во многом различны. Для существующих фундаментов после сбора нагрузок с учетом реконструкции вычисляют напряжения на контакте стены или колонны с верхним обрезом фундамента и в уровне подошвы фундамента. Затем по обычной схеме проверяют прочность материала фундамента и стен (или колонн) на местное смятие, а также прочность грунта в уровне подошвы фундамента из условий не превышения фактического давления на грунты над расчетным сопротивлением по СНИПу. В зависимости от результатов проверки принимается решение о необходимости усиления конструкции фундаментов, изменения их вида и размеров, укрепления грунтов основания.

При проектировании новых фундаментов глубину их заложения выбирают с учетом заложения существующих фундаментов. При необходимости учитывается взаимное влияние существующих и новых фундаментов. Размеры фундаментов определяются с учетом действующих нагрузок и свойств оснований.

Проводятся расчеты существующих и новых фундаментов по предельным состояниям, причем неравномерность деформаций новых и существующих фундаментов, рассчитанных на воздействие дополнительных нагрузок, не должна превышать допустимые СНИПом величины.

Проверка несущей способности оснований реконструируемых зданий

При необходимости увеличения нагрузок на основание существующих фундаментов расчетное сопротивление грунта должно назначаться с учетом фактического значения его характеристик как под подошвой фундаментов, так и в пределах активной зоны. Опыт показывает, что длительная эксплуатация построенных зданий, как правило, приводит к увеличению несущей способности грунтов основания по сравнению с принятой при первоначальном проектировании. Это объясняется тем, что для ряда разновидностей грунтов расчетные

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

сопротивления, рекомендуемые нормами разных лет, постоянно повышались. Так, значения R_0 для песчаных грунтов приведены в табл. 1. С другой стороны, это вызывается некоторым уменьшением коэффициента пористости и увеличением удельного сцепления и модуля деформации как из-за уплотнения грунтов при осадке здания, так и за счет развития физико-химических процессов на контактах твердых частиц грунта.

Таблица 1

Значения R_0 (МПа) по нормам разных лет

Песок	1932 г		1938 — 1962 гг.		1974 — 1983 гг.	
	плотные	средней плотности	плотные	средней плотности	плотные	средней плотности
Средней крупности	0,3...0,15	0,225...0,1	0,35	0,25	0,5	0,4
Мелкий маловлажный	0,2	0,15	0,3	0,2	0,4	0,3
Мелкий влажный и насыщенный водой	0,1	0,05	0,25	0,15	0,3	0,2

С учетом этих факторов П. А. Коновалов (1988) рекомендует определять допустимые давления на грунты основания существующих фундаментов после реконструкции и увеличения нагрузки по формуле:

$$p \leq R' = Rmk, \quad (1)$$

где R' – новое значение расчетного сопротивления грунта;

R – расчетное сопротивление, найденное по формуле СНиП 2.02.01 – 83;

m – коэффициент, учитывающий изменение физико-механических свойств грунтов основания под подошвой фундаментов за период эксплуатации здания после завершения консолидации осадок;

k – коэффициент, определяемый отношением расчетной осадки S_R к предельно допустимой осадке S_{II} .

Коэффициент m зависит от отношения давления на основание до надстройки p_0 к расчетному давлению R . При $p_0/R > 0,8$ $m=1,3$; при $p_0/R = 0,8...0,7$ $m=1,15$; при $p_0/R < 0,7$ $m= 1$. Коэффициент k для различных видов грунтов определяется согласно следующим данным:

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

<i>Пески:</i>	<i>Значения k</i>
крупные и средней крупности	1,4
мелкие	1,2
пылеватые	1,1
<i>Глинистые грунты:</i>	
$I_L \leq 0$	1,2
$I_L \leq 0,5$	1,1

Указанные значения k действительны при $S_R/S_U=0,2$; при $S_R/S_U=0,7$ коэффициент $k=1$. Для промежуточных значений k принимают по интерполяции.

Пример. Определить необходимость уширения ленточного фундамента глубиной заложения $d=1,6$ м, шириной $b = 1,4$ м, спроектированного по нормам 1962 г. под 4-этажное кирпичное здание при надстройке его в 1993 г. до 6 этажей. В пределах активной толщи основания залегают пески мелкие, влажные, средней плотности. По нормам 1962 г. им соответствует $R = 150$ кПа (табл. 9.1).

Нагрузки на 1 м фундамента существующего здания составляют: постоянные $N^P_n = 167,5$ кН, временные $N^P_v = 13,8$ кН, от фундамента и грунта на обрезах $N_\phi = 21,1$ кН. Среднее давление под подошвой существующего здания $p_0 = 144$ кПа. Расчетная осадка $S_R = 4,5$ см; предельная осадка $S_U = 10$ см.

Определим увеличение нагрузки на 1 м фундамента от надстраиваемых двух этажей: постоянная $N^P_n=65$ кН, временная $N^P_v = 4,5$ кН. Тогда общая нагрузка на 1 м фундамента после реконструкции составит $\sum N=271,9$ кН.

Определим по формуле (9.1) допустимое давление на грунты основания реконструируемого здания (для простоты возьмем значение $R = 200$ кПа из табл. 9.1, соответствующее нормам 1983 г.). Так как $p_0/R = 144/200 = 0,72$, то $m = 1,15$. Отношение $S_R/S_U = 4,5/10 = 0,45$, тогда по интерполяции $k=1,1$. Следовательно,

$$R'=Rmk=200 \cdot 1,15 \cdot 1,1=253 \text{ кПа.}$$

Среднее давление под подошвой фундамента после реконструкции составит

$$p=\sum N/b=271,9/1,4=194 \text{ кПа} < R'=253 \text{ кПа.}$$

Таким образом, уширение фундамента из условия $p \leq R'$ при надстройке здания не требуется.

Реконструкция, ремонт и усиление фундаментов

Если реконструируемое или ремонтируемое здание имеет трещины и другие дефекты, вызванные неравномерными деформациями, то, как правило, эти дефекты распространяются и на фундаменты. В таком случае проект реконструкции должен предусматривать совместный ремонт как конструкций, так и фундаментов здания. При проектировании ремонта деформируемых стен следует предусматривать возможность частичной разгрузки поврежденных участков путем передачи нагрузки на соседние элементы фундаментов. В этом и других случаях (увеличение нагрузок, надстройка здания и т. п.) может оказаться,

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

что прочность существующих фундаментов недостаточна или давление под подошвой фундамента превышает расчетное сопротивление, определяемое по формуле (1). Тогда приходится прибегать к следующим мероприятиям: укрепление кладки фундамента; уширение фундамента; устройство промежуточных и выносных опор; постановка фундамента на сваи.

Указанные выше работы, как правило, связаны с необходимостью вскрытия фундамента, трудоемкие, дорогостоящие и требуют тщательного соблюдения техники безопасности. Не следует отрывать сплошную траншею на всю длину ремонтируемого фундамента, так как это может привести к выпору грунта из-под его подошвы и развитию значительных местных деформаций. Обычно в зависимости от гидрогеологических условий ремонтируемый участок фундамента разбивают на захватки длиной 1,5...2,5 м, где отрывается на всю глубину заложения фундамента траншея шириной 1,2...2 м. Стенки траншеи подлежат обязательному креплению. Стена или колонна в пределах укрепляемого участка при необходимости раскрепляется подкосами. По окончании работ траншею засыпают, а грунт обратной засыпки плотно утрамбовывают.

Укрепление кладки фундамента. Если прочность материала бутового, бетонного или железобетонного фундамента недостаточна или имеются отдельные повреждения, часто применяют укрепление цементацией (рис. 9.1, а). Для этого в теле фундамента пробуриваются отверстия для установки инъекторов, через которые под давлением 0,2...0,6 МН/м² нагнетают цементный раствор с водоцементным отношением 1:1. Обычно зона закрепления составляет объем диаметром 0,6...1,2 м вокруг инъектора. Из этих условий исходят при определении расстановки инъекторов. Средний расход цементного раствора при закреплении фундамента составляет порядка 25...35% объема ослабленной кладки.

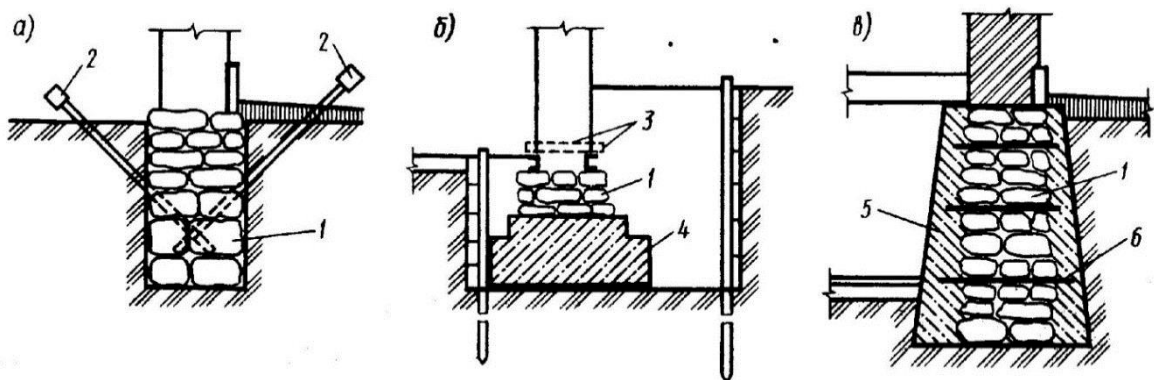


Рис. 1. Укрепление кладки фундамента:

а – цементацией; б – заменой слабого участка; в – обоймой; 1 – старая кладка фундамента; 2 – инъекторы; 3 – металлические подкрепляющие балки; 4 – вновь возводимая часть фундамента; 5 – бетонная обойма; 6 – анкерующие стержни

При значительном ослаблении нижней части фундамента агрессивными водами, гниением древесины или по другим причинам производят ее замену бетонным или железобетонным элементом (рис. 9.1, б). При этом на период

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

ремонтных работ нагрузку от надфундаментного строения передают на соседние участки через металлические подкрепляющие балки. Подобную схему применяют и при увеличении глубины заложения фундаментов.

Распространенным способом укрепления фундамента является устройство бетонной (рис. 9.1, в) или железобетонной обоймы. Минимальная толщина бетонной обоймы 10...15 см, железобетонной – не менее 15 см. Взятие фундамента в обойму приводит также к некоторому увеличению ширины подошвы фундамента и соответственно уменьшению давления на основание. Иногда для этой цели специально увеличивают толщину обоймы, создавая двусторонние или односторонние (при внецентренной нагрузке) банкеты. Для того чтобы более полно включить в работу не обжатые ранее под уширяемой частью фундамента участки грунта, в него втрамбовывают 5... 10-сантиметровый слой щебня или гравелистого песка.

Бетонная обойма скрепляется с телом фундамента анкерными стержнями диаметром 20 мм, закладываемыми с расстоянием 1...1,5 м. Железобетонная обойма армируется сеткой и заделывается в теле фундамента с помощью анкеров или несущих балок. Конструкции различных типов таких фундаментов приведены в работах (Ройтман А. Г. и др., 1978; Коновалов П. А., 1988; Мальчинов и др., 1989).

Уширение фундамента, устройство промежуточных опор. Если расчетное сопротивление, определяемое по формуле (1), меньше среднего давления по подошве реконструируемого фундамента, устраивают его уширение с целью увеличения площади передачи давления на основание. Примеры таких конструктивных решений промышленных зданий приведены на рис. 9.2.

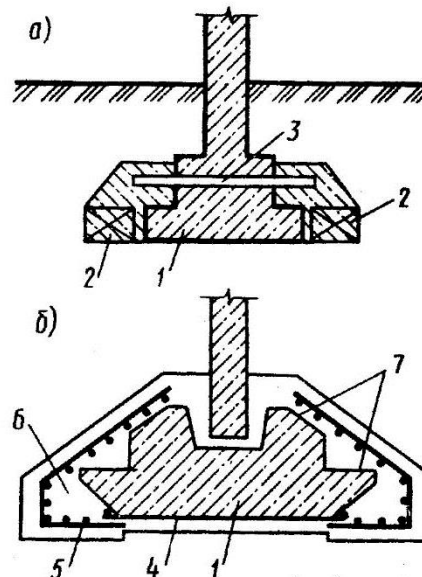


Рис. 2. Увеличение опорной площади фундамента:

а – с помощью дополнительных блоков; б – омоноличивание фундамента; 1 – существующий фундамент; 2 – дополнительные блоки; 3 – распределительная балка; 4 – арматура существующего фундамента; 5 – новая арматура; 6 – новый бетон; 7 – поверхность выработки существующего фундамента

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

В случае рис. 9.2, а сборные дополнительные блоки омоноличиваются с существующим фундаментом с помощью распределительной балки. Возможны три варианта работы такой конструкции (Е. А. Сорочан, 1986). Если произвести омоноличивание блоков без предварительного их задавливания в основание, то после нагружения фундамента дополнительной нагрузкой среднее давление под подошвой существовавшего ранее фундамента будет больше, чем под консолями, образованными дополнительными блоками, т. е. эпюра давлений будет приближаться к параболической. Если же вначале произвести вдавливание блоков нагрузкой, соответствующей среднему давлению под подошвой существующего фундамента, а затем омонолитить всю систему, эпюра давления под подошвой нового фундамента будет близка к прямоугольной. И наконец, если создать, под подошвой блоков давление, значительно превышающее давление под подошвой существующего фундамента, то после омоноличивания системы и передачи на нее дополнительной нагрузки вид эпюры давлений будет близок к седлообразному.

При уширении фундамента по схеме, показанной на рис. 2, б, можно воспользоваться также повышением жесткости грунта под консолями за счет втрамбовывания в грунт гравия или гравелистого песка.

При реконструкции зданий, возведенных на неоднородном основании, сложенном слабыми грунтами, и при необходимости передачи больших дополнительных нагрузок, вызывающих опасность значительных неравномерных деформаций, эффективным решением является подводка под здание монолитной фундаментной плиты. На рис.3 показан пример такого решения для здания, имевшего до реконструкции ленточные фундаменты. Фундаментную плиту целесообразно располагать на высоте $h = 75...80$ см от подошвы существующих фундаментов. Плита армируется по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Толщина ее определяется расчетом и составляет не менее 25 см. Заделку в стены существующих фундаментов выполняют на 35...40 см. Сечение прогонов обычно составляет 50 x 100 см, ребер – 30 x 40 см с шагом порядка 2,5 м.

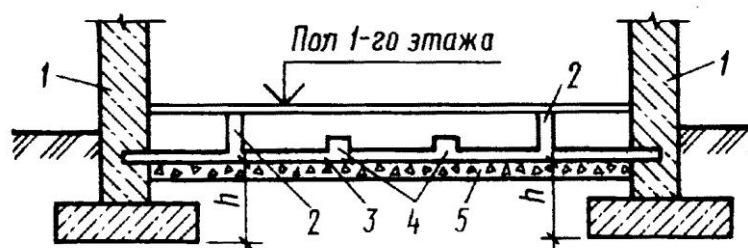


Рис. 3. Подводка под здание фундаментной плиты:

1 – существующие фундаменты; 2 – прогоны фундаментной плиты; 3 – ребристая железобетонная фундаментная плита; 4 – ребра жесткости; 5 – щебеночная подготовка

Перед устройством фундаментной плиты под нее укладывается щебеночная подготовка общей толщиной 15...20 см с плотной послойной трамбовкой,

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

В ряде случаев в реконструируемых зданиях из условий новой планировки или для уменьшения нагрузок на существующие опоры устраивают промежуточные дополнительные опоры. Фундаменты таких опор выполняют как сборными, так и монолитными и проектируют в соответствии с действующими Нормами. Если эти опоры являются составными элементами новой конструкции здания, необходимо иметь в виду следующие условия. Во-первых, максимальные и средние абсолютные осадки новых опор не должны превышать допустимые Нормами; во-вторых, разность осадок соседних опор не должна превышать допустимого Нормами значения. При этом следует иметь в виду, что осадки существующих в здании опор уже стабилизировались или за счет дополнительной нагрузки будут иметь некоторую величину.

Лекция 3.

Постановка фундаментов на сваи

При необходимости передачи увеличивающихся на фундамент значительных нагрузок на нижние более прочные слои основания используют усиление фундамента подводкой свай. Несущую способность и число свай определяют расчетом. Недостаток этого решения заключается в сложности производства работ. Забивка свай при усилении фундаментов не применяется, так как возникающие при этом динамические воздействия могут оказать вредное влияние на реконструируемое здание. Иногда производят задавливание отдельными звеньями призматических свай до набора требуемой длины, упираясь домкратом в подошву вскрытого фундамента. Однако и такая схема является крайне трудоемкой и сложной в исполнении.

Наиболее часто для этих целей используют набивные сваи. Один из способов устройства заключается в том, что рядом с существующим фундаментом пробуриваются скважины, которые заполняют бетоном с последующим механическим или пневматическим уплотнением (рис. 4, а). Другим распространенным способом является устройство буроинъекционных свай (рис. 4, б).

Несмотря на отмеченные выше сложности постановки фундаментов на сваи, очевидным достоинством этого конструктивного решения является возможность восприятия значительных горизонтальных и моментных нагрузок за счет увеличения расстояния между осями вертикальных свай или при использовании наклонных свай.

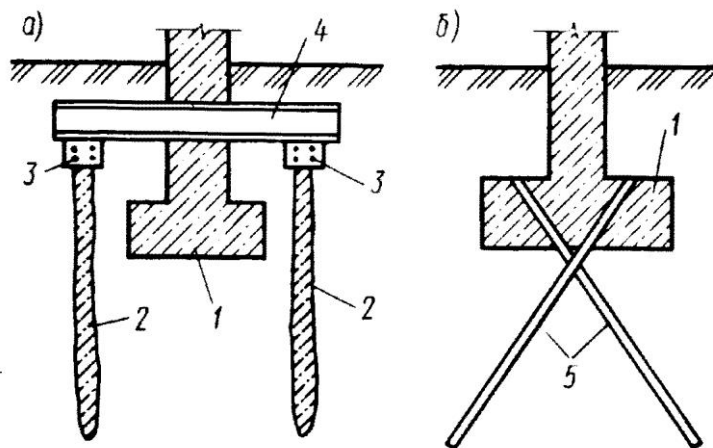


Рис. 4. Постановка фундаментов на сваи:

а- набивные сваи; б – буроинъекционные сваи; 1- существующий фундамент; 2- набивные сваи; 3- ростверк; 4- рандбалка; 5- буроинъекционные сваи

Укрепление оснований

Если задачи реконструкции не удастся решить с помощью уширения фундаментов или при этом ожидается развитие чрезмерных деформаций, следует прибегнуть к укреплению грунтов основания. Перечень наиболее распространенных способов и условия их применения приведены в табл. 2.

Физико-механические и технологические особенности этих способов подробно рассмотрены ниже. Однако при их использовании в целях укрепления оснований существующих зданий возникают некоторые дополнительные трудности, например давление цементации должно быть ограничено величинами, безопасными для состояния фундаментов и конструкций зданий.

Таблица 2.

Способы укрепления грунтов основания

Способы укрепления	Виды грунтов	Коэффициент фильтрации м/сут
Цементация	Трещиноватые скальные и закарстованные грунты	-
	Крупнообломочные	80...500
	Песчаные	2...80
	Песчаные	0,5...5,0
Силикатизация: двухрастворная	Просадочные	Не менее 0,2
	Песчаные	5...50
однорастворная	Просадочные	Не менее 0,1
газовая	Песчаные и глинистые	0,005...0,5
Электросиликатизация	Водонасыщенные глинистые и пылеватые грунты	$10^{-2}...10^{-6}$
Электрохимическое закрепление	Песчаные	0,5...50
Смолизация	Просадочные, глинистые	При любом значении
Термический		

Закрепление грунтов заключается в искусственном преобразовании строительных свойств грунтов в условиях их естественного залегания разнообразными физико-химическими методами. В процессе закрепления между частицами грунта возникают прочные структурные связи за счет инъецирования в грунт и последующего твердения определенных реагентов. Это обеспечивает увеличение прочности грунтов, снижение их сжимаемости, уменьшение водопроницаемости и чувствительности к изменению внешней среды, особенно влажности. Важным условием применимости инъекционных методов закрепления является достаточно высокая проницаемость грунтов.

Методы инъекционного закрепления грунтов, не сопровождаемые механическими, в особенности динамическими воздействиями, в основном применяют для усиления оснований сооружений, защиты существующих зданий и сооружений при строительстве новых, в том числе подземных, сооружений, создания противодиффузионных завес. Вследствие их высокой стоимости

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

целесообразность применения методов закрепления грунтов на вновь осваиваемых строительных площадках должна обосновываться технико-экономическим расчетом.

Цементация грунтов. Этот метод применяют для упрочнения насыпных грунтов, галечниковых отложений, средних и крупнозернистых песков при коэффициенте фильтрации упрочняемых грунтов более 80 м/сут. Цементацию используют также для заполнения карстовых пустот, закрепления и уменьшения водопроницаемости трещиноватых скальных грунтов.

Цементационный раствор обычно состоит из цемента и воды при водоцементном отношении 0,4...1,0.

Для цементации грунтов применяют забавные иньекторы или иньекторы-тампоны, опускаемые в пробуренные скважины. Иньекторы представляют собой трубу диаметром 25...100 мм, снабженную перфорированным звеном длиной 0,5...1,5 м. После погружения иньектора в грунт или скважину в трубу под давлением подается чистая вода и скважина промывается. Затем через трубу нагнетается цементный раствор, который, проникая в грунт, цементирует его.

При цементации карстовых пустот и трещиноватой скалы применяют цементационный раствор при небольшом водоцементном отношении. Кроме того, в раствор часто добавляют песок.

Радиус закрепления грунта, давление нагнетания, расход цементного раствора и прочность зацементированных грунтов устанавливают в процессе опытных работ.

Метод цементации применяют также для усиления конструкции самих фундаментов. Для этого в теле фундаментов пробуриваются шпуры, через которые в материал или кладку фундамента под высоким давлением нагнетается цементный раствор.

Силикатизация грунтов. Применяют для химического закрепления песков с коэффициентом фильтрации от 0,5 до 80 м/сут, макропористых просадочных грунтов с коэффициентом фильтрации от 0,2 до 2,0 м/сут и отдельных видов насыпных грунтов. Сущность метода заключается в том, что в грунты нагнетается силикат натрия (или калия) в виде раствора (жидкое стекло), которым заполняется поровое пространство и при наличии отвердителя образуется гель, твердеющий с течением времени.

Песчаные грунты с коэффициентом фильтрации 2...80 м/сут закрепляются двухрастворным способом силикатизации, разработанным Б. А. Ржаницыным. Способ заключается в следующем. В грунт погружаются иньекторы, представляющие собой трубы диаметром 38 мм с нижним перфорированным звеном длиной 0,5...1,5 м. Через иньекторы в грунт нагнетается раствор силиката натрия под давлением до 1,5 МПа. Через соседнюю трубу нагнетают раствор хлористого кальция. Иньекторы погружаются попарно на расстоянии 15...25 см друг от друга. Иногда оба раствора поочередно нагнетаются через один и тот же иньектор. Раствор силиката натрия вводится в грунт заходками 1 м по глубине при погружении иньектора. Затем такими же заходками, но уже в процессе извлечения иньектора производится нагнетание второго раствора. Радиус закрепления грунта составляет 30...100 см. Процесс гелеобразования протекает очень быстро. После

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

полного твердения геля, на что требуется 28 дней, закрепленный песчаный грунт приобретает прочность на одноосное сжатие 2...5 МПа.

При закреплении мелких песков и плывунов, имеющих коэффициент фильтрации в пределах 0,5...1,0 м/сут, в грунт нагнетается подготовленный заранее гелеобразующий раствор, представляющий собой смесь растворов крепителя и отвердителя. Варьируя состав отвердителя, можно регулировать в широких пределах (от 20...30 мин до 10...16 ч) время гелеобразования. Для обеспечения необходимого радиуса закрепления в малопроницаемых грунтах применяются рецептуры с большим временем гелеобразования.

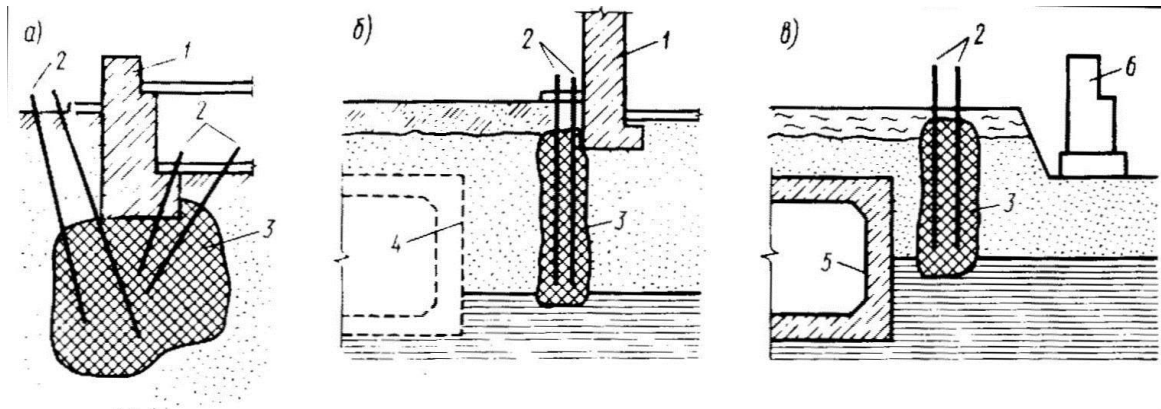


Рис. 5. Схемы закрепления методом силикатизации оснований фундаментов (а), защиты фундаментов зданий при строительстве подземных сооружений (б), при возведении зданий (в):

1 – фундамент; 2 – инъекторы; 3 – зоны закрепления; 4 – строящееся подземное сооружение; 5 – существующий тоннель; 6 – строящееся здание

Прочность гелей кремниевой кислоты по одnorастворным рецептурам невелика. Закрепленные ими пески и плывуны приобретают прочность на одноосное сжатие порядка 0, 2 МПа, за исключением кремнефторсиликатной рецептуры, придающей прочность до 2... 4 МПа, и силикатно-органических рецептур.

Силикатизация эффективна для закрепления макропористых лессовых грунтов вследствие их высокой проницаемости. Особенностью силикатизации лессов является то, что в состав этих грунтов входят соли, выполняющие роль отвердителя жидкого стекла. Поэтому силикатизация лессов проводится классическим одnorастворным методом, осуществляемым инъекцией в толщу лессовых грунтов раствора силиката натрия. Процесс закрепления происходит мгновенно, прочность растет очень быстро и может достигать для закрепленного массива 2 МПа и более. Закрепление водостойчиво, что обеспечивает ликвидацию просадочных свойств.

На рис. 5 показаны примеры использования силикатизации в строительстве.

В нашей стране по предложению В.Е. Соколовича применяют газовую силикатизацию песчаных и макропористых лессовых грунтов, основанную на использовании в качестве отвердителя жидкого стекла углекислого газа (диоксида

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

углерода). Технология способа состоит в том, что в грунт через забитые инъекторы или специально оборудованные скважины нагнетается углекислый газ для предварительной активизации грунта, затем раствор силиката натрия и вторично углекислый газ для отверждения. Прочность закрепленных методом газовой силикатизации песков составляет 0,8... 1,5 МПа, лессовых грунтов – 0,8...1,2 МПа.

Для сплошного закрепления массива грунта инъекторы располагают в шахматном порядке. Расстояние между рядами инъекторов определяют по формуле:

$$a=1,5r, \quad (2)$$

а расстояние между инъекторами в ряду – по формуле:

$$a = 1,73r, \quad (3)$$

где r – радиус закрепления, меняющийся в зависимости от рецептуры закрепляющих растворов и коэффициента фильтрации грунта в пределах 0,3...1,0 м.

Объемы закрепляющих растворов находят по зависимости

$$V_s = 100Vna_s \quad (4)$$

где V – объем закрепляемого грунта;

n – пористость грунта;

a_s – коэффициент, принимаемый при двухрастворной силикатизации для каждого раствора 0,5; при однорастворной силикатизации песков – 1, 2; лессовых просадочных грунтов – 0,7; при газовой силикатизации песчаных грунтов – 0,7; пlyingунов и лессовых просадочных грунтов – 0, 8.

Уточнение технологической схемы и параметров закрепления производится путем проведения опытных работ. Качество закрепления грунтов проверяют бурением контрольных скважин с отбором кернов, вскрытием шурфов с отбором образцов, определением удельного водопоглощения, методами электрокаротажа и зондирования.

Смолизация. Метод закрепления грунтов смолами получил название смолизации. Сущность его заключается во введении в грунт высокомолекулярных органических соединений типа карбамидных, фенолформальдегидных и других синтетических смол в смеси с отвердителями – кислотами, кислыми солями.

Через определенное время в результате взаимодействия с отвердителями смола полимеризуется. Обычное время гелеобразования 1,5...2,5 ч при времени упрочнения до 2 сут. Метод смолизации рекомендуется для закрепления сухих и водонасыщенных песков с коэффициентом фильтрации 0, 5...25 м/сут. Прочность на одноосное сжатие закрепленного карбамидной смолой песка колеблется в пределах 1...5 МПа и зависит в основном от концентрации смолы в растворе.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Организация работ по закреплению грунтов смолами аналогична организации работ по силикатизации. Радиус закрепленной области основания составляет 0,3...1,0 м в зависимости от коэффициента фильтрации песка. Метод относится к числу дорогостоящих. Закрепление карбамидными смолами успешно применялось при строительстве Новолипецкого завода, Харьковского метрополитена.

Глинизация и битумизация. Глинизацию применяют для уменьшения водопроницаемости песков. Технология глинизации заключается в нагнетании через инъекторы, погруженные в песчаный грунт, водной суспензии бентонитовой глины с содержанием монтмориллонита не менее 60%. Глинистые частицы, выпадая в осадок, заполняют поры песка, в результате чего его водопроницаемость снижается на несколько порядков.

Битумизацию применяют в основном для уменьшения водопроницаемости трещиноватых скальных пород. Метод сводится к нагнетанию через скважины в трещиноватый массив расплавленного битума или специальных битумных эмульсий. При этом происходит заполнение трещин и пустот и массив становится практически водонепроницаемым.

Электрохимическое закрепление грунтов. Метод применяют для закрепления водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов в сочетании с электроосмосом. В этом методе через аноды в грунт подают водные растворы солей многовалентных металлов, которые, соединяясь с глинистым грунтом, коагулируют глинистые частицы. Создаются глинистые агрегаты, сцементированные между собой гелями солей железа и алюминия. При этом прочность грунтов существенно возрастает, резко снижается их способность к набуханию.

Напряжение тока при электрохимическом закреплении составляет 80...100 В, плотность тока 5...7 А/м², расход энергии 60... 100 кВт*ч на 1 м³ закрепляемого грунта.

Термическое закрепление грунтов. Применяют для упрочнения маловлажных пылевато-глинистых грунтов, обладающих газопроницаемостью. Наиболее часто этот метод используется для устранения просадочных свойств макропористых лессовых грунтов. Глубина закрепляемой толщи достигает 20 м.

Сущность метода термической обработки заключается в том, что через грунт в течение нескольких суток пропускают раскаленный воздух или раскаленные газы. Под действием высокой температуры отдельные минералы, входящие в состав скелета, оплавляются. В результате этого образуются прочные водостойкие структурные связи между частицами и агрегатами грунта. Кроме того, при обжиге грунты теряют значительную часть химически связанной воды, что изменяет свойства грунтов и уменьшает или полностью ликвидирует просадочность, размокаемость, способность к набуханию.

Температура газов, которыми производится обработка грунта, не должна превышать 750...850° С. Если температура газов окажется выше, стенки скважин оплавляются и становятся газонепроницаемыми. При температурах ниже 300° С ликвидация просадочности лессов не происходит.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Существуют различные способы, оборудование и технологические схемы термического закрепления.

Одна из технологий заключается в следующем. Пробурируют скважины диаметром 100...200 мм, которые закрывают специальными керамическими затворами. В затворе оборудуется камера сгорания, к которой подают топливо (горючие газы, соляровое масло, нефть и т.п.) и воздух под давлением. Для обеспечения заданной температуры обжига необходимо, чтобы количество воздуха, нагнетаемого в скважину, было не меньше установленной величины.

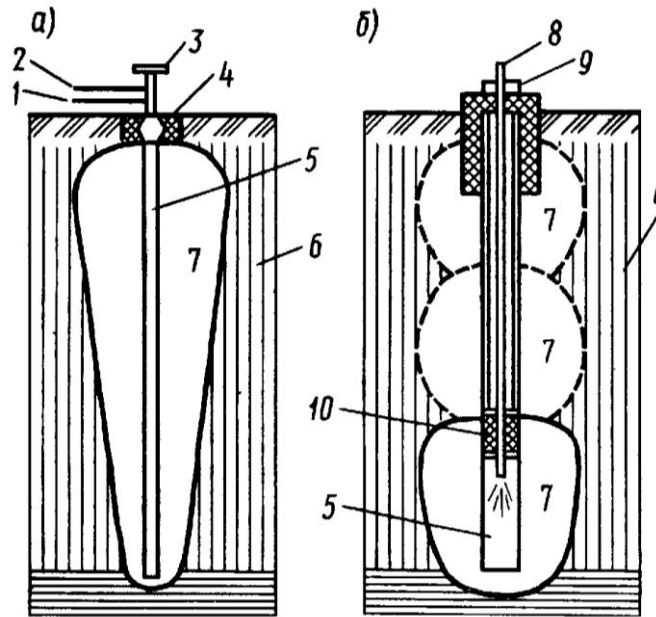


Рис. 6 Схемы термического закрепления грунтов при сжигании топлива в устье скважины (а) и при передвижении камеры сгорания вдоль скважины (б):
 1 – трубопровод для жидкого топлива; 2 – то же, для воздуха; 3 – форсунка; 4 – затвор с камерой сгорания; 5 – скважина; 6 – просадочный лессовый грунт; 7 – зона термического закрепления; 8 – гибкий шланг; 9 – натяжное устройство; 10 – жароизолирующий материал

Для поддержания температуры 750...850° С расход воздуха на 1 кг горючего составляет 34...39 м. При указанном количестве воздуха и средней газопроницаемости грунта порядка 25 м³/ч количество сгораемого горючего на 1 м длины скважины не должно превышать 0,85 кг/ч. Термическая обработка производится непрерывно в течение 5...12 сут. После обработки скважины аппаратуру затворов снимают и переставляют на скважины следующего участка.

В результате термической обработки получается упрочненный конусообразный массив грунта диаметром поверху 1,5...2,5 м, а понизу

на глубине 8...10 м около 0,2...0,4 диаметра поверху (рис. 6, а). Образуется как бы коническая свая из обожженного непросадочного грунта с прочностью до 10 МПа. Каждая такая свая вследствие понижения температуры по мере удаления от скважины окружена оболочкой просадочного грунта в пределах зоны температур ниже 300° С.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Применяется также другая технология, которая позволяет сжигать топливо в любой по глубине части скважин, в том числе и в нижней части. В результате этого можно создавать обожженные грунтовые массивы (термосваи) постоянного сечения, с уширением внизу или вверху. Сроки обжига в этом случае несколько сокращаются, упрощается технология работ.

Способ состоит в том, что по длине скважины передвигается камера сгорания, позволяющая обжигать грунт на любом участке скважины. Участок обжига отделяется от остальной части скважины жароупорными диафрагмами-отсекателями. Так, при применении жидкого или газообразного топлива форсунка для его сжигания устанавливается в верхней части передвижной камеры сгорания непосредственно под нижней регулируемой раздвижной диафрагмой (рис. 6, б).

Грунты обжигают в виде отдельных грунтостолбов под фундаменты колонн промышленных цехов или гражданских зданий, а в некоторых случаях производят обжиг грунтового массива в основании всего здания. В этом случае грунтостолбы размещают таким образом, чтобы обожженные упрочненные зоны соприкасались между собой.

Контроль процесса термического закрепления сводится к определению количества тепла, которое прошло через скважину в окружающий грунт. После окончания работ отбирают образцы закрепленного грунта на различном расстоянии от скважины и испытывают их в лабораторных условиях. При термическом закреплении массива в виде отдельных термосвай рекомендуется проведение опытного закрепления с испытанием термосвай статической нагрузкой. При сплошном обжиге грунтов в основании, когда грунтостолбы соприкасаются друг с другом, испытывают обожженный массив штампами площадью не менее 10000 см².

Цементацию часто применяют для заполнения пустот и каверн в закарстованных основаниях. Известен случай закрепления закарстованных лёссов основания одной из АЭС, способствовавшего устранению фильтрационной неоднородности, снижению водопроницаемости и предотвращению развития суффозионных процессов в основании. Это позволило избежать развития опасных деформаций сооружения.

В крупнообломочных и песчаных грунтах цементация чаще применяется для создания водонепроницаемых завес, чем для повышения несущей способности основания. Известны случаи укрепительной цементации таких грунтов, когда под влиянием длительной фильтрации из-под фундаментов выносились мелкие частицы, создавая разуплотненное состояние основания.

Силикатизацию используют обычно для местного укрепления грунта под отдельными опорами. Иногда, при высокой ценности сооружения, применяют сплошную силикатизацию слабых грунтов или передают нагрузку от фундаментов на своеобразную подушку из закрепленного силикатизацией грунта. Подобное решение использовалось, например, при реконструкции Одесского театра оперы и балета. Следует отметить, что до настоящего времени стоимость работ по укреплению грунта силикатизацией еще достаточно высока.

Смолизация не нашла еще массового применения и обычно используется для особо важных зданий и сооружений. Так, укрепление песчаных оснований

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

карбамидными смолами применялось при реконструкции театра оперы и балета в Санкт-Петербурге, Новолипецкого металлургического комбината, где этим способом было закреплено до 15 000 м³ грунта.

Резкое увеличение объемов реконструкции зданий и сооружений в предстоящие годы будет способствовать появлению новых и значительному удешевлению существующих способов закрепления грунтов оснований. Одним из таких способов является струйная технология для закрепления оснований и создания несущих конструкций в грунте, описанная в работе П. А. Коновалова (1988).

Лекция 4. Возведение фундаментов вблизи существующих зданий

Возведение зданий вблизи или вплотную к уже существующим; является значительно более сложной задачей, чем строительство отдельно стоящего дома. Опыт показывает, что пренебрежение особыми условиями такого строительства может приводить к появлению в кладке стен ранее построенных зданий трещин, перекосам проемов и лестничных маршей, к сдвигу плит перекрытий, т. е, к нарушению нормальных условий эксплуатации существующих зданий, а иногда даже к авариям. Особенно возрастает опасность подобных деформаций при строительстве на основаниях, сложенных слабыми грунтами.

С. Н. Сотников и др. (1986) приводят данные по обследованию в Санкт-Петербурге 128 домов, вблизи которых были построены новые здания. До 80% из них получили повреждения различной степени, вплоть до аварийных. Неповрежденными оказались в основном те дома, которые были выше новых, а чем выше были новые дома против существующих, тем значительно оказались повреждения. Аналогичное положение отмечалось и в других городах страны, а также на ряде промышленных объектов.

Характерный пример, заимствованный из указанной выше работы, приведен на рис. 7. Здания I (шестиэтажное, постройки 1956 г.) и III (четырёхэтажное, постройки 1937 г.) находились в состоянии нормальной эксплуатации до начала строительства в 1972 г. 11-этажного кирпичного здания II. Проект возведения нового здания не содержал каких-либо мер, направленных на защиту конструкции существующих зданий. К 1983 г. осадка здания II превысила 20 см, и стабилизация деформаций не наступила. Прогнозируемая осадка этого здания ожидается в 36 см.

Начальные повреждения зданий I и III появились еще в период строительства здания II, а при достижении дополнительной осадки вблизи линии примыкания 7...8 см эти здания пришли в аварийное состояние. В пределах участков В (рис. 7) образовались наклонные трещины с раскрытием более 10 см, произошел сдвиг перекрытий и лестничных маршей. На участках Г развились вертикальные трещины, которые прослеживались от карниза до фундамента. Это привело к необходимости капитального ремонта зданий и даже разборки и возведения вновь части здания III.

Дополнительная осадка фундаментов зданий I и III при строительстве нового распространялась на расстояние до 20 м. Чрезмерное ее значение вблизи примыкания и явилось основной причиной появления аварийного состояния. Как показывает анализ опыта строительства, именно этим и объясняется большинство повреждений зданий в подобных условиях.

Определение предельно допустимых дополнительных деформаций

Для обоснования проектирования зданий вблизи существующих Санкт-Петербургским архитектурно-строительным университетом разработана

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

«Временная инструкция по устройству фундаментов вблизи существующих зданий» (ВСН 401-01 – 77). Основные положения проектирования сводятся к следующему. Кроме требования СП 22.13330.2016 по условию второй группы предельных состояний

$$S < S_u$$

необходимо удовлетворить также условие

$$S_{ad} \leq S_{ad, u}, \quad (5)$$

где S_{ad} – дополнительная осадка от загрузки основания существующего здания проектируемым;

$S_{ad, u}$ – предельно допустимое значение совместной дополнительной деформации здания (сооружения). При этом из-за различного развития осадок отдельно стоящего и примыкающих зданий $S_{ad, u}$ не равно S_u .

При прогнозе неравномерных деформаций используются следующие показатели (рис. 8):

$S_{ad, a}$ – дополнительная осадка точки a на линии примыкания нового здания к существующему;

j_{ad} – дополнительный перекося существующего здания на участке примыкания;

i_{ad} – дополнительный крен существующего здания в сторону нового.

Дополнительный перекося определяют по формуле

$$j_{ad} = (S_{ad, a} - S_{ad, b}) / l \quad (6)$$

где $S_{ad, b}$ – осадка дополнительной точки b существующего здания на расстоянии l от линии примыкания. Величина l назначается: для кирпичных и крупноблочных домов – как расстояние до ближайшего к примыканию проема; для зданий с поперечными несущими стенами – равной шагу этих стен; для каркасных зданий – шагу колонн. Дополнительный крен равен

$$i_{ad} = (S_{ad, a} - S_{ad, n}) / L \quad (7)$$

n – дополнительная осадка противоположной грани здания для относительно узких зданий (или блоков);

L – ширина здания (или блока); для протяженных зданий L – расстояние, где $S_{ad, n}$ практически равно нулю.

Предельные значения дополнительных деформаций рекомендуется устанавливать по данным табл. 1.

Поскольку опасность дополнительных деформаций зависит от состояния существующих зданий, в табл. 1 введено понятие категории технического состояния здания, определяемое по данным табл. 2.

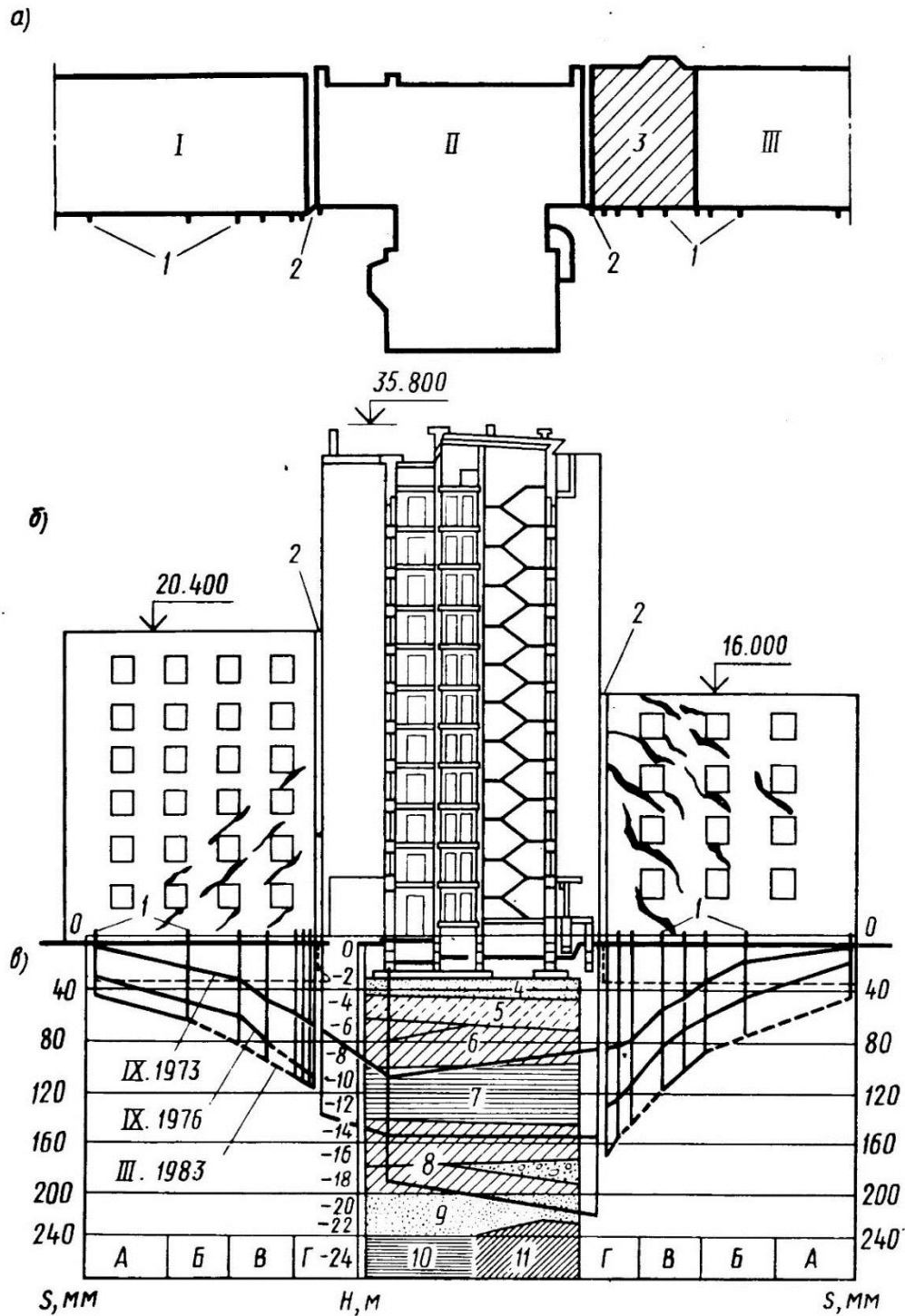


Рис. 7. Повреждения стен двух домов старой постройки, между которыми был возведен новый дом:

а – план участка; б – разрез нового здания и его основания; в – кривые измеренных осадок трех зданий (1973-83 гг.); I-III – номера зданий; 1 – деформационные марки; 2 – осадочные швы; 3 – участок четырехэтажного здания, разобранный и восстановленный в 1980 г.; 4 – песок пылеватый; 5 – супесь; 6 – суглинок ленточный; 7 – глина ленточная; 8 – суглинок; 9 – песок мелкий; 10 – глина моренная; 11 – суглинок моренный; А-Г – участки домов старой постройки, получившие повреждения различной степени развития

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

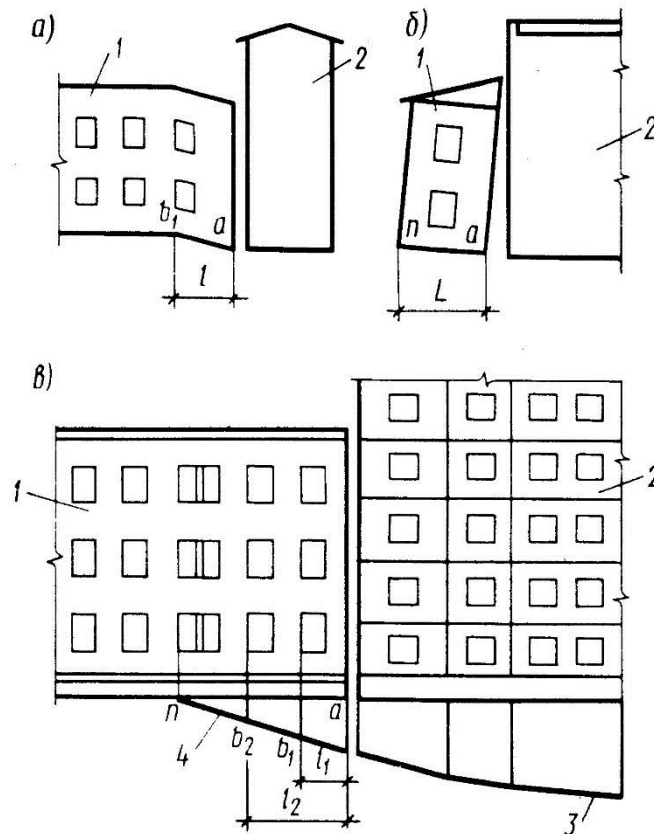


Рис. 8. Схема к определению крена здания и перекоса его конструкций в результате развития дополнительной осадки:

a – перекося конструкций здания; b – крен относительно узкого здания; ϵ – эпюра осадки продольной стены нового здания и дополнительной осадки существующего здания; 1 – существующее здание; 2 – возводимое (новое) здание; 3 – кривая осадки нового здания; 4 – кривая дополнительной осадки нового здания

При использовании данных табл. 1 рекомендуется различать следующие случаи:

$S \leq S_u$, $S_{ad} \leq S_{ad}$, и – ожидаемые осадки проектируемого и существующего зданий меньше допустимых – достаточно применения простейших мероприятий, в частности устройства осадочных швов;

$S \leq S_u$, $S_{ad} > S_{ad}$, и – ожидаемые осадки проектируемого здания меньше допустимых, но дополнительная осадка существующего здания превышает допустимую – необходимо применение специальных мероприятий, рассмотренных ниже (устройство фундаментов с консолями, разделительный шпунт и т. п.);

$S > S_u$, $S_{ad} > S_{ad}$, и – строительство не может быть разрешено; для возведения нового здания необходимо использовать другие типы фундаментов, обеспечивающих уменьшение осадок до допустимых значений.

Приведенные выше рекомендации не охватывают всего многообразия случаев строительства новых зданий вблизи существующих, поэтому ниже рассматриваются некоторые характерные ситуации, которые всегда должны приниматься во внимание в процессе проектирования и строительства.

Предельные дополнительные деформации основания фундаментов сооружений окружающей застройки, расположенных в зоне влияния нового строительства или реконструкции

Таблица 1

Сооружения	Категория технического состояния зданий	Предельные дополнительные деформации основания фундаментов	
		Относительная разность осадок $(\Delta s/L)_u$	Максимальная осадка $s_{\text{ад } u}^{\text{max}}$, см
1. Гражданские и производственные одноэтажные и многоэтажные здания с полным железобетонным каркасом	I	0,0020	5,0
	II	0,0010	3,0
	III	0,0007	2,0
2. Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из крупных панелей	I	0,0016	4,0
	II	0,0008	3,0
	III	0,0005	2,0
3. Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами их крупных блоков или кирпичной кладки без армирования	I	0,0020	4,0
	II	0,0010	3,0
	III	0,0007	1,0
4. Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из кирпича или бетонных блоков с арматурными или железобетонными поясами	I	0,0024	5,0
	II	0,0015	3,0
	III	0,0010	2,0
5. Многоэтажные и одноэтажные здания исторической застройки или памятники истории, архитектуры и культуры с несущими стенами из кирпичной кладки без армирования	I	-	-
	II	0,0006	1,0
	III	0,0004	0,5
6. Высокие жесткие сооружения и трубы	I	0,004	5,0
	II	0,002	3,0
	III	0,001	2,0
Примечания			
1. $s_{\text{ад } u}^{\text{max}}$ – значение предельной дополнительной максимальной осадки основания отдельно стоящих фундаментов на естественном основании или свайных ростверков, в том числе при усилении оснований и фундаментов сооружения окружающей застройки.			
2. Для сооружений с категорией технического состояния IV – предаварийное или аварийное дополнительные деформации основания фундаментов не допускаются.			

Категории технического состояния существующих сооружений

Таблица 2

Категория состояния сооружения	Характеристика состояния сооружения
I – нормальное	Выполняются требования норм и проектной документации по условиям эксплуатации. Необходимость ремонтных работ отсутствует
II – удовлетворительное	С учетом фактических свойств материалов удовлетворяются требования норм, относящиеся к предельным состояниям I группы; требования, относящиеся к предельным состояниям II группы, могут быть нарушены, но обеспечиваются нормальные условия эксплуатации. Требуется текущий ремонт с устранением локальных повреждений без усиления конструкций
III – неудовлетворительное	Нарушены требования норм, но отсутствуют опасность обрушения и угроза безопасности людей. Требуется усиление и восстановление несущей способности поврежденных конструкций
IV – предаварийное или аварийное	Существующие повреждения свидетельствуют о непригодности конструкций к эксплуатации, об опасности их обрушения и опасности пребывания людей в зоне расположения конструкций
<p>Примечания</p> <p>1. Категория технического состояния устанавливается по результатам технического обследования строительных конструкций сооружения, в том числе фундаментов, включая исследования грунтов основания, подстилающих фундаменты.</p> <p>2. При соответствующем обосновании категория технического состояния реконструируемого сооружения или сооружения, расположенного в зоне влияния нового строительства или реконструкции, может быть повышена, если проектом реконструкции или проектом защитных мероприятий (для окружающей застройки) предусмотрено выполнение работ по усилению фундаментов и надземной части сооружения, связанных в том числе с увеличением его жесткости.</p> <p>3. Категория технического состояния одноэтажных и многоэтажных зданий исторической застройки или памятников истории, архитектуры и культуры с несущими стенами из кирпичной кладки без армирования не может быть установлена (повышена) выше категории II – удовлетворительная. К исторической застройке относятся здания с указанной конструктивной схемой при сроке их эксплуатации более 100 лет.</p> <p>4. Результаты технического обследования сооружений допускается использовать при сроке давности выполнения технического обследования, не превышающем 3 года для сооружений со следующими категориями технического состояния: I – нормальное и II – удовлетворительное и не превышающем 1,5 года для сооружений со следующими категориями технического состояния: III – неудовлетворительное и IV – предаварийное или аварийное.</p>	

Лекция 5.

Деформации зданий при проведении рядом с ними строительных работ

При разработке котлована для строительства нового здания рядом с существующим кроме обычных требований, необходимо иметь в виду следующее.

Если здание возводится вплотную к существующему при той же глубине заложения фундамента, категорически запрещается разрабатывать котлован вплоть до стенки существующего фундамента без проведения защитных мероприятий. В противном случае возникает опасность выпора или выдавливания грунта из-под подошвы существующего фундамента в котлован, что может привести к недопустимой осадке фундамента и перекосу конструкции здания вплоть до возникновения аварийной ситуации.

Отрывку котлована вдоль существующего здания производят отдельными захватками по 3...4 м по длине примыкания к существующему зданию. Переходить к соседним захваткам можно только после устройства фундаментов нового здания в пределах уже разработанной захватки.

Если глубина заложения фундамента нового здания больше уже существующего, что допускается лишь в исключительных случаях, до начала разработки котлована необходимо устройство шпунтового ограждения по линии примыкания к существующему зданию. В случае водонасыщенных грунтов шпунт должен быть заглублен в подстилающий водоупор или при отсутствии водоупора его длина должна обеспечивать отсутствие движения грунтовой массы из-под фундамента в котлован, что определяется специальным расчетом. Необходимы также проверка устойчивости шпунтового ограждения и недопущение горизонтального смещения верхней части шпунтовой стенки в сторону котлована. Если грунты основания способны к уплотнению при динамических нагрузках (рыхлые пески и супеси, водонасыщенные грунты и т. п.), то погружение шпунта следует осуществлять методом вдавливания.

Следует с осторожностью относиться к проведению водопонижения вблизи существующих зданий, так как значительное снижение уровня подземных вод в основании этих зданий может привести к их дополнительным неравномерным осадкам.

Учет сложившихся условий при строительстве новых зданий

При реконструкции городской застройки приходится встречаться со случаями возведения новых зданий на площадках, часть которых была ранее застроена уже снесенными зданиями или образована насыпным грунтом, свалкой и т. п.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

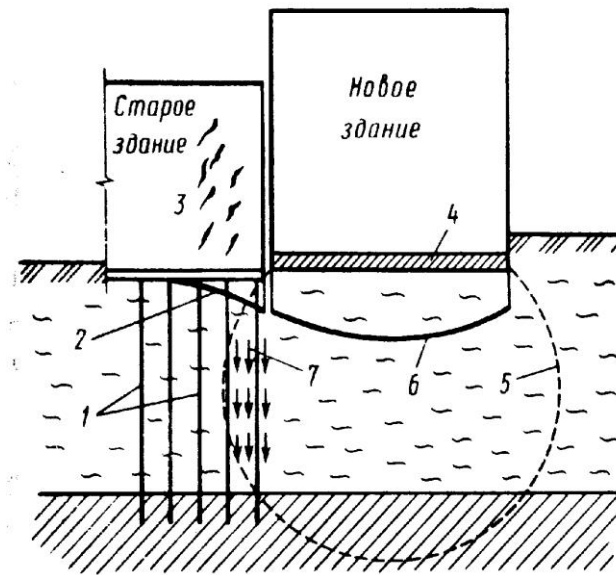


Рис. 9. Строительство нового здания с другим типом фундамента:
 1 – сваи; 2 – граница зоны разуплотнения грунта под старым зданием; 3 – зона трещин;
 4 – плита; 5 – граница области дополнительных вертикальных напряжений от строительства нового здания; 6 – кривая осадок нового здания;
 7 – дополнительная нагрузка на сваи за счет отрицательного трения

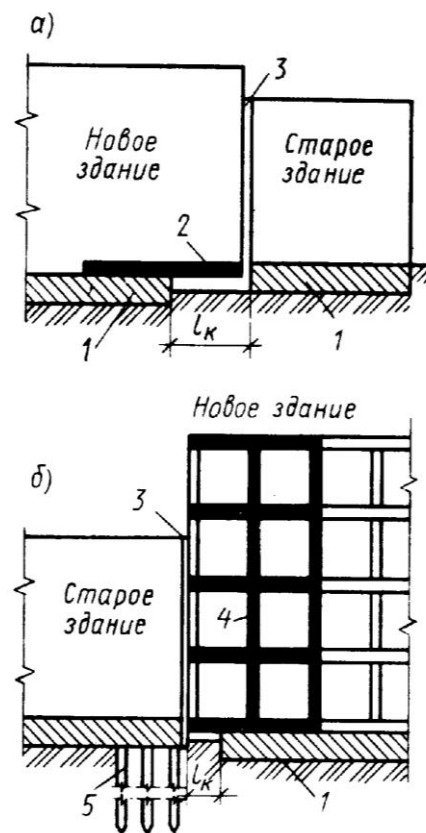


Рис. 10. Применение фундаментов с консолями:
 а – примыкание нового здания с фундаментом и консолью; б – примыкание с консолью пространственной конструкции; 1 – фундамент; 2 – консоль; 3 – осадочный шов;
 4 – консольная пространственная конструкция; 5 – свайный фундамент

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

В этих случаях необходимы детальное инженерно-геологическое обследование пятна застройки, выявление площадной неоднородности основания и принятие такого решения фундаментов, которое не допустило бы неравномерных деформаций здания.

Следует стремиться к использованию однотипных фундаментов существующих и новых зданий. Однако это не всегда оказывается возможно. В случае разных конструкций фундаментов необходимо проводить дополнительные проверочные расчеты для обеспечения нормальной эксплуатации существующих зданий. В качестве примера на рис. 9.9 показан случай строительства нового здания на фундаментной плите вблизи старого здания на свайном фундаменте. В результате осадок построенного здания в некоторой части под ростверком старого здания может возникнуть зона разуплотнения грунта, уменьшающая первоначальную несущую способность свай. Кроме того, дополнительные напряжения, возникшие в основании от массы нового здания, приведут к дополнительной нагрузке (отрицательное трение) на крайние ряды свай. Следствием этого может явиться дополнительная неравномерная осадка старого здания с повреждением его конструкции.

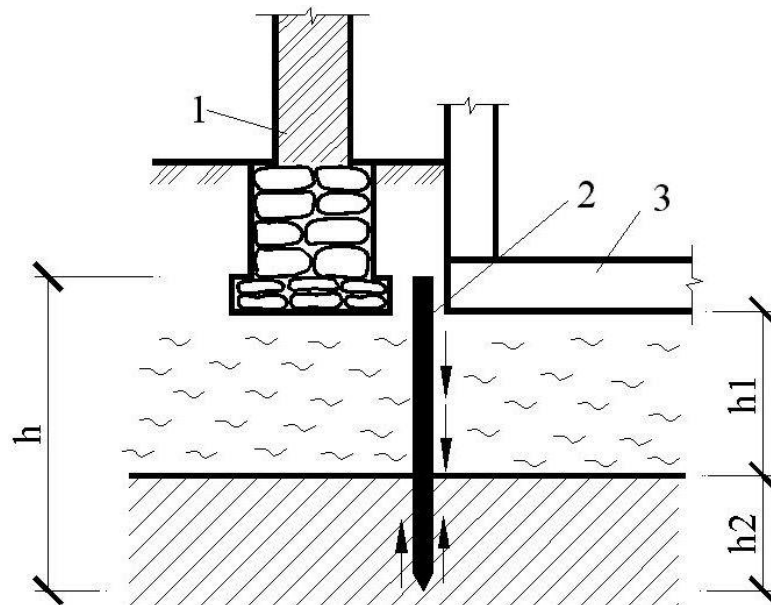


Рис. 11. Разделительная шпунтовая стенка:

1 – фундамент существующего здания; 2 – разделительный шпунт; 3 – фундамент строящегося здания

К подобным условиям может привести также планировка подсыпки территории возле здания, построенного на сваях, что вызывает увеличение нагрузки за счет отрицательного трения в фундаментах крайнего ряда.

Конструктивные решения при возведении фундаментов вблизи существующих зданий

Основная опасность для существующих зданий при строительстве новых связана с развитием дополнительных осадок. При этом наибольшие повреждения возникают в пределах 2...7 м от границы примыкания старых зданий (см. рис. 9.7). Следовательно, если между смежными зданиями обеспечен разрыв всего в несколько метров, опасность дополнительной осадки резко снижается. Основываясь на этом, С. Н. Сотников (1986) предложил новый тип фундаментов с консолями для строительства в стесненных условиях.

Сущность этого решения сводится к следующему (рис. 9.10). Фундамент нового здания не доводится до его торца. Торцевая часть здания опирается на консоль, вылет которой l_k определяется по расчету. Сама консоль рассчитывается и проектируется по правилам железобетонных конструкций. Она может выполняться как в виде плиты, так и в виде пространственной конструкции. В Санкт-Петербурге построены и нормально эксплуатируются несколько зданий с вылетом консолей 3...7 м.

Другим надежно апробированным при строительстве на слабых грунтах способом является устройство между зданиями разделительной шпунтовой стенки (Б. И. Далматов, 1981 – рис. 9.11). При этом необходимо, чтобы вертикальное перемещение шпунта было много меньше осадки возводимого здания. Для этой цели шпунт должен быть заглублен в подстилающий слой плотных грунтов или на такую глубину, при которой сила, удерживающая шпунт от вдавливания, была бы заведомо больше отрицательного трения, вызывающего его внедрение в грунт под действием осадки построенного здания.

Лекция 6.

Использование современных компьютерных технологий для расчета системы «возводимое здание – грунтовое основание – существующее здание»

Развитая инфраструктура и выгодное положение центральных кварталов города привлекает инвестиции в капитальное строительство. Поэтому в настоящее время сложилась тенденция к поэтапной поквартальной реконструкции экономически наиболее перспективных кварталов города. В такой ситуации новые здания часто приходится возводить в непосредственной близости к существующим, что ставит перед проектировщиками дополнительные задачи по учету и снижению влияния возводимого здания на окружающую застройку. Различные здания и сооружения не одинаково реагируют на возведение вблизи них новых. Главными причинами этого являются:

- чувствительность конструкции зданий (сооружений) к неравномерным осадкам (определяется конструктивной схемой и техническим состоянием несущих конструкций – зависит от возраста, физического износа);
- инженерно-геологические и гидрогеологические условия (определяются деформируемостью основания);

Тем не менее, влияние на напряженно-деформированное состояние взаимодействия системы «возводимое здание – грунтовое основание – существующее здание» различных параметров сложной системы, таких как расстояние между зданиями, их конфигурация, тип фундаментов и величины давления по подошве, а также наличие шпунта и т.д., до настоящего времени не изучено.

Анализ рекомендуемых нормативными документами методов расчета оснований фундаментов по деформациям позволяет сделать следующие выводы:

- рекомендуемое нормативными документами определение напряженно-деформированного состояния основания фундамента производится на основании точных решений теории упругости, полученных без учета конструктивной нелинейности основания;
- нормативные методы определения напряженно-деформированного состояния не учитывают перераспределительной способности надфундаментных конструкций здания
- методика определения дополнительных деформаций существующего здания, вызванных влиянием нового строения в настоящий момент в достаточной мере не разработана.

В связи с этим в настоящий момент исследование напряженно-деформированного состояния основания зданий с учетом его конструктивной нелинейности, а также перераспределительной способности надфундаментных конструкций, которые обладают конечной жесткостью и прочностными характеристиками следует признать актуальным. Результатом такого

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

исследования должна стать разработка методики назначения мероприятий по снижению влияния возводимого здания на окружающую застройку.

Математическая модель системы «возводимое здание – грунтовое основание – существующее здание»

Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния оснований опытных фундаментов и опыт эксплуатации зданий и сооружений показывают, что значения расчетных вертикальных напряжений, полученные по теории упругости, близки к экспериментальным, в то время как расчетные вертикальные перемещения существенно превышают наблюдаемые. Перемещения по теории упругости значительно медленнее затухают по глубине. Поэтому при прогнозе деформаций основания фундаментов для реальных сооружений в механике грунтов ограничивают глубину толщи грунта, сжимающегося под нагрузкой. Аналогично при использовании метода конечных элементов рассматривается область конечных размеров. В связи с тем, что в качестве основной предпосылки расчета фундаментов является линейная зависимость между напряжениями и деформациями, можно предположить, что мощность сжимаемого под нагрузкой грунта основания должна соответствовать значению, рекомендуемому Нормами [СНиП 2.02.01-83*]. При расчете осадки методом конечных элементов следует отказаться от применения коэффициента $\beta=0,8$ так как при определении напряженно-деформированного состояния конечного элемента учитывается его пространственная работа. Эта предпосылка была проверена в ходе проведенных численных экспериментов по определению осадок основания ленточного фундамента. При этом замечено, что деформации, полученные по методу послойного суммирования и по методу конечных элементов, практически совпадают в том случае, когда нижняя грань расчетной области в методе конечных элементов совпадает с границей сжимаемой толщи, определенной методом послойного суммирования (расхождение результатов не превышает 3%). Вертикальные грани области назначены на таком расстоянии от фундамента, чтобы максимально уменьшить их влияние на эпюры горизонтальных нормальных напряжений. В случае расчета осадки основания фундаментной плиты нижнюю грань расчетной области следует назначать на глубине границы линейно-деформируемого слоя, если нормативные документы требуют рассчитывать осадку основания методом слоя конечной толщины.

Расчеты показали, что закрепление нижней грани области приводит к увеличению расчетных значений нормальных вертикальных напряжений у этой грани, что не противоречит результатам исследований напряженно-деформированного состояния двухслойного основания [Я.Д. Гильман]. По отношению к давлению по подошве фундамента увеличение напряжений у закрепленной грани области составляет 5,8-8,3%. Непосредственно под фундаментом напряжения убывают быстрее, чем при расчетах методом послойного суммирования, однако примерно в середине области картина меняется – напряжения по методу конечных элементов превышают стандартные. Следует отметить, что площади эпюр вертикальных напряжений при расчете по обоим методам совпадают, поэтому совпадают и осадки, фактически

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

представляющие собой площадь эпюры дополнительных вертикальных напряжений в грунте основания.

Для изучения вопроса была выполнена серия тестовых расчетов, моделирующих взаимодействие двух ленточных фундаментов, разделенных железобетонным шпунтом, с грунтовым основанием. Особое внимание уделено назначению нижней границы расчетной области и физико-механических характеристик грунтов основания. Толщина условно сжимаемого слоя зависит от многих факторов: размеров фундамента, свойств грунтов основания, давления по подошве фундамента и т.д. Согласно рекомендациям Б.И. Далматова, в случае, если шпунт не опирается на скальный грунт, его необходимо заглублять в условно не деформируемую толщу таким образом, чтобы его перемещения были значительно меньше осадок возводимого фундамента. При применении теории упругости к определению напряженно-деформированного состояния основания фундамента для получения значений осадок, близких к реально наблюдаемым, следует вводить в расчет некоторые ограничения, связанные с тем, что деформации грунта по теории упругости значительно медленнее убывают с увеличением расстояния от приложенной нагрузки. К таким ограничениям относится необходимость искусственно исключать деформации конечных элементов, принадлежащих к условно не сжимаемой толще. Дополнительные деформации грунтов основания, вызванные возведением нового здания, предлагается моделировать за счет изменения модуля деформации грунта условно сжимаемой толщи. Таким образом, дополнительные деформации основания, вызванные приложением нагрузки от вновь строящегося здания, представляют собой разницу между деформациями грунтов, отличающихся между собой модулем деформации условно сжимаемой толщи:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_0, \quad \text{или} \quad \frac{1}{E} = \frac{1}{E_1} - \frac{1}{E_0},$$

где ε и E – соответственно дополнительные деформации от нагрузки и модуль деформации грунта основания;

ε_1 и E_1 – дополнительные деформации от нагрузки и модуль деформации грунта по первому варианту загрузки;

ε_0 и E_0 – дополнительные деформации от нагрузки и модуль деформации грунта основания по нулевому варианту загрузки. Нагрузка по обоим вариантам задается одинаковой.

На следующем этапе численного эксперимента рассмотрена задача о взаимодействии стен существующего и возводимого зданий, расположенных на расстоянии 1 м друг от друга с грунтом основания в постановке плоского напряжения. Модуль деформации грунта основания назначен с учетом коэффициента перехода от постановки плоской деформации к плоскому напряжению $k=1,72$. Напряженно-деформированное состояние основания и стены существующего здания определено для шести вариантов нагружения грунтов давлением по подошве возводимой постройки в пределах от 100 до 200 кПа с

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

шагом 20 кПа. Стена существующего здания длиной 30 м и высотой 10 м (3 этажа) моделируется с учетом ослаблений (оконных проемов). Характеристики материала стен приняты в соответствии с результатами анализа сложившейся застройки центральных кварталов города: кирпич на цементно-песчаном растворе М25 с расчетным сопротивлением растяжению $R_t=50$ кПа. Модуль упругости кирпичной кладки $E=720000$ кПа, Коэффициент Пуассона $\nu=0,2$.

Для учета перераспределения напряжений в стене существующего здания при появлении в ней зон разрушений напряженное состояние определяется методом последовательных приближений (итерационным методом). Нагрузка по подошве возводимого здания прикладывается частями по 20% от своего значения (т.е. нагрузка 100 кПа прикладывается частями по 20 кПа; 160 кПа – по 32 кПа и т.д.). В каждом приближении определяются дополнительные значения компонент напряженно-деформированного состояния взаимодействия стен возводимого и существующего зданий с грунтом основания. При этом главные растягивающие напряжения сравниваются с пределом прочности материала стен существующего здания на растяжение. Конечный элемент, в котором условие прочности, соответствующее теории разрушения по растягивающим напряжениям, не выполняется, считается разрушенным. Он не воспринимает растягивающих напряжений (в разрушенном конечном элементе они равны 0); частично воспринимает касательные напряжения (испытывает пластические деформации сдвига); полностью воспринимает сжимающие напряжения (испытывает упругие деформации сжатия). В связи с тем, что при разрушении конечного элемента меняются его деформационные характеристики, происходит перераспределение напряжений в расчетной области. Конечный элемент выключается из работы, и та часть нагрузки, которую он воспринимал, перераспределяется на другие конечные элементы, поэтому их разрушение может произойти раньше, чем при полном приложении нагрузки за один шаг. Итерационный процесс продолжается до тех пор, пока не будет приложено полное значение нагрузки.

В результате решения поставленной задачи определено напряженно-деформированного состояния стены существующего здания, приводящее к появлению в нем зон разрушений (рис. 12). Эти разрушения соответствуют реально наблюдаемым в условиях плотной городской застройки (в качестве одного из примеров приведены вертикальные перемещения и зоны разрушений кладки стен существующего дома при возведении в непосредственной близости 7-этажного здания по ул. Пушкинской, 229), таким образом, можно утверждать о правильном выборе математической модели для определения влияния возводимого здания на существующее

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Разрушение 3-х эт. дома
Вариант: 1 185кПа
Координаты области: X=[-36.50, 16.50]; Y=[26.50, -5.79]; U_y

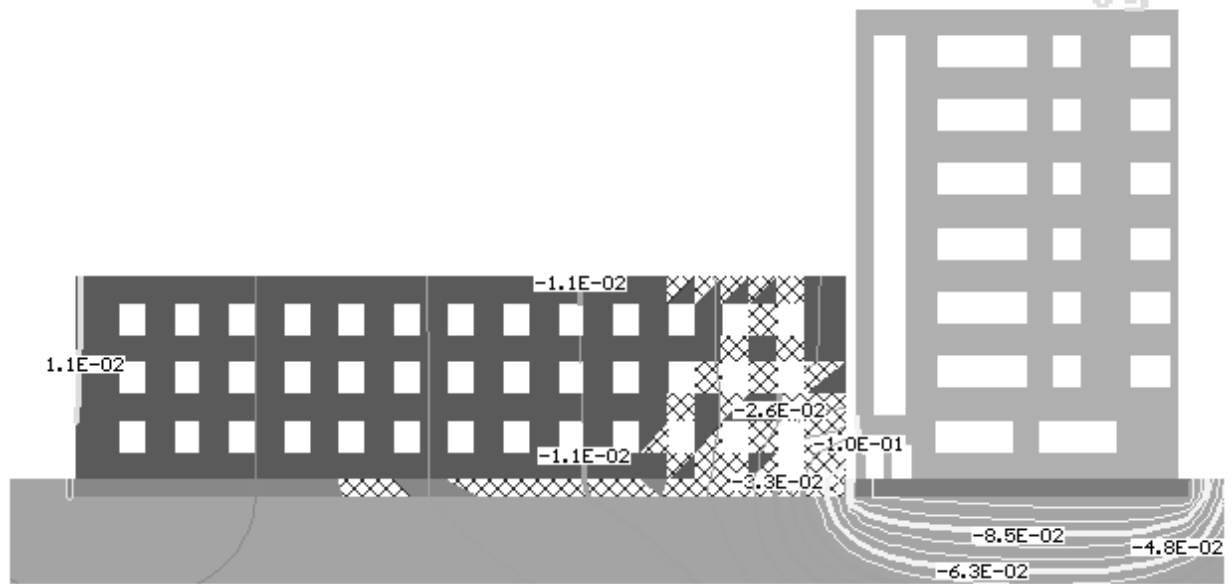


Рис. 12. Вертикальные перемещения и зоны разрушений стены существующего дома при возведении в непосредственной близости 7-этажного здания (ул. Пушкинская, 229).

Лекция 7.

Определение влияния различных факторов на поведение модели в ходе численных экспериментов

Большинство зданий, составляющих застройку кварталов центральной части города, построены в начале-середине XX века. Они обычно имеют конструктивную схему с продольными несущими стенами из кирпича или железобетонных панелей, опирающимися на ленточные фундаменты. Количество этажей таких зданий обычно 3-5. В настоящее время физический износ значительной части таких зданий составляет до 40-60%. Возводимые в настоящее время здания обычно строятся из кирпича, монолитного бетона, либо имеют каркас и стены, выполненные из современных облегченных стеновых панелей. Опираются такие здания чаще всего на фундаментную плиту, под которой может быть выполнена предварительная подготовка основания. Применение свайных фундаментов в стесненных условиях строительства затруднительно. Грунты основания чаще всего лессовые, частично сохранившие, или полностью утратившие просадочные свойства.

В ходе численных экспериментов определялось влияние на напряженно-деформированное состояние системы «возводимое здание – грунтовое основание – существующее здание» таких параметров, как расстояние между зданиями, этажность возводимого и существующего зданий, марка кладки для кирпичных зданий, класс бетона для панельных зданий. В качестве существующего здания в разных вариантах выступают здания панельное, кирпичное с армированной кладкой (армопоясами) и без армирования. Минимальное расстояние принято равным 0,5 м, что имитирует плотную городскую застройку. Шаг увеличения расстояния равен 1 м. Расстояние между зданиями изменялось до величины в 5,5 м, что соответствует половине высоты сжимаемой толщи для использованной математической модели. Количество этажей существующего здания было принято равным три и пять (кирпичные), пять и девять (панельное здание). Кирпичная кладка и класс бетона панелей существующего здания также представлены в двух вариантах: марка 25 и 50, класс В5 и В7.5, что соответствует основным маркам и классам материалов, используемых при застройке центральной части города Ростова-на-Дону.

По подошве возводимого здания поэтапно прикладывалась нагрузка в диапазоне от 20 кПа до 300 кПа с шагом 20 кПа, чем моделируется процесс возведения объекта. Комбинируя вышеперечисленные характеристики, было выполнено 164 численных эксперимента с применением программного комплекса «Полюс».

Полученные в результате численных экспериментов значения дополнительных деформаций сравниваются с предельно допустимыми. В литературе допускаемые деформации, дающие нижнюю оценку параметров деформированного состояния, часто называют предельными. Исследования по

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

установлению допустимых деформаций сооружений проводились в разных странах. Основные результаты в этой области были получены в 50 – 60-е годы; в последующем они дополнялись и уточнялись. Допускаемые деформации сооружений устанавливались, как правило, путём статистической обработки результатов натуральных наблюдений за осадками сооружений и сопоставлениями этих осадок с деформациями и повреждениями конструкций. Интересно отметить, что полученные в разных странах и в различных грунтовых условиях значения осадок сооружений, вызывающие недопустимые повреждения конструкций, оказались весьма близкими. От правильности выбора допустимых повреждений конструкций непосредственно зависит достоверность оценки технического состояния эксплуатируемых зданий.

Основным нормативным документом по определению категорий технического состояния жилых зданий в муниципальных организациях по эксплуатации жилищного фонда города Ростова-на-Дону является ВСН № 53-91(р) и пособие “Техническая эксплуатация жилых зданий” С.Н. Нотенко и А.Г. Ройтман [23].

На основании анализа литературных источников выделено 6 категорий технического состояния зданий. (см. табл 9.1, 9.2). Каждая категория имеет более узкий диапазон значений для физического износа здания, чем в существующей литературе. Каждой категории соответствует общая характеристика технического состояния и примерная стоимость капитального ремонта в % от восстановительной стоимости конструктивных элементов. Каждому интервалу физического износа соответствует свое значение снижения несущей способности и предельно-допустимые дополнительные деформации зданий

7.1. Влияние давления по подошве возводимого объекта на дополнительные деформации существующего дома

В результате численных экспериментов получены изолинии и таблицы перемещений обоих зданий и зоны разрушения существующего дома. Полученные зоны разрушений стены при различных нагрузках по подошве строящегося здания в целом совпадают с разрушениями стен реальных домов

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

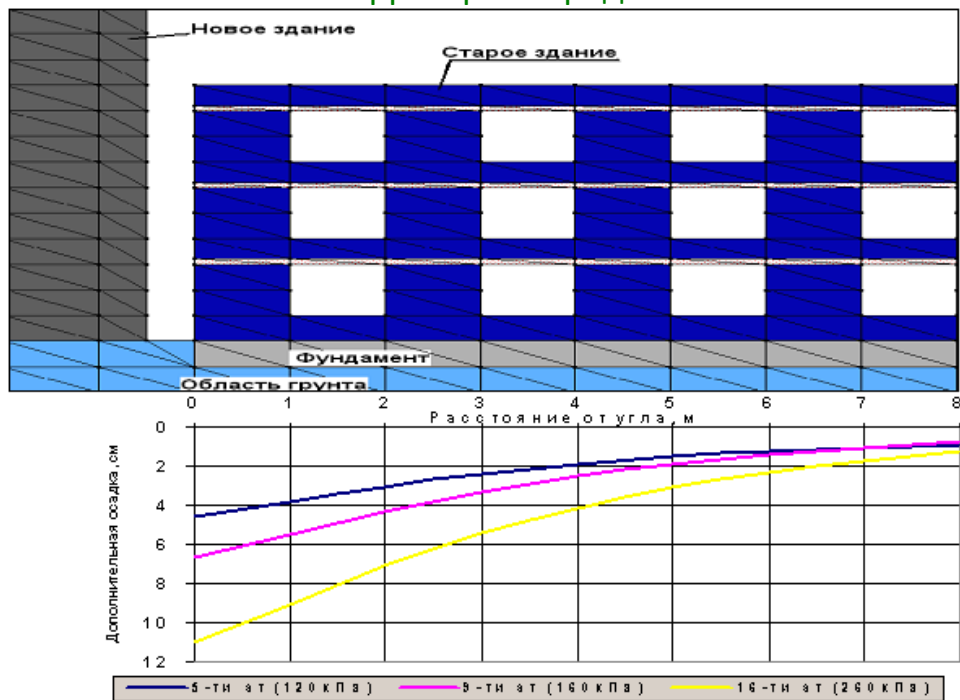


Рис.13. Дополнительная осадка по длине здания.

На рисунке 13 представлены изолинии дополнительных осадок существующего здания по его длине при строительстве на расстоянии 0,5 м от него домов высотой 5, 9, 16 этажей, с давлениями по подошвам их фундаментов соответственно 120, 160, 260 кПа. Из графика видно, что влияние возводимого объекта на существующее здание уменьшается по длине последнего и, независимо от этажности нового, по результатам решенных тестовых примеров, становится незначительным на расстоянии, соизмеримом с мощностью сжимаемой толщи (в данном случае 8 м). Сравнение деформированного состояния панельного и кирпичного зданий с армированной кладкой показало, что из-за большей жесткости и прочности стен первого здания, разрушенных элементов при аналогичных нагрузках возникает гораздо меньше. Сравнение результатов численных экспериментов показывает, что, при прочих равных условиях, чувствительность к неравномерным деформациям основания панельного дома ниже, чем у кирпичного здания.

7.2. Влияние этажности существующего дома на его дополнительные деформации

В данном случае в расчетных схемах неизменными оставались: расстояние между возводимым объектом и существующим зданием, марка кладки (для кирпичного) и класс бетона (для панельного дома), изменялась лишь этажность существующего и давление по подошве возводимого дома. На рисунке 14 приведен график, характеризующий дополнительный перекося при изменении этажности существующего дома.

Анализ результатов численных экспериментов показывает совпадение графиков зависимости дополнительного перекося от давления для трех- и

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

пятиэтажного кирпичного здания с армированной кладкой. При малых расстояниях между возводимым и существующим зданиями высота существующего дома практически не оказывает влияния на его дополнительные деформации.

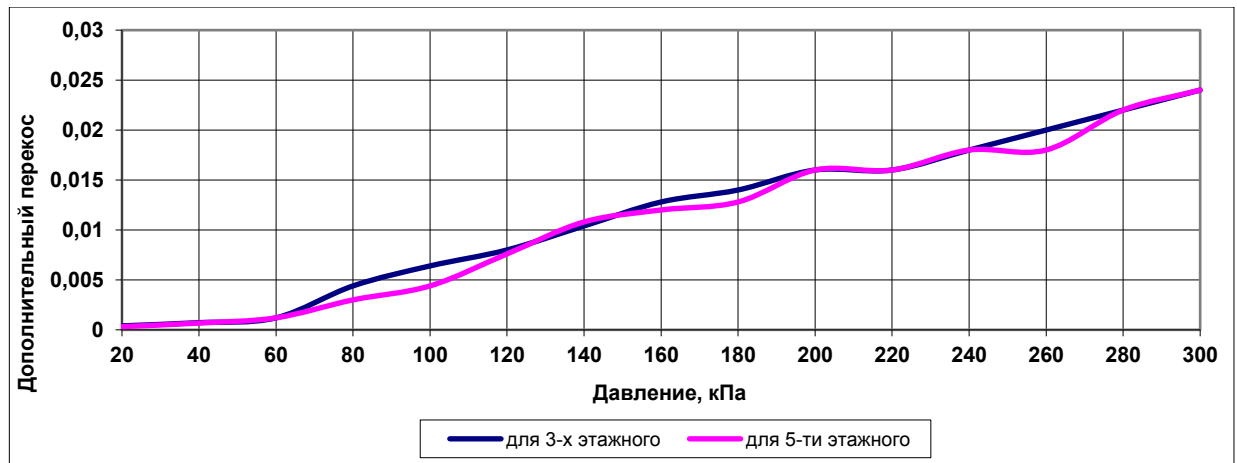
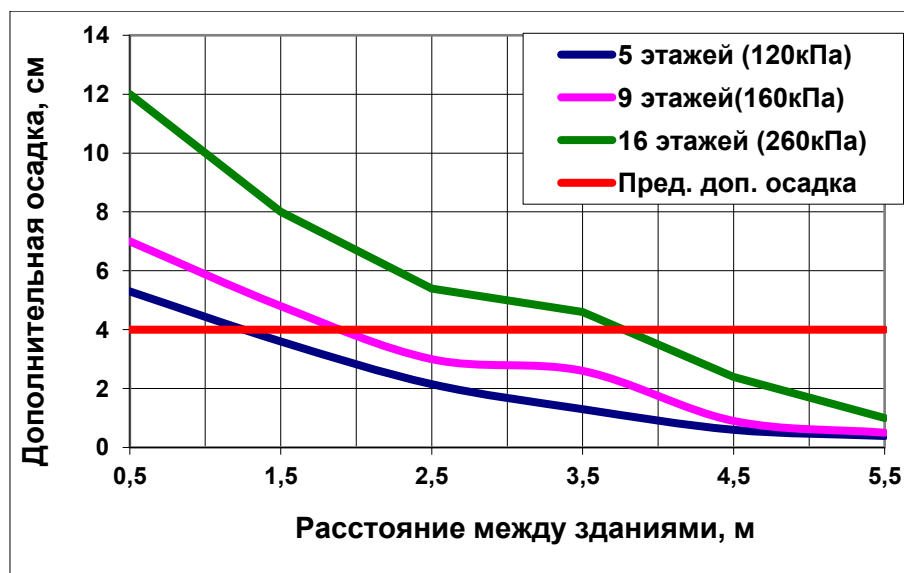


Рис.14 Дополнительный перекос кирпичного здания с армированной кладкой высотой 3 и 5 этажей (расстояние между зданиями 0,5 м).

7.3. Учет влияния расстояния между возводимым объектом и существующим домом

Варьируемым параметром в данном случае являлось только расстояние между зданиями. В результате численных экспериментов получены значения дополнительных деформаций существующего дома в зависимости от расстояния между зданиями (рис. 15, 16).



Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

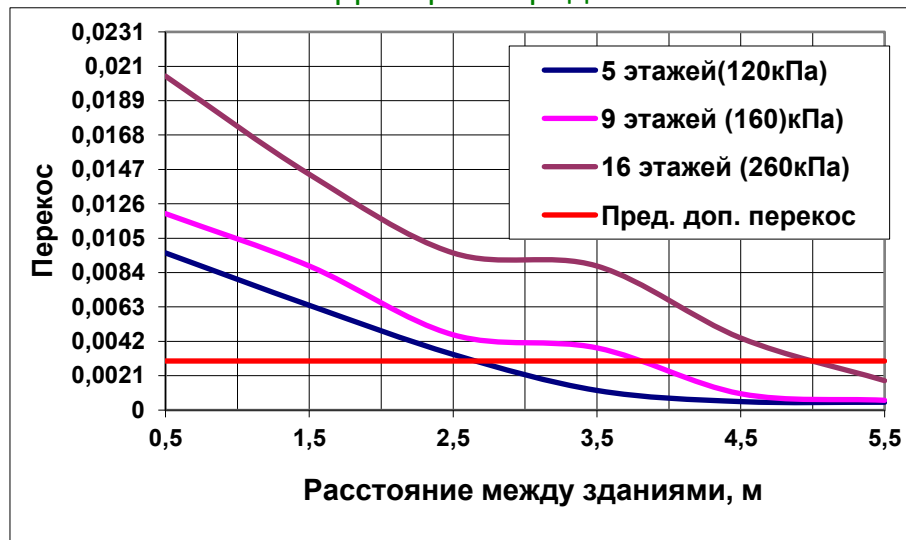
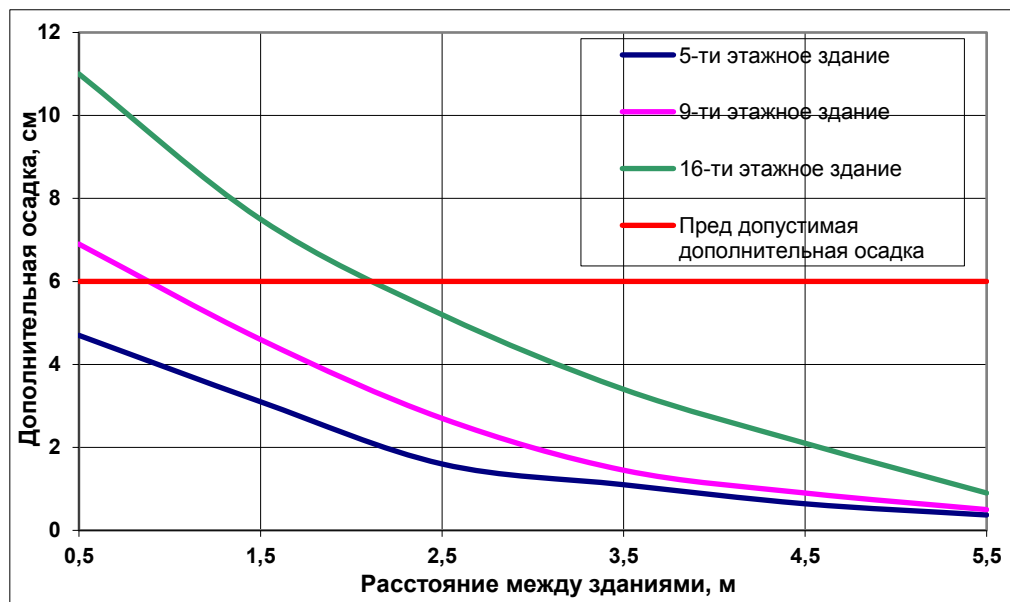


Рис. 15. Зависимость дополнительных деформаций кирпичного здания без армирования кладки от расстояния до возводимого объекта



Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

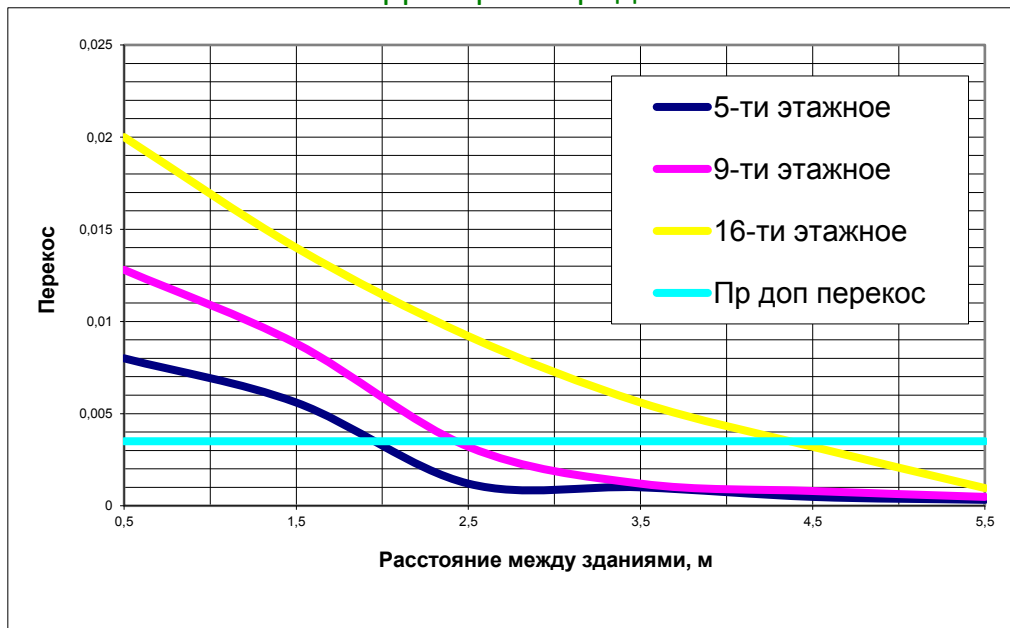


Рис.16. Зависимость дополнительных деформаций кирпичного здания с армированием кладки от расстояния до возводимого объекта

Приведенные выше графики позволяют по известным осадкам возводимого здания оценить прогнозируемые дополнительные деформации зданий существующей застройки и, в зависимости от их значения, уже на стадии инвестиционного проекта застройки квартала определить комплекс мероприятий по снижению влияния возводимого здания на окружающие постройки. Полученные в ходе численных экспериментов значения дополнительных деформаций не противоречат исследованиям С.Н. Сотникова, который указывает, что при расстоянии между зданиями, превышающем половину сжимаемой толщи (в расчетном случае 5,5 м), влияние нового здания, как правило, незначительно.

Лекция 8.

Определение эффективности мероприятий, направленных на снижение воздействия возводимого здания на окружающую застройку

Для обоснования различных мероприятий, направленных на снижение воздействия возводимого здания на окружающую застройку, введены коэффициенты эффективности рассматриваемых мероприятий по дополнительным деформациям (по дополнительной осадке и перекосу на участке примыкания). Эти коэффициенты представляют собой отношение дополнительных деформаций с применением мероприятия к соответствующим значениям без выполнения мероприятий.

Усиление надфундаментных конструкций существующего здания металлическими тяжами

Моделирование усиления тяжами производилось приложением горизонтальной нагрузки в уровнях перекрытий величиной 50 кН. Это значение соответствует усилию, которое создается в тяжах для обжатия надфундаментных конструкций зданий. Расчет производился с разрушением для кирпичной кладки и фундамента по теории интенсивности напряжений (с разрушением при растяжении) по плосконапряженной схеме деформации. Варьируемыми параметрами в данном случае были: расстояние между возводимым и существующим зданиями, а также нагрузка по подошве строящегося здания. Расстояние между зданиями изменялось в пределах от 1,5 до 4,5 м с шагом 1 м. Анализ результатов показывает, что эффективность применения тяжей по перекосу на участке примыкания составляет $K_2=1,171$. Эффективность по максимальной дополнительной осадке составляет $K_1=1,123$. Тяжи придают зданию пространственную жесткость и сглаживают неравномерность деформаций, при этом они в малой степени препятствуют развитию вертикальных перемещений.

Усиление грунтов основания

Для решения тестовых примеров был принят грунт с физико-механическими свойствами, близкими к слабым грунтам. В процессе решения моделировалось закрепление грунта увеличением его модуля деформаций. Примеры были поставлены в двух вариантах: с закреплением грунта под старым (в первом варианте) зданием, затем под новым (во втором варианте) зданием. Закрепление грунта под старым зданием производилось для упрочнения грунтового массива и уменьшения его деформативности, что в итоге привело к уменьшению деформаций существующего объекта. Закрепление грунта под возводимым зданием смоделировано в целях уменьшения его осадки. Изменение осадки в свою очередь влияет на изменение дополнительных деформаций существующего дома. Глубина закрепления варьировалась от 45% до 100% мощности сжимаемой

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

толщи. Анализ результатов численных экспериментов показал, что наибольшей эффективности можно добиться усилением грунтов основания возводимого здания. Значения коэффициентов эффективности усиления грунтов основания приведены в таблице 5.

Таблица 5.

Коэффициенты эффективности усиления грунтов основания

Давления по подошве нового здания, кПа	Глубина закрепления в % от сжимаемой толщи						
	45%	55%	64%	73%	82%	91%	100%
Коэффициент эффективности по дополнительной осадке K_1							
120	1,08	1,175	1,297	1,502	1,739	2,155	2,643
160	1,124	1,227	1,367	1,569	1,782	2,1	2,713
260	1,116	1,223	1,362	1,548	1,778	2,094	2,619
Коэффициент эффективности по дополнительному перекоосу K_2							
120	1,159	1,271	1,407	2,403	3,404	4,726	5,821
160	1,208	1,324	1,525	1,953	2,187	2,315	3,429
260	1,179	1,303	1,503	1,771	2,155	2,276	2,789

Увеличение давления по подошве возводимого дома приводит к увеличению воронки оседания, что в свою очередь увеличивает значение дополнительного перекоуса. Закрепление уменьшает развитие воронки оседания, но недостаточно влияет на уменьшение дополнительного перекоуса.

Разделение грунтового основания шпунтом

В ходе численных экспериментов моделировалось взаимодействие возводимого и существующего зданий с грунтовым основанием, разделенным железобетонным шпунтовым рядом. Длина шпунта назначена в соответствии с рекомендациями Б.И. Далматова, назначение границ расчетной области, физико-механических характеристик грунта основания и обоих зданий выполнено в соответствии с рекомендациями второй главы. Значения коэффициентов эффективности разделения основания шпунтовым рядом приведены в таблице 6.

Таблица 6

Коэффициенты эффективности разделения основания шпунтовым рядом

Коэффициенты эффективности	Высота возводимого дома (давление по подошве фундаментной плиты)		
	5 этажей (120 кПа)	9 этажей (160 кПа)	16 этажей (260 кПа)
по максимальной дополнительной осадке K_1	8,8077	8,8968	8,9473
по перекоосу на участке примыкания K_2	23,1667	20,4444	23,1878

Разделительный шпунтовый ряд, независимо от высоты возводимого здания, оказывает существенное влияние на деформированное состояние существующего дома и является наиболее эффективным мероприятием как по дополнительной осадке, так и по дополнительному перекоосу.

Лекция 9.

Экспертная система «Мегаполис» – строительство и реконструкция в условиях плотной городской застройки

Необходимость создания экспертной системы вызвана информатизацией всего строительного комплекса. Применение современных конечно-элементных комплексов для оценки возможного влияния возводимого здания на существующую застройку на этапе инвестиционного проекта не целесообразно из-за большой трудоемкости и стоимости работ. Тем не менее, уже на стадии инвестиционного проекта заказчик сталкивается с необходимостью определения объемов работ и стоимости возведения объекта. На этой стадии обычно рассматриваются несколько вариантов эскизных проектов, происходит сравнение технико-экономических показателей. Поэтому создание системы, уже на стадии инвестиционного проекта определяющей степень негативного воздействия будущего здания на окружающую застройку и позволяющая назначить комплекс мероприятий для снижения этого воздействия до допустимых пределов, является необходимым.

Основой функционирования экспертной системы является база знаний, накопленная в процессе численного моделирования напряженно-деформированного состояния взаимодействия возводимого и существующего зданий с грунтовым основанием при различных комбинациях влияющих на него факторов. База знаний постоянно обновляется и дополняется данными, полученными в ходе численных экспериментов и наблюдений за деформациями зданий и сооружений. Порядок действий экспертной системы выглядит следующим образом:

1. Ввод исходных данных (по возводимому и существующему зданиям, по грунтовым условиям)
2. Определение необходимости выполнения дополнительных мероприятий по повышению эксплуатационной надежности существующего здания в зависимости от физического износа несущих конструкций.
3. Определение дополнительных деформаций существующего здания и сравнение с предельно допустимыми значениями. В случае превышения этих значений назначается комплекс мероприятий и дается оценка эффективности их выполнения.

Управление дистанционного обучения и повышения квалификации
Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие
территорий городов

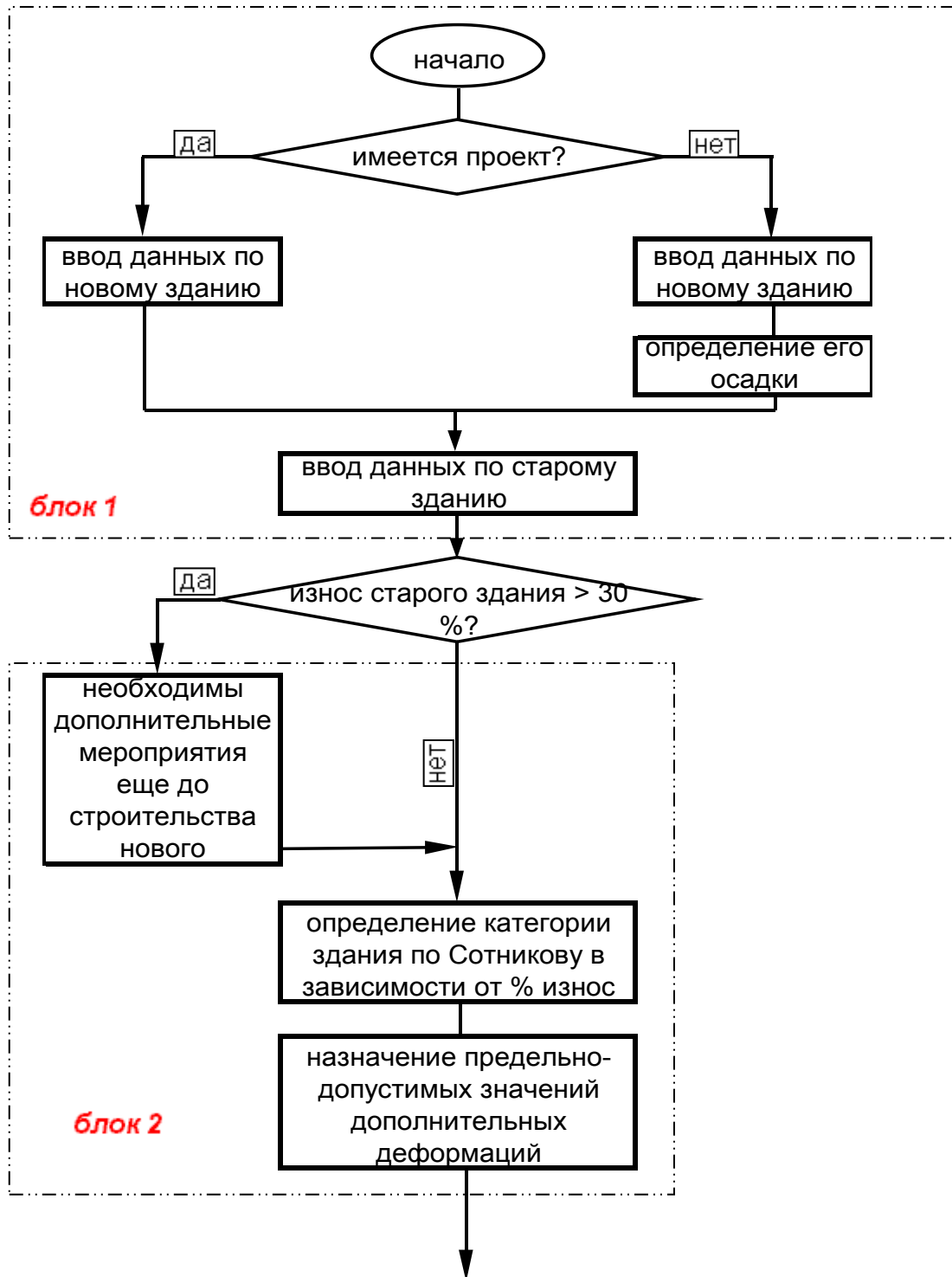


Рисунок 17. Блок-схема экспертной системы

Управление дистанционного обучения и повышения квалификации
Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

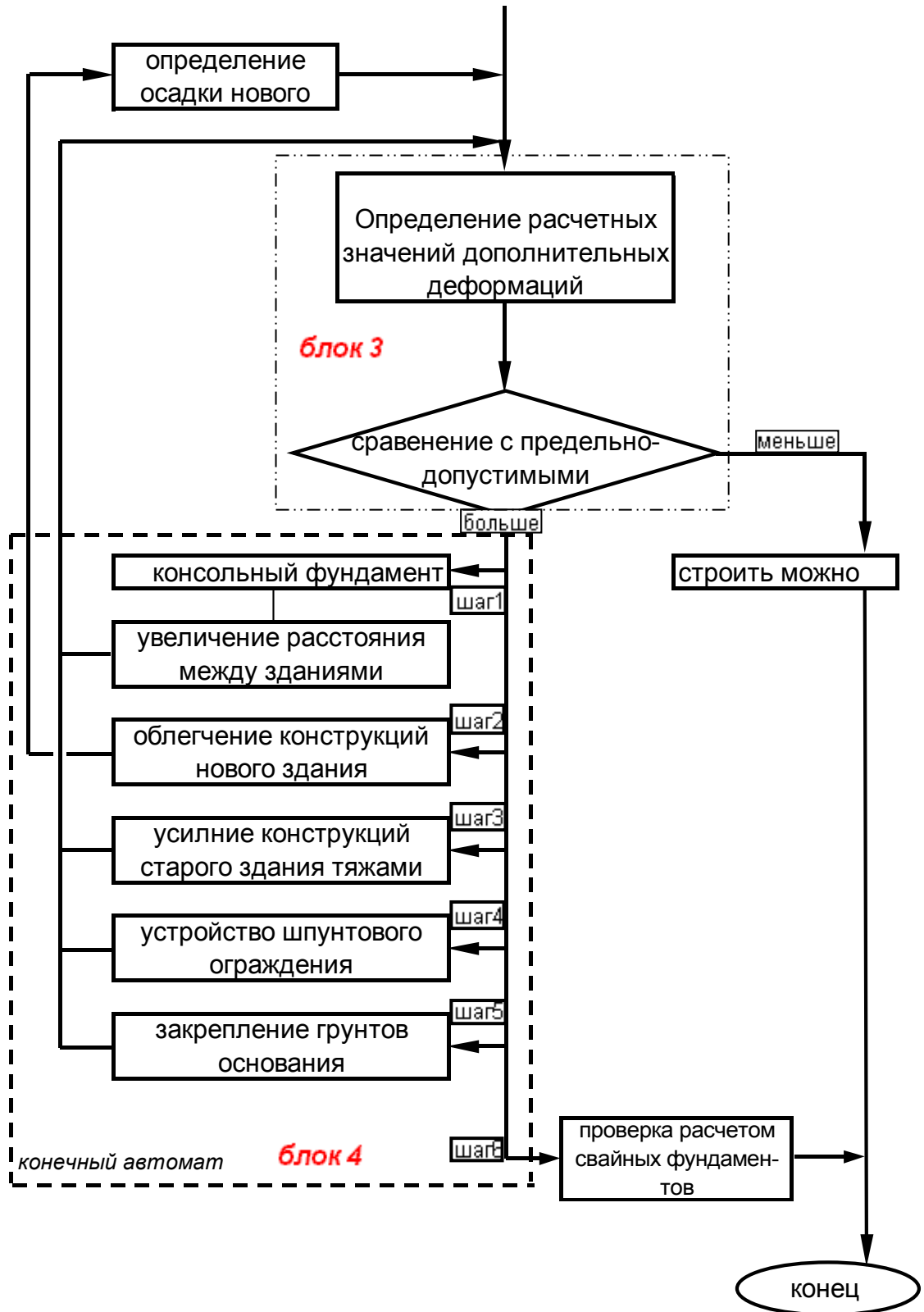


Рисунок 17. Блок-схема экспертной системы (продолжение)

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Блок 1

При наличии рабочего проекта запрашиваются характеристики возводимого здания: тип фундамента, материал стен, этажность. Также требуется знание расчетной осадки и расстояние до ближайшего существующего строения, что оказывает существенное влияние на дальнейший ход алгоритма.

При отсутствии рабочего проекта запрашиваются аналогичные параметры лишь без учета расчетной осадки. Следующим шагом является введение информации о конструктивной схеме возводимого здания, его геометрических размерах (длина, ширина), об отдельных конструктивных параметрах (пролет, высота этажа). Учитываются также толщины наружных и внутренних несущих стен и средняя плотность материала стен. Наличие подвала и чердака также влияет на расчеты. После этого, на основе введенных данных, рассчитывается примерная осадка возводимого здания.

На следующем этапе заполняются исходные данные для существующего здания: конструктивная схема, этажность, материалы стен и фундаментов, марка раствора или класс бетона. Здесь важными входными параметрами еще являются год постройки старого здания и его общий физический износ. Последний, в свою очередь, зависит от года постройки здания.

Дальше вносят данные по геологии: вид грунта, его модуль деформаций (10000 кПа) и деформации существующего здания (осадка, перекос, крен). На данной стадии разработки проекта учитываются лишь два типа грунтовых условий (глинистый, песчаный), которые наиболее часто встречаются в Ростове и ростовской области.

Блок 2

В этом блоке с учетом информации о существующем здании его относят к одной из категорий технического состояния зданий, которые разделяются по физическому износу. Всего 6 категорий (см. табл. 9.2). Первые три из них достигают до 40% физического износа и не требуют специальных мероприятий по защите существующего здания при строительстве по соседству. При этом варьировать допускается расстоянием между зданиями, этажностью и конструктивной схемой строящегося здания. Если же фактический физический износ существующего здания больше 40%, требуются дополнительные защитные мероприятия уже до начала строительства вблизи него нового объекта [2]. Такими мероприятиями являются усиление наземных конструкций тяжами, устройство шпунтового ограждения и др., описание мероприятий приведено ниже.

Следующим шагом алгоритма является определение категории состояния здания по табл. 9.2, в зависимости от процента физического износа. После приведения по табл. 9.1 выбираются значения предельно-допустимых дополнительных деформаций, которые приняты в качестве критериев оценки дополнительных деформаций существующей застройки.

Блок 3

После определяются расчетные значения дополнительных деформаций старого здания. Определение этих значений проводится путем выбора их из базы данных, в которую были предварительно занесены значения дополнительных деформаций существующей застройки по результатам рассчитанных нами

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

тестовых примеров. Впоследствии расчетные значения сравниваются с предельно-допустимыми значениями дополнительных деформаций. В блоке «условие» проверяется превышение либо не превышение расчетных значений над предельно-допустимыми, по результату выполнения которого решается вопрос о проведении дальнейших действий экспертной системы.

Блок 4

Если дополнительные деформации меньше предельно-допустимых, то строительство по соседству допускается. В противном случае необходимы дополнительные мероприятия.

В процессе работы экспертной системы на данном этапе предлагаются специальные мероприятия, необходимые для уменьшения дополнительных деформаций существующей застройки, в порядке увеличения их стоимости, а также эффективности. Пользователь имеет возможность самостоятельно выбрать то или иное защитное мероприятие, либо их комбинацию. После сделанного выбора производится расчет, в результате которого пользователь получает новые значения дополнительных деформаций существующего здания и для сравнения значения предельных деформаций, а также оценку возможности строительства при данных условиях. При этом новые значения совместных деформаций получены в зависимости от того, какое мероприятие было выбрано.

Если выбрано облегчение конструкций возводимого объекта, то производится перерасчет давления по подошве фундамента, а также расчетной осадки возводимого здания. После чего происходит выборка дополнительных деформаций для существующего строения из базы данных.

В связи с тем, что устройство консольного фундамента и увеличение расстояния между зданиями схожи по своей природе, из базы данных выбираются новые значения дополнительных деформаций при изменении одного параметра – расстояния между зданиями. Причем устройство консольного фундамента интерпретируется как отнесение нового здания от существующего на 1 м.

При выборе трех последних пунктов «усиление тяжами», «устройство шпунтового ограждения» и «закрепление грунта основания» полученные значения совместных деформаций существующей постройки умножаются на коэффициенты эффективности соответствующего мероприятия или группы мероприятий. Затем измененные значения снова подвергаются сравнению с предельными значениями.

После выполнения всех действий программа предоставляет возможность оформить результат работы в виде отчета и вывести его на печать (рис. 18).

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

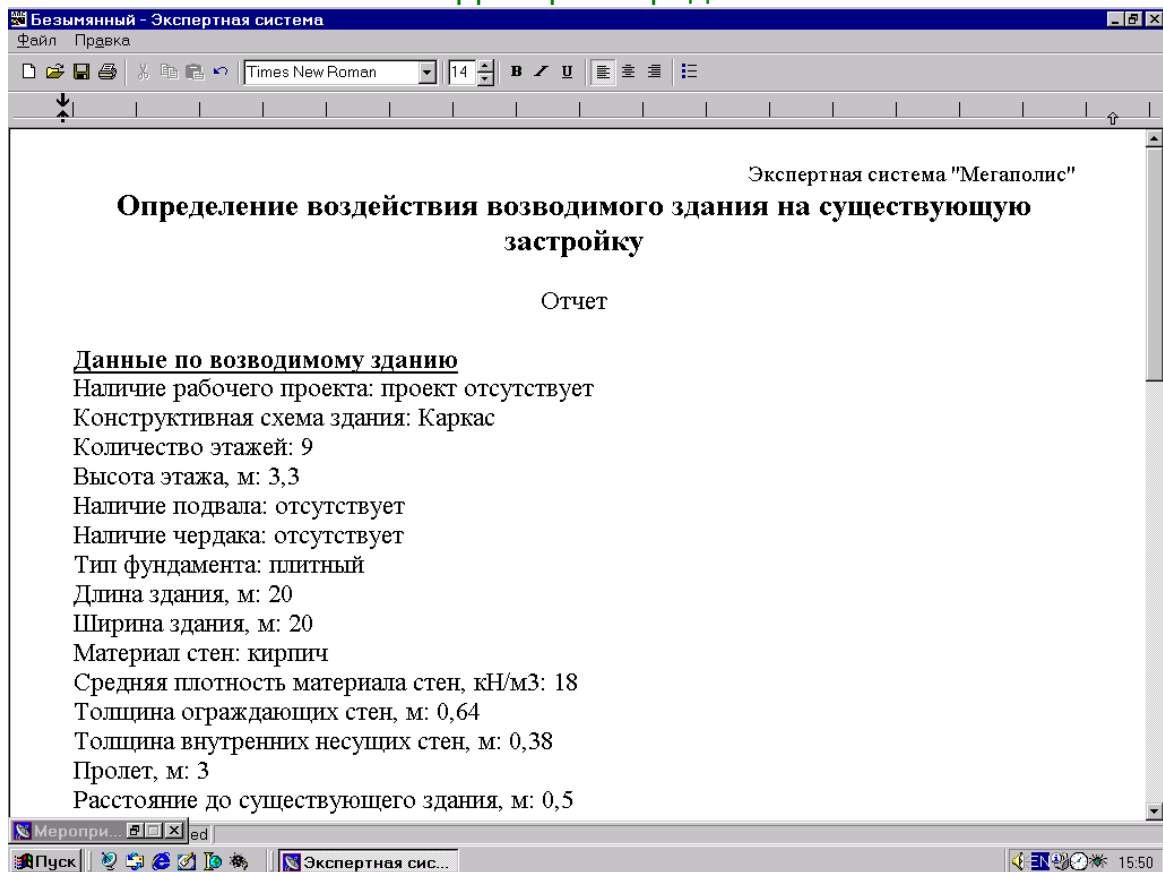


Рисунок 18. Окно отчета

Практическое применение экспертной системы

Для проверки применимости экспертной системы был выбран квартал по ул. Шаумяна между пер. Газетным и пер. Семашко (см. рис 10.7). Он застроен зданиями, возведенными в основном еще в XIX веке (см. рис. 10.8) и в настоящее время имеющими физический износ более 25%. Большинство зданий имеют 30 – 60% физического износа, что соответствует 4 и 5 категориям по техническому состоянию. Некоторые постройки достигают до 75% физического износа и являются ветхими. Целью проводимого исследования является предложение вариантов по реконструкции квартала, в результате которой планируется снос некоторых зданий и возведение на освободившихся участках новых объектов (см рис. 10.9, 10.10). В этом случае новое строительство привлекательно коммерческим структурам своим расположением в центре города, подъездными путями, возможностью возведения зданий 5-6 этажей, что не нарушает эстетического равновесия в образе общей застройки. В результате, из числа предложенных вариантов застройки квартала при помощи экспертной системы были выбраны три наиболее приемлемых для инвесторов.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

ул. Большая Садовая

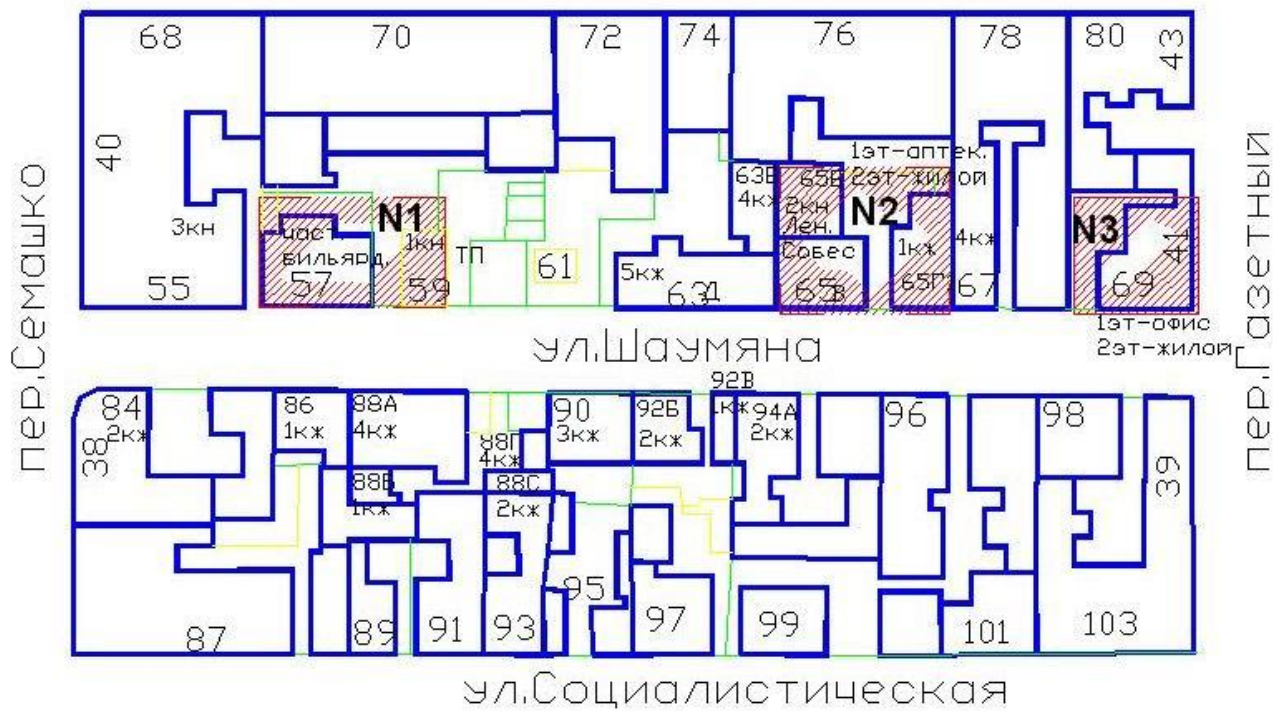


Рис. 19. План квартала по ул. Шаумяна между пер. Газетным и пер. Семашко с пятнами застройки



Рис. 20. Здание по ул. Шаумяна 69

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

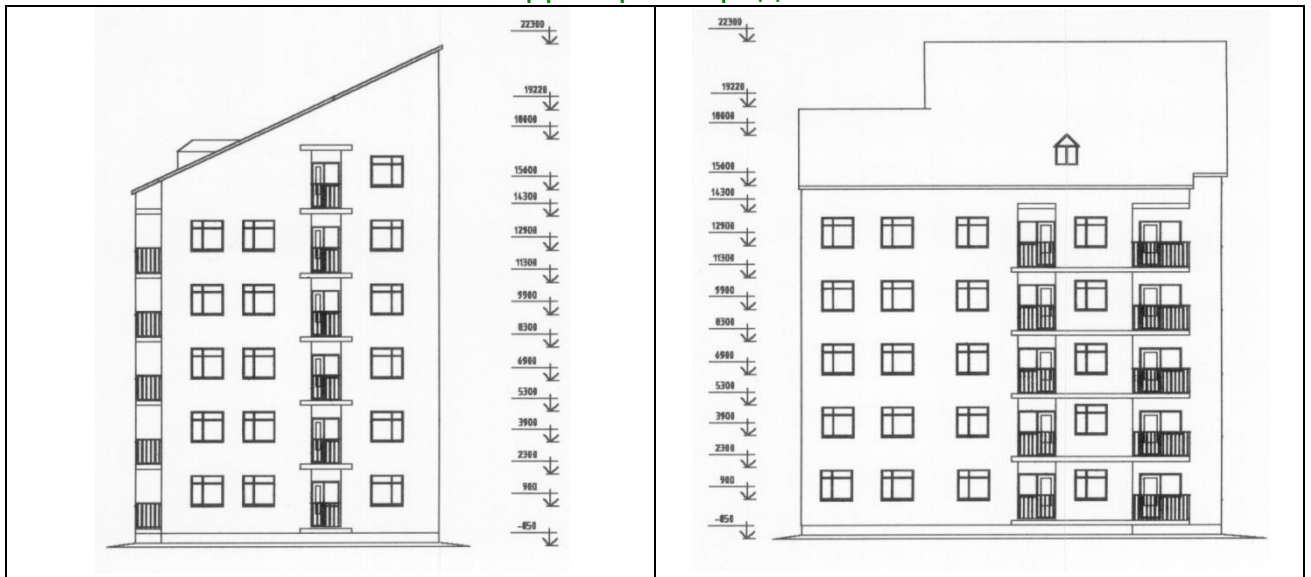


Рис. 21. Компьютерная модель возводимого здания для пятна застройки №2



Рис. 22. Компьютерная модель возводимого здания для пятна застройки №3

Варианты строительства здания по адресу ул. Шаумяна 69

Расстояние до существ-го здания, м	Конструктивная схема	Тип фундамента	Размеры в плане, м	Этажность	Высота этажа	Материал несущих стен (толщина наружных, внутренних)	Дополнительные данные	Защитные мероприятия
0,5	с продольными несущими стенами	плита	0x20	9	3,3	кирпич (0,64; 0,38)	чердак, подвал	шпунт
1	с продольными несущими стенами	плита	20x20	5	3,3	кирпич (0,51; 0,38)	чердак, подвал	шпунт
1	каркас	плита	20x20	4	3,3	легкий бетон	чердак	Без
1	каркас	плита	20x20	6	3,3	легкий бетон	чердак	консольный фундамент

Кроме проекта застройки квартала по ул. Шаумяна между пер. Газетным и пер. Семашко было выбрано три объекта в городе Ростове-на-Дону, два из которых получили существенные деформации в результате возведения вблизи них новых строений.

Первый объект, расположенный по адресу ул. Пушкинская 229 (см. рис 21, 22), представляет собой кирпичный трехэтажный дом, построенный ориентировочно в начале XX века. Конструктивная схема здания – с продольными несущими стенами, материал фундамента – бутовая кладка, марка кирпича кладки на момент обследования составляла М50. В плане здание имеет Г-образную форму. К одному из торцов был пристроен семи этажный кирпичный дом на фундаментной плите на расстоянии 0,5 м. В результате нового строительства существующее здание получило неравномерные деформации (рис.22), что привело к образованию массовых вертикальных трещин раскрытием до 3 см, а также к перекосу оконных и дверных проемов. По результатам технического обследования в мае 2002 г., общий физический износ здания составляет 41%, что свидетельствует о необходимости капитального ремонта.

Управление дистанционного обучения и повышения квалификации

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов



Рис. 23. Примыкание трехэтажного существующего дома и семиэтажного вновь возводимого здания



Рис 24. Трехэтажное здание по адресу ул. Пушкинская 229

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

На программном комплексе “Полюс” была решена задача о взаимовлиянии трехэтажного существующего дома и семиэтажного вновь возводимого здания по данным натурного обследования с учетом инженерно-геологических условий (рис.24). Расчет производился по плосконапряженной схеме деформации по теории прочности интенсивности напряжений (разрушение при растяжении). Анализ расчетных значений дополнительных деформаций показывает, что существующее здание должно было получить аварийные деформации. По рекомендациям экспертной системы, строительство нового семиэтажного здания на расстоянии 0,5м от существующего трехэтажного возможно только при устройстве шпунтового ограждения либо при использовании сочетания следующих мероприятий: устройство консольного фундамента, устройство тяжей и закрепление грунтов на 100% от высоты сжимаемой зоны. Применение предложенных мероприятий позволило бы избежать негативного воздействия возводимого здания и не допустить аварийной ситуации.

Таблица 8

Данные по существующему и возводимому зданию

Наименование здания	Этажность	Конструктивный элемент	Вид материала и его марка	Модуль упругости E, МПа	Коэффициент Пуассона, ν
Возводимое здание	7	Фундамент	Железобетон В20	27000	0,2
		Стены	Кирпичная кладка М50	720	0,2
Существующее здание	3	фундамент	Бутобетон В12,5	21000	0,27
		Стены	Кирпичная кладка М50	720	0,2

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Разрушение 3-х эт. дома
 Вариант: 1 185кПа
 Координаты области: X=[-36.50, 16.50]; Y=[26.50, -5.79]; U_y

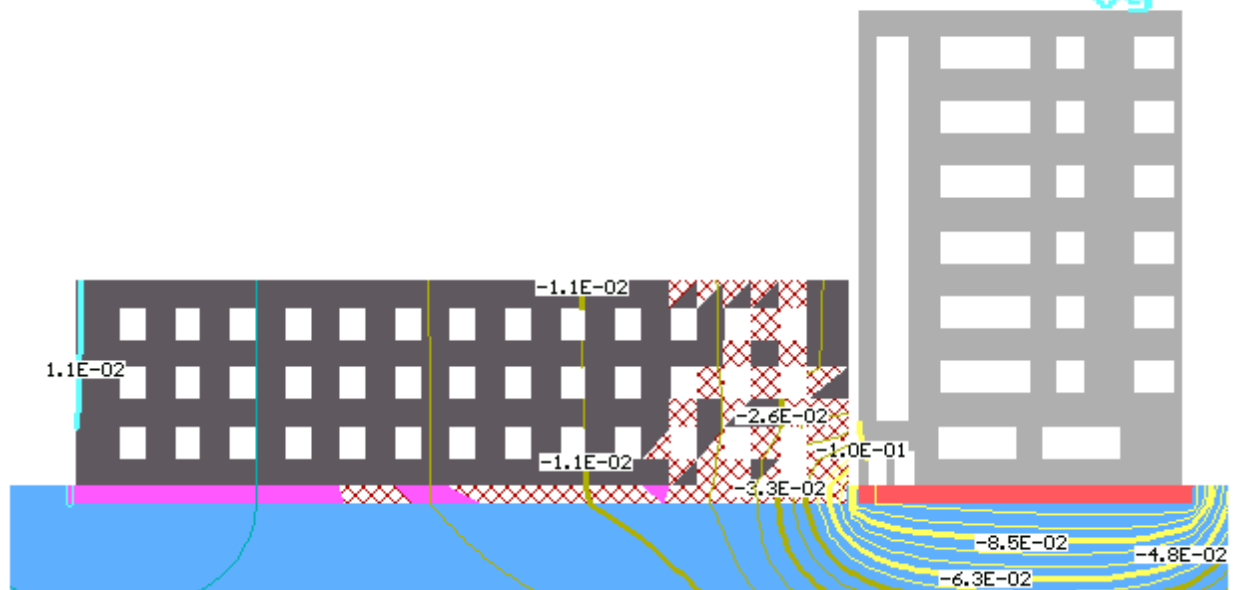


Рис. 25. Фрагмент результата расчета примыкания 7-ми этажного здания к 3-х этажному по адресу Пушкинская 229

В качестве второго объекта был выбран 5-ти этажный жилой дом, расположенный по адресу улица Пушкинская 243 (рис. 24,25). Год постройки – 1960. Конструктивная схема здания – с продольными несущими стенами. К торцу здания на расстоянии 0,5 м был пристроен новый 10-ти этажный дом. Конструктивная схема нового здания – каркас, фундамент – плита. При строительстве нового здания не было предусмотрено дополнительных мероприятий по защите существующего здания, в результате чего последнее получило недопустимые деформации и как следствие этого массовые вертикальные трещины (рис 25). Были предприняты попытки усиления надземных конструкций здания тяжами и металлическими обоймами в проемах.

Управление дистанционного обучения и повышения квалификации

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов



Рис. 26. Примыкание пятиэтажного существующего дома и десятиэтажного вновь возводимого здания



Рис 27. Трехэтажное здание по адресу ул. Пушкинская 243

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

В 2002 г. было произведено техническое обследование существующего здания. Результаты обследования показали, что здание продолжает испытывать вертикальные перемещения. Состояние здания оценено как неудовлетворительное, общий физический износ составляет 46%.

На ПК “Полюс” была решена задача о взаимовлиянии 5-ти этажного существующего здания и 10-ти этажного возводимого с грунтом основания, показавшая разрушения конструкций стен, которые подтверждаются реальными деформациями объекта (рис. 28). В качестве возможного мероприятия по снижению влияния возводимого здания экспертной системой предложено только устройство разделительного шпунта.

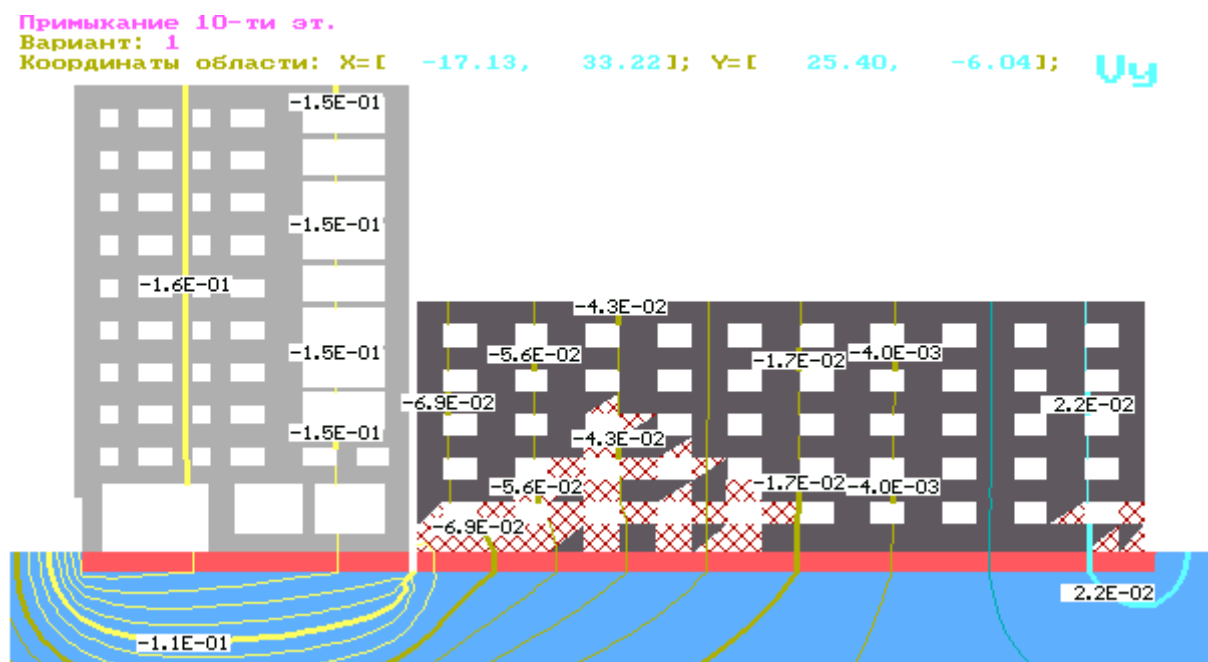


Рис. 28. Фрагмент результата расчета примыкания 10-ми этажного здания к 5-ти этажному по адресу Пушкинская 243

Данные по существующему и возводимому зданию

Наименование здания	Этажность	Конструктивный элемент	Вид материала и его марка	Модуль упругости E, МПа	Коэффициент Пуассона,
Возводимое здание	10	Фундамент	Железобетон В20	27000	0,2
		Стены	Кирпичная кладка на растворе М50	720	0,2
Существующее здание	5	фундамент	бетон В15	22500	0,2
		Стены	Кирпичная кладка на растворе М50	720	0,2

В качестве третьего объекта был выбран жилой 6-ти этажный кирпичный дом по адресу 11-я линия 25. Конструктивная схема здания – с продольными несущими стенами. В настоящий момент заканчивается строительство 10-ти этажного каркасного здания в непосредственной близости от рассматриваемого объекта. В качестве мероприятия по снижению воздействия возводимого объекта на существующий дом экспертной системой предложено устройство шпунтового ограждения, которое было предусмотрено и правильно запроектировано. В июне 2002 г. было произведено техническое обследование 6-ти этажного здания, которое показало, что объект находится в удовлетворительном состоянии и общий физический износ составляет 28%.

Лекция 10.

Геотехническое сопровождение реконструкции городов

Развитие современного мира невозможно без крупных городов. Появившись на Земле почти пять тысячелетий назад, города постепенно стали центрами развития земной цивилизации. В настоящее время урбанизация превратилась в поистине глобальный процесс, темпы и масштабы которого катастрофически растут. Если в 1830 г. в городах проживало чуть более 3% населения Земли, в 1966 г. – 34%, то в 2020 г. ожидается, что городское население составит более 57%. На общем фоне урбанизации быстрыми темпами идет рост городов. По числу жителей и насыщенности инфраструктуры современные города не имеют исторических прецедентов. Ожидается, что суммарная площадь городов в мире возрастет к 2020 г. на 2,6 млн. км² и составит около 4% от площади суши.

Гигантская концентрация людей приводит к многократному увеличению поставок в города воды, энергии и продуктов питания, что вместе с наращиванием производства и услуг обуславливает накопление на их территориях огромного количества загрязненных вод, промышленных и бытовых отходов. Все это служит причиной обострения в крупных городах социальных, экологических и экономических проблем. В этих условиях вопросы урбанизации и градостроительства приобретают совершенно иную общественную значимость – они становятся неотъемлемой частью глобальной проблемы устойчивого развития современного общества.

Все сказанное выше полностью относится к г. Ростову-на-Дону. Являясь одним из крупнейших городов страны, Ростов-на-Дону переживает в настоящее время урбанистический бум. Динамично идет увеличение территории и населения города.

За всю 253-летнюю историю существования Ростов никогда не менял свой облик так быстро, как это происходит сейчас.

Гиперконцентрация людей, товаров и услуг, разнообразная инфраструктура, создают территориально сосредоточенное воздействие на геологическую среду города, вызывая в ней необратимые изменения. Возникающие в геологической среде опасные процессы приводят к деформации зданий и сооружений, ускоренному разрушению подземных коммуникаций, ухудшению экологической обстановки. Городу наносится огромный материальный ущерб, увеличивается риск возникновения чрезвычайных ситуаций, возрастает социально-психологическая напряженность населения.

Современная наука, по мнению многих специалистов, является «важным градоформирующим фактором». Это в полной мере относится и к геологии. Без знания геологических условий города невозможно принятие оптимальных архитектурно-планировочных решений, осуществление инженерной защиты территории для обеспечения безопасного функционирования городской инфраструктуры, выполнение расчетов и оценки несущей способности горных пород как оснований (или вмещающей среды) городских объектов. Поэтому,

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

изучение геологического строения территории города является важным звеном всех работ, связанных с градостроительным комплексом.

Роль инженерно-геологических условий в развитии города

Для структуры старых русских городов свойственны черты, которые позволили назвать их ландшафтными городами свободной планировки. Эта система предполагает соответствие расположения строящихся зданий, их комплексов, этажности, высоты, ориентировки и прокладки улиц, расположения площадей естественным ландшафтным особенностям местности, т.е. низким и высоким местам, косогорам и оврагам, связь с естественными водоемами. Древние зодчие умели выбирать в ландшафте места наилучшего обзора для строительства зданий-доминант, например, соборов и церквей, видимых из всех точек соответствующего района города; или сторожевых башен и укрепленных монастырей, держащих под контролем подступы к городу на достаточном расстоянии.

Историки архитектуры высказывают гипотезу о существовании на Руси общих норм строительства городов, и подтверждают ее, находя в архивах документы, где изложены эти нормы в ритуальной форме освящения места будущего строительства, а так же в виде светского сборника законов.

Старые русские города имели изогнутые по трассировке улицы, переулки и тупики, сложные по конфигурации площади. Город легко ложился на рельеф, удачно вписываясь в ландшафт.

Связь города с землей – один из краеугольных вопросов истории феодального города. Специальные земельные участки закреплялись за церквями и монастырями. Городу придавались пахотные и выгонные земли, различные угодья, озера. При выделении жителям города участков под огороды и поля учитывалось, очевидно, качество (плодородие) земли – оно лимитировало размеры участков и их цену. В результате на хороших (плодородных) землях возникали усадьбы и храмы, на плохих – поселения бедноты, торги, ремесленные посады. Качество земли (в данном случае «качество» надо понимать как инженерно-геологические условия) или грунта влияло и на плотность застройки города.

На случайных местах города не возникают. Древние градостроители тщательно выбирали места для поселения. О сознательном стремлении русских градостроителей к осуществлению художественной связи города с природным ландшафтом свидетельствуют исторические документы и литературные источники.

Наиболее древним приемом оценки инженерно-геологических условий территории является индикационный анализ. Так, вдоль русла реки в местах, затопляемых паводками, обычно растет кустарник. По составу растительности и другим ландшафтными признакам определялись гидрогеологические условия местности.

Возникновение Ростова-на-Дону относится к 1749 году. Но еще раньше, готовясь к Азовским походам, в этих местах останавливался Петр I. По преданию, он увидел здесь чистый источник и окрестил его – «Богатый колодезь». Так на

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

долгие годы и осталось это название, которое затем и перешло на Богатыновский переулок.

Попытка Петра I присоединить к России Приазовье и получить выход к Черному морю, как известно, не увенчалась успехом. Хотя Азов был взят, однако после неудачного Прутского похода (1711) его снова пришлось вернуть туркам, и вместе с этим, отказаться от укрепленного Таганрогского порта. Только в 1739 году Россия добилась права построить крепость вблизи устья Дона. Через десять лет упорной дипломатической борьбы на международной арене императрица Елизавета Петровна повелела: «Для сбора по тарифу и внутренних пошлин с привозимых из турецкой области и отвозимых из России за границу товаров таможенную учредить вверх по реке Дону от устья реки Темерник против урочища Богатого колодезя, на таком основании, как оную в Черкасском учредить было велено».

Вскоре таможня стала важным торговым центром на юге страны. Отсюда русские купцы и промышленяющие торговлей казаки увозили свои товары за границу. Вблизи Богатого источника в 1761 году было начато сооружение крепости Дмитрия Ростовского по плану инженер-капитана И. Ведена.

Сегодня город – это интенсивно развивающаяся система. Высокая стоимость городских земель в Ростове ставит вопрос о необходимости повышения эффективности их использования. Одним из перспективных направлений решения этой проблемы представляется новый подход к пространственному развитию инфраструктуры города – создание многоуровневых городских образований. Город вынужден развиваться не только по горизонтали, но и по вертикали, как за счет освоения подземного пространства, так и высотного строительства. Подземное пространство используется главным образом для прокладки инженерных коммуникаций, а в будущем с ростом города потребуются строительства метрополитена. В последнее время в подземном пространстве начинает широко осуществляться строительство объектов для культурно-бытового и коммунального обслуживания населения: складов, торговых предприятий, гаражей. В связи с интенсификацией использования подземного пространства роль правильной и своевременной оценки инженерно-геологических условий резко возрастает и во многом определяет экономику строительства и безаварийную эксплуатацию построенных зданий и сооружений.

Характеристика инженерно-геологических условий территории города не ограничивается информацией о геологическом строении, гидрогеологических условиях, составе и свойствах грунтов, экзогенных процессах. Необходима также информация о возможных геохимических и геофизических аномалиях и приуроченных к ним различных геологических процессов: выделение различных газов, таких как водород, радон, растворение карбонатных пород, образование карстовых полостей и т.п.

Инженерно-геологические условия территории г. Ростова-на-Дону сформировались в процессе ее длительного геологического развития, которое обусловило пространственное распространение пород различного возраста, генезиса, состава и состояния, характер рельефа и особенности гидрогеологических условий. Все это предопределило возникновение ряда

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

геологических процессов на территории: оползней, суффозионно-карстовых процессов и др. На инженерно-геологические условия территории города в настоящее время оказывают влияние интенсивные техногенные воздействия, часто приводящие к активизации геологических процессов.

Строительство сооружений

Современным Российским городам свойственны похожие проблемы, связанные с инженерно-геологической обстановкой городской территории.

У новостроек Москвы, Ростова-на-Дону, и других городов, есть одна примечательная особенность. Среди них появляется все больше сооружений, частично или полностью расположенных ниже поверхности земли. Под землей строятся транспортные магистрали и переходы через улицы, автомобильные стоянки, торговые центры, инженерные сети и различные хранилища. В подземном пространстве проектируются и возводятся огромные многоцелевые комплексы.

Так же на современном этапе город заглубляется в землю, расширяя используемые площади. Это одно из главных направлений в стратегии современного градостроительства. В его осуществлении важную роль играет геологическая наука.

Для того, чтобы разместить крупные современные сооружения с их коммуникациями, нужно выполнить детальные геологические исследования. Необходимо установить порядок и характер напластования грунтов, изучить их состав и свойства: плотность, прочность, способность к деформациям, водопроницаемость и др. Требуется выяснить, имеются ли в этом месте подземные воды, определить глубину их залегания, направление движения, химический состав, режим изменения уровня.

Для получения необходимых сведений на участке предполагаемого строительства выполняются инженерно-геологические изыскания. В их состав входят разнообразные работы: бурение скважин, отбор образцов грунта и их испытания в лаборатории, различные опыты в скважинах и на поверхности. Большое значение придается геофизическим исследованиям. Они заключаются в измерениях при помощи современной аппаратуры различных физических свойств грунтового массива: электрического сопротивления, скорости прохождения сейсмических волн, акустических параметров, радиоактивности и т.п. По этим данным определяются прочность и качество грунтов в их естественном состоянии. На основании перечисленной информации составляются геологические карты, разрезы и другие материалы, требующиеся для проектирования и строительства.

Изыскания в городе во многом необычны по своим целям и задачам. При ведении нового строительства большое значение приобретает проблема сохранения существующих построек. При строительстве подземных сооружений роятся глубокие котлованы, из которых вынимается большой объем грунта. Это приводит к резкому нарушению сложившегося равновесия в грунтовом массиве. Грунт начинает смещаться в сторону котлована – к освободившемуся пространству. Он увлекает за собой фундаменты существующих зданий, что может привести к их разрушению.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Очень важную роль играют также грунтовые воды. Глубокие котлованы собирают подземную воду и вызывают понижение ее уровня. С другой стороны, крупные подземные сооружения, после того, как они построены, могут пересекать водоносный горизонт. В этом случае они играют роль плотины в отношении грунтового потока и поднимают его уровень. Изменение уровня грунтовых вод как в сторону понижения, так и повышения может существенно повлиять на устойчивость фундаментов наземных сооружений. Особенно чувствительны к ним ослабленные временем старинные постройки.

Предотвращение негативного влияния подземного строительства на окружающую территорию является одной из главных и самой сложной задачей геологических изысканий. Оценка и прогноз возможных изменений состояния территории осуществляются с помощью современных методов. Важную роль при этом играет математическое моделирование техно-природной среды, с помощью которого анализируется совместное взаимодействие сооружений и вмещающего их грунтового массива. Моделирование выполняется с использованием сложных программ и компьютерной техники.

Лекция 11. Строительство метрополитена

С ростом населения городов и постепенным переходом из статуса «просто город» в статус «мегаполис» проблема транспорта станет очень остро и строительство метрополитена станет оправданным с точки зрения экономических затрат, экологических проблем (которые станут возникать с увеличением населения в городе и с увеличением транспортом).

Строительство метрополитена в Москве, началось в 1932 году. Линии первой очереди на участках «Сокольники» – «Парк культуры» и «Охотный ряд» – «Смоленская» (общей протяженностью 11,6 км) вступил в эксплуатацию 15 мая 1935 года. В настоящее время на территории г. Москвы эксплуатационная длина линий метрополитена достигла 250 км. Запроектировано строительство еще более 50 км трассы. По оценкам специалистов столичному метрополитену для полного обеспечения потребности города в перевозках пассажиров недостает около 100 км линий. В настоящее время плотность сети метрополитена на 1 км² площади Москвы составляет 0,26 км, в то время как в Нью-Йорке этот показатель равен 0,5, в Лондоне – 1,2, а в Париже – 2,8 км.

В Москве построены и строятся надземные, наземные и подземные (мелкого и глубокого заложения) линии метро. Наиболее распространен в городе подземный метрополитен. Подземные линии сооружаются открытым способом, т.е. в открытом котловане с последующей его засыпкой или подземным способом – без нарушения поверхности земли (обычно щитовым или горным способом). Глубина заложения тоннелей (расстояние от земной поверхности до свода тоннеля) устанавливается в зависимости от условий городской застройки и от инженерно-геологических условий строительства. Для открытого способа она находится в пределах 5-12 м и редко глубже. При закрытом способе тоннели находятся на глубине не менее 5 м от поверхности, и редко глубже 60 м. Линии метрополитена проектируются в соответствии с генеральной схемой развития метрополитена города, в которой предусмотрены направление, протяженность и очередность проектирования линий, тип и места расположения станций, электродепо, пересадочных узлов между линиями метрополитена, а также между линиями метрополитена и остановочными пунктами железных дорог.

Глубина заложения линии метрополитена выбирается с учетом геологических, геоморфологических, гидрогеологических условий. При этом предпочтение отдается таким обстановкам, которые позволили бы вести строительство без применения специальных технологий. Предусматривается сохранность исторических и архитектурных памятников и зданий, защита зданий от шума и вибраций, вызываемых движением поездов.

Современные метрополитены являются сложнейшими инженерными сооружениями. Они включают перегонные тоннели, подземные станции и переходы, эскалаторы, разнообразные наземные комплексы. Все сооружения метро требуют высочайшей надежности, исключающей возникновение аварийных ситуаций и обеспечивающей безопасность пассажиров.

В комплексе проблем, решаемых при проектировании, строительстве и эксплуатации метрополитена, изучение и оценка инженерно-геологических

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

условий имеет важнейшее значение. Решаемые при этом задачи во многом специфичны, а методика изысканий отлична от используемой при наземном строительстве. Необходимо особенно детальное изучение строения толщи, ее литологии, условий залегания горных пород, степени нарушенности массива, его трещиноватости, блочности, строения погребенных речных долин и других эрозионных врезов.

Большое влияние на условия строительства метрополитена оказывают гидрогеологические условия. Важнейшими их характеристиками являются обводненность массива горных пород, его гидрогеологическая структура, взаимосвязь водоносных горизонтов, выдержанность и надежность водоупоров, гидростатические напоры, агрессивность, водопритоки в подземные выработки, возможность прорыва вод и плавунгов.

Особого внимания требуют опасные экзогенные геологические процессы и явления, такие как карст, суффозия, оползни.

Метрополитен в г.Москве строится в сложных геологических условиях. При его проектировании и строительстве необходимо изучение геологического разреза, по меньшей мере, начиная с глубины залегания мячковско-подольских известняков среднего карбона и выше. На разных участках линии метрополитена прокладываются практически во всех толщах верхнего карбона, средней и верхней юры, нижнего мела, четвертичных отложений различного генезиса.

Сложными являются и гидрогеологические условия. В гидрогеологическом разрезе на интересующей метростроителей глубине встречаются напорные воды мячковско-подольского, суворовского, ратмировского и перхуровского горизонтов карбона, воды бат-нижнекелловейского и волжского ярусов юры, нижнего мела, грунтовые воды аллювиальных и флювиогляциальных отложений четвертичного возраста. Водоносные горизонты сложно взаимосвязаны: в одних случаях между ними существует тесная гидравлическая связь, в других они достаточно разобщены.

Трассы метрополитена пересекают древние переуглубленные долины рек Москвы, Яузы, Сетуни, доюрские эрозионные врезы. Строительство осложняет наличие закарстованных и трещиноватых известняков, плавунных песков, набухающих глин.

Велико и антропогенное влияние города – наведенных электрических полей, локальных температурных аномалий, больших мощностей техногенных грунтов, повышенной агрессивности подземных вод.

Использование подземного пространства для захоронения регенерационных вод ТЭЦ

Многолетний отечественный и зарубежный опыт использования подземного пространства для захоронения низкоактивных радиоактивных отходов позволил предложить эффективный и экологически безопасный метод обезвреживания загрязненных стоков ТЭЦ, обеспечивающих централизованное снабжение города горячей водой.

Так в Москве, перед подачей в водогрейные системы ТЭЦ воду смягчают с помощью натрий-катионитовых фильтров, для восстановления которых

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

используют раствор поваренной соли. При этой технологии общий расход соли в сухом исчислении на московских ТЭЦ составляет порядка 32 тыс. тонн в год. В целях предотвращения возможных аварийных ситуаций, связанных с перебоями в поставках соли, в начале 80-х годов на пяти ТЭЦ при водоподготовке начали применять природные хлоридно-натриевые рассолы из глубоких горизонтов. Надежность работы ТЭЦ повысилась, однако при этом так и не была решена острейшая экологическая проблема утилизации отработанных регенерационных вод. До настоящего времени регенерационные воды сначала разбавляют до нормативных значений и затем сбрасывают в Москва-реку. По состоянию на 1988 г. на разбавление тратилось до 1,6 млн.куб.м/год пресной воды питьевого качества.

Существующие альтернативные технологии восстановления фильтров на ближайшие 15-20 лет неприменимы по экологическим и экономическим причинам. В этой связи в 1989 г. три московских предприятия Мосэнерго, НИИ промышленной технологии и объединение «Гидроспецгеология» предложили экологически безопасное решение утилизации использованных природных рассолов путем их возврата в недра с помощью специальных скважин. Этот пионерный для г.Москвы проект обосновывался следующими положениями.

Во-первых, состав природных рассолов после их использования в процессе водоподготовки меняется весьма незначительно: в них лишь уменьшается содержание натрия и несколько возрастает содержание кальция и магния, что не меняет существенно их химического состава. Иными словами, отработанные воды совместимы с природными рассолами, добываемыми из глубоких горизонтов.

Во-вторых, в геологическом разрезе на глубинах более 1 км имеются пласты-коллекторы, способные принять закачиваемые регенерационные воды в требуемых количествах. Ареалы их распространения будут локальными по площади в силу затрудненного водообмена и соответственно чрезвычайно малых скоростей движения подземных вод.

Наконец, имеется многолетний отечественный опыт по экологически безопасной закачке жидких промышленных стоков ряда российских предприятий в глубокие геологические формации.

В соответствии с решением Моссовета в мае 1989 г. объединение «Гидроспецгеология» приступило к разведочным работам, для проведения которых были определены два участка на северной (ТЭЦ-21) и южной (ТЭЦ-26) окраинах города. В геологическом отношении эти участки приурочены к резко различным геоструктурным элементам: первый – к Красногорскому горсту, второй – Теплостанскому грабену кристаллического фундамента. Соответственно глубины разведочных скважин составили 1,5 км и 2,0 км. Во всех скважинах проводился комплекс специальных геологических, геофизических, опытных гидрогеологических и лабораторных исследований для определения гидрогеологических параметров водоносных горизонтов и комплексов, химического состава, физических и бальнеологических свойств пластовых вод, совместимости отработанных рассолов с водовмещающими породами и, наконец,

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

изолированности потенциальных пластов-коллекторов от эксплуатируемых горизонтов и комплексов минеральных и питьевых вод.

Решение столь сложных вопросов потребовало комплексной оценки природных условий не только участков ТЭЦ, но и всей территории города в целом. К выполнению этих работ были привлечены ученые и специалисты Москвы из отраслевых институтов, Российской академии наук, производственных объединений и научно-производственных фирм.

Кроме буровых и опытных работ на площадках ТЭЦ-21 и ТЭЦ-26 вскрыты и комплексно изучены породы вендского водоносного комплекса, а на участке ТЭЦ-26 впервые в Москве были вскрыты и всесторонне исследованы породы рифейского водоносного комплекса. Мощные толщи пород рифея (свыше 400 м) и венда (350 м), представленные песчаниками, алевролитами, аргиллитами и глинами, оценивались не только как потенциальные пласты-коллекторы для закачки регенерационных вод. Важно было установить и степень проницаемости разрывных нарушений, разделяющих тектонические блоки, выявленные при анализе тектонического строения фундамента и осадочного чехла.

В ходе опытно-фильтрационных работ было установлено, что тектонические блоки практически изолированы друг от друга. Не оправдались надежды на использование в качестве пластов-коллекторов пород венда и рифея из-за их крайне низкой водопроницаемости.

Для решения поставленной задачи был проведен аналогичный комплекс опытных работ в вышележащих песчаниках ряжского водоносного комплекса нижнего девона, залегающего на глубинах порядка 1,2-1,4 км.

Тщательный анализ состава вод ряжского комплекса позволил отнести его к гидрохимической зоне застойного режима с малыми скоростями движения подземных вод. Проводился сложный комплекс опытно-фильтрационных работ: опытные нагнетания и откачки в скважинах позволили определить скорость продвижения фронта закачиваемой жидкости и вертикальный профиль поглощения. Было установлено, что ряжский водоносный комплекс отвечает требованиям, предъявляемым к пластам-коллекторам для захоронения промышленных стоков как по приемистости, так и по надежной их изоляции от вышезалегающих водоносных горизонтов (рис. 5.9).

Надежность использования ряжского горизонта для целей возврата в него природных ресурсов после их использования при водоподготовке проверялась методами математического моделирования специалистами объединения «Гидроспецгеология» и фирмы «ГИДЭК». На моделях было установлено, что границы распространения закачиваемых регенерационных вод не превысят 1,2-1,7 км.

Таким образом, к настоящему времени доказана принципиальная возможность использования подземного пространства для решения важной и острой экологической проблемы общегородского характера – утилизации регенерационных вод московских ТЭЦ путем закачки в глубокозалегающие геологические формации. При этом на сегодняшний день получены все необходимые исходные данные для создания опытно-промышленных полигонов на ТЭЦ-21 и ТЭЦ-26.

Лекция 12.

Виды техногенного воздействия на геологическую среду города

Верхние слои земной коры (геологическая среда) – место обитания и жизни человека. В Ростове-на-Дону, как и в любом другом городе, на сравнительно небольшой площади сконцентрировано огромное количество людей, различных зданий и сооружений, подземных коммуникаций, путей сообщений и т.д. Очевидно, что половина территории Ростова-на-Дону занята различными зданиями и сооружениями. Однако город развивается не только по площади, но также в высоту и глубину.

Высокая концентрация людей, зданий и сооружений, инфраструктуры, промышленных объектов порождает огромную нагрузку на геологическую среду, вызывая ее изменение и преобразование. В свою очередь, геологическая среда «реагирует» на внешние воздействия, что выражается в развитии геологических процессов, часто негативно сказывающихся на состоянии зданий, сооружений и другой инфраструктуры города.

Участки территории города, где геологические условия благоприятны для развития опасных геологических процессов, в той или иной степени становятся менее пригодными для городского использования. Кроме того, развитие этих процессов, как правило, сопровождается ухудшением экологической обстановки и снижением безопасности проживания людей. Так формируется геологический риск городских территорий.

Существование геологического риска на территории Ростова связано с развитием таких геологических процессов как карстово-суффозионные провалы, оползни, подтопление территории, образование различных техногенных и других слабых грунтов. Каждый процесс приурочен к определенным геологическим условиям и видам техногенного воздействия, имеет свои пространственные и временные закономерности, характеризуется специфическими причинно-следственными связями.

Основным средством предотвращения геологического риска или его снижения в условиях города является грамотное ведение градостроительной политики. Смягчить последствия развития опасных процессов возможно также с помощью различных технических решений, в частности, путем проведения инженерных защитных мероприятий (устройства дренажей, подсыпок, повышения несущей способности грунтов, применения специальных конструкций фундаментов и т.д.), что неизбежно сопровождается удорожанием строительства, а также созданием геологических карт, которые позволят проводить мониторинг изменения инженерно-геологических условий города.

Воздействие города на геологическую среду многообразно. На территории города под воздействием различных факторов техногенного характера развивается гравитационное и динамическое уплотнение пород, сдвигание пород в массиве, гидростатическое взвешивание и сжатие рыхлых водовмещающих пород, механическая и химическая суффозия и т.д. Воздействие города наиболее

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

активно проявляется в поверхностных слоях земной коры примерно до глубины 60-100 м, хотя в отдельных случаях может простираться до глубины 1,5-2,0 км.

Чтобы бороться с отрицательными последствиями развивающихся процессов, необходимо знать причины их возникновения, закономерности развития. Среди различных факторов, оказывающих влияние на геологическую среду, следует выделить:

- ❖ механическое воздействие наземной техносферы города;
- ❖ откачку подземных вод;
- ❖ нарушение инфильтрационного баланса грунтовых вод;
- ❖ создание подземных выработок;
- ❖ изменение физических полей геологической среды.

Наиболее распространенным видом воздействия являются статические нагрузки на толщу пород от веса зданий и сооружений. Величина этой нагрузки изменялась по мере роста этажности зданий, плотности застройки территории и применяемых различных строительных материалов. На начальной стадии развития города, когда возводились в основном деревянные сооружения, нагрузки на грунт от них не превышали 0,01-0,05 МПа. С появлением каменных зданий и сооружений нагрузки постепенно возросли до 0,15-0,2 МПа. Массовое строительство многоэтажных зданий привело к увеличению нагрузок на грунт до 0,2-0,3 МПа. Давление от высотных зданий, сооруженных, составляет 0,35-0,5 МПа. Преобладающая величина давления от современных многоэтажных жилых домов не превышает 0,2-0,3 МПа, что связано с применением современных строительных материалов.

Другим видом техногенного воздействия на геологическую среду является откачка подземных вод, вызывающая снижение гидростатических напоров и статических уровней горизонтов подземных вод. Нарушение природной гидродинамической обстановки приводит к изменению напряженного состояния водовмещающих толщ пород и как следствие этого уплотнению пород в пределах образующихся депрессионных воронок. Что в свою очередь служит причиной опускания поверхности территории и многочисленных нарушений (аварии) в техносфере города.

Нарушение режима первого от поверхности горизонта грунтовых вод при определенных геологических условиях приводит не к понижению, а наоборот, поднятию его уровня и подтоплению территории. Основной причиной подтопления является влияние города на инфильтрационный баланс в основном за счет утечки воды из различных водонесущих коммуникаций и изменения условий подземного стока.

Наконец разнообразная производственная деятельность людей, а также транспорт и коммуникационные системы изменяют физические поля Земли, что сказывается на состоянии геологической среды и ее свойствах. К их числу относятся акустическое, вибрационное, температурное, наведенное электрическое и электромагнитное поля). Причем по своему уровню техногенные физические поля часто превышают санитарные нормы и отрицательно воздействуют не только на техносферу, но и на здоровье жителей города.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Ниже более подробно будут рассмотрены основные виды опасных геологических процессов, развивающихся на территории Ростова и влияющих на ее устойчивость.

Оседание поверхности территории города
Сжатие грунтов в основании зданий и сооружений

Под действием веса зданий и сооружений происходит уплотнение грунтов оснований, в результате чего наблюдаются вертикальные перемещения (осадки) грунта.

Величина осадки здания на жестком сплошном фундаменте в виде плиты неодинакова в разных его частях: она выше в его центральной части и меньше у краев при одинаковых значениях деформационных показателей грунтов. Одновременно с осадкой здания происходит оседание прилегающей к зданию территории, формируется воронка оседания, края которой могут быть удалены от контура здания на расстояние до 50-150 м. Мощность зоны активного сжатия может достигать 30 и более метров. Глубина и размер воронок оседания зависят от величины нагрузки, площади и типа фундамента и физико-механических свойств массива грунтов. Воронки имеются вокруг каждого здания в массиве. При плотной застройке, обычной для городских территорий, они накладываются друг на друга и образуют общую сниженную поверхность.

Исторически сложилось так, что плотность застройки и величины передаваемых на грунт давлений были выше в центре Ростова, чем на окраинах города. Подобная картина наблюдалась примерно до 50-х годов, когда начавшаяся в широких масштабах застройка окраин внесла изменение в характер территориального распределения нагрузок.

Величина уплотнения грунтов в основании зданий и сооружений зависит от физико-механических свойств грунтов и характера, действующих на них давлений.

Установлено, что осадки зданий и сооружений, основанием которых служат песчаные грунты, характеризуются небольшими величинами и быстрым затуханием после завершения строительства. Осадка зданий и сооружений, возведенных на глинистых грунтах, развивается медленно и продолжается длительное время после завершения строительства, характеризуясь значительными величинами.

Наибольшие осадки зданий фиксируются в случае залегания в основании пойменных, озерно-болотных и рыхлых техногенных отложений -лессовых просадочных грунтах, рыхлых супесей и тонких песков, илов, строительного и бытового мусора и т.п. Осадки сооружений на таких грунтах протекают в течение многих лет и могут достигать 20-30 см при скорости оседания до 2-3 см в год.

Оседание поверхности территории города, вызванное откачкой подземных вод

Вода оказывает многообразное воздействие на грунт: она может вызывать растворение минеральных частиц грунта и влиять на напряженное состояние массивов. Последнее связано с изменением капиллярного давления на уровне зеркала грунтовых вод, взвешивающего воздействия воды (сила Архимеда) и гидродинамического давления фильтрующейся воды. Понижение уровня воды уменьшает взвешивающее давление воды на минеральные частицы грунта, приводит к увеличению капиллярного давления, в результате чего возрастает нагрузка на скелет грунта, происходит его уплотнение, сопровождающееся оседанием поверхности земли и осадками зданий и сооружений. При снижении уровня грунтовых вод (УГВ) давление на грунт возрастает.

Лекция 13. Подтопление

Подтопленными считаются участки территории, где первый от поверхности водоносный горизонт поднимается к поверхности земли до глубины менее 3 метров.

В России насчитывается более тысячи городов, где отмечается подтопление. Казалось бы, что покрытие больших территорий асфальтом, их застройка, удаление дождевых и талых вод должны способствовать уменьшению инфильтрационного питания грунтовых вод. Однако исследования показывают, что на территории городов оно оказывается в среднем больше, чем фоновое.

Подъем уровня может быть вызван не только увеличением инфильтрации.

В течение многовековой истории рельеф городов претерпевает существенные изменения. Наибольшие мощности техногенных грунтов приурочены к долинам небольших засыпанных рек и оврагов, которые в свое время играли существенную дренирующую роль, отводя подземные воды.

В настоящее время определенный вклад в изменение гидрогеологических условий вносит освоение подземного пространства. Единичное подземное сооружение, перегораживая поток подземных вод, вызывает подъем уровня перед собой и его спад ниже по потоку. Величина подъема и спада зависят от длины подземного контура и его ориентации относительно потока. Это объясняется тем, что здание действует как подземная плотина: чем оно длиннее, тем больше ожидаемый подъем. Для единичных сооружений он, как правило, невелик. Однако, если освоение подземного пространства производится на значительной площади пусть даже не сплошным контуром, а отдельными вкраплениями, изменение гидрогеологических условий может быть существенным. Эта особенность должна быть учтена на самых ранних стадиях проектирования, когда необходимо рассматривать влияние на уровень грунтовых вод не отдельных зданий, а всего ансамбля сооружений.

Анализ гидрогеологической обстановки территории г. Ростова-на-Дону и этих изменений за отдельные периоды истории города прямо или косвенно неоднократно предпринимался в прошлом.

Подтопление является неблагоприятным процессом, поскольку увеличивает затраты на ведение строительства (в обводненных грунтах оно обходится дороже) и эксплуатацию освоенных территорий (за счет обводнения подвальных и цокольных этажей зданий). Оно увеличивает коррозионную активность среды при обводнении верхних слоев грунтов, особенно глинистых, увеличивает агрессивности грунтовых вод, что характерно для застроенных территорий, особенно когда наблюдаются потери из тепловых сетей. В этих случаях затраты на поддержание зданий и сооружений, а также подземных коммуникаций оказываются наибольшими.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Провалы

На территории г. Ростова-на-Дону в разное время появлялись и продолжают появляться деформации земной поверхности в виде провалов и неравномерных оседаний земной поверхности. Причины этих деформаций различны. В одних случаях провалы образуются за счет обрушения карстовых полостей или за счет прорыва водонасыщенных песчано-глинистых пород в закарстованные толщи (карстово-суффозионные процессы), в других – при суффозионных процессах на склонах речных долин, ручьев, оврагов и над подземными водонесущими коммуникациями, и, в-третьих – за счет обрушения кровли подземных горных выработок и перекрытий брошенных (засыпанных) сооружений, как правило, колодцев, подвалов и т.п. Провалы представляют непосредственную опасность жизни людей, нормальной эксплуатации зданий и сооружений. Они наносят большой социальный и материальный ущерб.

Карстовые провалы

До 70-х годов прошлого столетия считалось, что на территории города карст не является угрожающим, хотя и доставлял много неприятностей при освоении подземного пространства.

Анализ геологического строения и истории карстообразования показал сложное сочетание развития древних карстовых процессов в карбонатных породах и современных провалов. Оказалось, что в пределах различных стратиграфических горизонтов имеются древние карстовые нарушения двух типов:

- ❖ захватывающие отдельные горизонты (один или два);
- ❖ прослеживающиеся через всю толщу каменноугольных пород и вышележащих отложений.

К нарушениям второго типа приурочены современные провалы, что указывает на унаследованный характер развития карста.

Суффозионные провалы

Механическая суффозия представляет собой процесс выноса подземными водами мелких частиц из толщи песков и трещиноватых известняков. В результате этого происходит разрыхление грунта и его оседание как от собственного веса, так и от веса зданий и сооружений. Суффозию вызывают большие градиенты напора в фильтрационном потоке, обусловленные изменением гидродинамического режима водоносных горизонтов при откачках, вскрытии водоносных горизонтов выработками, работе дренажных систем.

Суффозионные процессы в нашем городе наблюдаются на левом берегу Дона в зона массового отдыха людей. И в местах прокладки водонесущих коммуникаций, так как засыпку производят песком.

Суффозия развивается и в естественных условиях, на склонах берегов рек и в оврагах – в местах выхода на дневную поверхность подземных вод. Суффозионный вынос тонкого материала ослабляет склоны и способствует их оползанию, а на равнинных территориях способствует оседанию и провалам.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Техногенная суффозия по своей интенсивности превосходит естественную. Техногенная суффозия связана в основном с двумя видами воздействия на геологическую среду: искусственным обводнением грунтов или их извлечением из массива. Суффозионный провал может последовать почти сразу же после любого из этих проявлений хозяйственной деятельности, но иногда реакция геологической среды запаздывает на годы и десятилетия.

Очень быстро образуются суффозионные провалы при крупных авариях водопроводных систем, когда вода вырывается из труб под большим давлением. Струйный размыв грунта приобретает тогда катастрофический характер, распространяется по всем подземным трещинам, каналам и контактными поверхностям, сопровождается интенсивным выносом дисперсного материала. Возникающие при этом полости мгновенно обрушаются. Тем не менее, это – не самый опасный вид суффозионного провалообразования, поскольку коммунальные службы быстро реагируют на подобные аварии, устраняя их первопричину.

Гораздо хуже обстоит дело, когда утечка мала, но постоянна. Картина развития суффозионного процесса в этом случае мало отличается от природной, только протекает интенсивнее

Необходимо отметить, что в ходе строительных работ часто создаются условия, благоприятные для протекания суффозии, причем в тех местах, где ее никогда не было. К подобному результату приводит отсыпка песчаных и крупнообломочных грунтов на слабопроницаемые основания, перекапывание глинистых грунтов, создание поверхностей контакта грунта с различными искусственными материалами и многое другое.

Оползни

Большая проблема многих Российских городов – это оползни, которые получают активное развитие в результате техногенной деятельности человека.

Оползни на территории нашего города по механизму оползневого процесса разделяются: вязко-пластические (оползни - потоки) и срезающие оползни сдвига.

Вязко-пластические оползни могут развиваться на любых крутых склонах в насыпных и делювиальных грунтах при условии $\alpha > \varphi$. При водонасыщении и снижении угла внутреннего трения пород (φ) смещение происходит в виде вязкого или вязко-пластического течения. При сползании большой массы насыпи она может захватывать верхнюю часть склоновых пород.

Неустойчивому положению пород на склоне и развитию срезающих оползней сдвига способствуют следующие основные природные факторы:

- ❖ крутизна склона: чем выше уступ, тем больше разница давлений у его основания и большая опасность возникновения в грунтах деформаций сдвига, приводящих к выдавливанию пород, развитию плоскостей скольжения и трещин отрыва вверх по склону;
- ❖ наличие в разрезе высокодисперсных пластичных глин, в которых развиваются плоскости скольжения (скифские, сарматские глины);
- ❖ выклинивание подземных и грунтовых вод на склоне, на контакте с потенциальными плоскостями смещения;

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

❖ обводнение пород слагающих склон.

В Ростове из срезающих оползней сдвига известны:

❖ оползни суглинков по красно-бурым глинам;

❖ оползни суглинков по сарматским глинам;

❖ оползни сарматских известняков и глин с залегающими на них породами по сарматским глинам.

Оползни суглинков по скифским глинам – происходят на крутых участках склона берегового донского уступа, на правом крутом склоне балки Кизитеринки, в верховьях оврагов, прорезающих правый высокий берег р. Темерник.

Головная часть оползня обычно приурочена к местам близкого залегания глин к дневной поверхности, к абсолютным отметкам склона 25-30м (оползень 1967г. в верховье б. Климовой на правом берегу р. Темерник; оползень 1977г. на мемориале «Змеевая балка»; оползень на береговом спуске пр. Ворошиловского, при строительстве автодорожного моста; оползни 1996г. в пос. Александровка в районе ст. Кизитеринка).

Оползни суглинков по сарматским глинам происходят в нижних частях склона, где сарматские глины выходят под делювиальный суглинистый покров.

Головная часть оползня приурочена к абсолютным отметкам от 3,0-4,0м до 12,0-13,0м.

Наиболее крупный оползень этого вида отмечен в 1958г. в районе железнодорожной станции «Красный Аксай». В 1975г. оползень меньших размеров произошел на ул. Локомотивной.

Оползни сарматских известняков и глин по сарматским глинам наиболее известны в пределах города. Эти оползни имели место и в геологическом прошлом, когда Дон подмывал высокий берег и естественные контрфорсы сползших пород размывались рекой.

Следы древних оползней отмечаются и по правому крутому берегу Темерника.

Пачки известняков и глин в смещенном залегании наблюдаются вдоль берегового донского уступа. Особенно активно оползневые процессы в сарматских известняках протекали и протекают в районе пос. Александровка, вдоль железнодорожного полотна.

К сарматским известнякам приурочен региональный водоносный горизонт. В крутых береговых обрывах происходит разгрузка подземных вод в виде мощных родников, таких как «Богатый», «Гремучий», а также более мелких ключей и высачиваний вдоль выходов известняков на дневную поверхность. Под пачкой известняков на сарматских глинах, обычно, залегает пласт мелких водонасыщенных песков, мощностью 1,0-2,0м.

Выветривание известняков, их трещиноватость, суффозионный вынос частиц песка из подстилающего слоя приводит к откалыванию пачек известняка, их оседанию и сползанию. При этом обрушиваются породы, залегающие сверху (насыпь, суглинки, иногда пески и скифские глины) и захватываются нижележащие сарматские глины, в которых образуются идеальные плоскости скольжения .

Как показывают визуальные наблюдения и результаты бурения на оползневых склонах захват пород вглубь берега изменяется от 3,0-5,0 до 10-12м.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Примеры оползания известняков в настоящее время известны практически на всем протяжении донского берега от балки Пороховой до балки Рябина на абсолютных отметках от 9,0-16 до 25-30м. Исключение составляет часть склона от пер. Соборного до устья Темерника, где известняки размыты рекой (III надпойменная терраса Темерника).

Гравитационные провалы

Искусственные подземные пустоты способны вызвать провал и без участия суффозии, исключительно за счет гравитационного обрушения лежащих над ними грунтов. В центральной части Ростова в подземном пространстве находится достаточно много заброшенных подземных сооружений (колодцев, погребов, подземных переходов), местоположение многих из которых остается неизвестным. При определенных обстоятельствах такие погребенные пустоты могут служить причиной образования гравитационных провалов.

Лекция 14.

Изменение физических полей

Вибрационное поле

Поле вибрации, источниками которого являются промышленные агрегаты, строительные машины и механизмы, а также транспортные средства, обуславливает динамическое (вибрационное) воздействие на окружающую среду и, главным образом, на грунты. По сути своей вибрация представляет собой вынужденные механические колебания частиц грунта, передаваемые от объектов-источников через промежуточную (геологическую) среду к различным инженерным объектам, для которых эта среда является основанием фундаментов или вмещающей средой. Если при этом горные породы являются прочными и обладают упругими свойствами, то они способны передавать вибрацию от источника к объекту, сами не претерпевая при этом заметных изменений. В том же случае, когда объектом первичного (со стороны источника) вибрационного воздействия оказываются относительно слабые дисперсные грунты, возможны необратимые изменения их структуры и как следствие этого – объемные изменения толщи и деформации построенных на ней зданий и сооружений.

Наиболее существенным источником вибрации являются движущиеся транспортные средства, в особенности рельсовый транспорт: поезда железной дороги, трамваи. Это связано, во-первых, с повсеместностью в пределах города нахождения транспортных магистралей и, во-вторых, с общим довольно высоким, по сравнению с источниками других видов, уровнем создаваемой транспортными средствами вибрации. Эмпирически установлено, что транспортные средства при движении генерируют и передают на подстилающие магистрали грунтовые массивы колебания с непрерывным спектром частот в диапазоне от 10 до 60 Гц и выше. Основная часть колебательной энергии переносится поверхностными волнами, распространяющимися в самой верхней части грунтовой толщи мощностью 10-15 м. Именно здесь располагаются большая часть фундаментов инженерных сооружений, подземные сооружения, коммуникации, коллекторы, которые и воспринимают колебания, создаваемые источниками вибрации.

Воздействие вибрации на грунтовые массивы может приводить к изменению их состояния, определяющего как устойчивость рельефа поверхности, так и прочность и деформируемость грунтов, служащих основанием фундаментов зданий и сооружений. Под действием вибрации в грунтах происходит уменьшение сил внутреннего трения и сцепления, удерживающих частицы в первоначальном состоянии равновесия. Последствиями воздействия вибрации могут оказаться уменьшение сопротивления массива действию внешних нагрузок, снижение прочностных и деформационных характеристик горных пород в основании фундаментов зданий и сооружений, возникновение и (или) активизация экзогенных геологических процессов, приводящих к морфологическим изменениям поверхности (оползни, оплывины, обрушения).

Динамические нагрузки добавляются к действующим статическим нагрузкам, что способствует уплотнению грунтов, появлению сдвиговых деформаций,

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

разрушению структурных связей. При продолжительном по времени воздействии появляются динамические напряжения, приводящие к «усталости» грунтов, материалов и конструкций зданий и сооружений. Поэтому даже относительно слабые вибрации могут приводить к серьезным негативным последствиям. Не случайно, проходя по улицам, особенно в пределах исторического центра Ростова, можно видеть повреждения на зданиях старинной постройки. Здания, построенные более 100 лет тому назад, не были рассчитаны на соседство с магистралями с интенсивным движением легкового и грузового автомобильного транспорта, к тому же «усиленным» трамвайными линиями. Многие, в прошлом тихие и спокойные улицы, не отличающиеся к тому же особой шириной, превратились в городские магистрали с нескончаемым потоком машин. Естественно, что фундаменты и стены некоторых домов не выдерживают вибрационной нагрузки и деформируются.

Экзогенные геологические процессы, провоцируемые вибрационным воздействием на геологическую среду, такие как оползни на переувлажненных или излишне подрезанных склонах, проседание поверхности вследствие вибрационного уплотнения насыпных слабо консолидированных грунтов и т.п., способны наносить значительный экономический ущерб, если происходят в местах плотной застройки. Это обстоятельство следует иметь в виду, поскольку в пределах территории г.Ростова многие участки по берегам рек Дон и Темерник могут быть отнесены к категории потенциально оползнеопасных.

Температурное поле

Серьезную геоэкологическую проблему для городских территорий представляет тепловое воздействие. Согласно прогнозам, уровень ежегодного прироста тепловой энергии в больших городах к 2000 г. может достичь приблизительно 10 млрд.Дж/м². Высокая степень закрытости городской территории и сосредоточение большого числа источников тепловой энергии в верхних слоях земной коры создают предпосылки для формирования так называемых «тепловых куполов» .

Источниками «разогрева» геологической среды служат скважины технического водоснабжения и кондиционеров промышленного типа, обогреваемые подземные сооружения, теплонесущие коммуникации, коллекторы и т.п. В результате в пределах территории Ростова, как и многих других городов России на средних глубинах (10-30 м) наблюдается устойчивая тенденция к формированию обширной геотермической аномалии с превышением температуры над естественной фоновой на 2-6 градусов.

Прогрев песчано-глинистых и техногенных грунтов, составляющих, например, в Москве самый верхний слой городского субстрата, до температуры от 16-20 до 150- 160°С не вызывает структурных изменений, но способствует изменению свойств глинистых и особенно органо-минеральных грунтов, что приводит к некоторому оседанию поверхности. Помимо этого умеренное нагревание грунтовой толщи увеличивает агрессивность пород по отношению к бетону, железобетону и металлу элементов конструкций, возрастает степень химической и биохимической грунтовой коррозии, активизируется и возрастает растворяющая

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

способность нагретых подземных вод, что способствует проявлению техногенного растворения в местах распространения карбонатных пород. Максимальные измеренные значения температурного поля по замерам температуры подземных вод для старых промышленных районов города достигают 35°C, а средние составляют от 3 до 10°C. Максимальные изменения температуры в жилых районах достигают 15°C, а преимущественный диапазон изменений – порядка 1-4°C.

Искусственное промораживание грунтов при строительстве в сложных гидрогеологических условиях, с какими приходилось не раз сталкиваться при строительстве глубоких котлованов во многих городах нашей Родины, приводит к формированию временно замороженных участков грунта вокруг охлаждающей установки шириной до нескольких метров. По мере оттаивания грунтовый массив практически восстанавливает свои геологические и гидрогеологические свойства. Однако, в период удержания грунта в замороженном состоянии возможны нарушения сложившегося в постоянных условиях режима водонасыщения и теплообмена. Не исключены негативные реакции на холод со стороны растительного мира и мира микроорганизмов.

Анализ тепловых полей показал, что область с положительными высоко- и среднеконтрастными тепловыми аномалиями (превышение температуры над фоновой более 10°C), возникновение которых обусловлено функционированием промышленных предприятий, занимает в Ростове-на-Дону более четверти ее территории; интенсивными тепловыми утечками из подземных коммуникаций – более половины территории. При таком тепловом влиянии увеличивается агрессивность грунтов и грунтовых вод по отношению к инженерным сооружениям и коммуникациям. Так, скорость почвенной коррозии в различных по составу грунтах увеличивается в среднем в два раза при росте температуры от 0° до 45-55°C. Повышению коррозионной активности грунтов при изменении температурного режима способствует значительное подтопление верхней части грунтовой толщи, развитое на территории Ростова за счет утечек из водонесущих коммуникаций и нарушения естественного режима влагообмена и фильтрации.

Электрическое поле

Использование электрической энергии в промышленном производстве, на транспорте, а также в коммунальном хозяйстве такого большого города, каким является наш город, неизбежно сопровождается значительными утечками электрического тока в грунт. В пределах небольшого по мощности верхнего слоя грунтовой толщи, служащего основанием фундаментов и вмещающей средой зданий и сооружений, «блуждают» десятки тысяч ампер тока. Эти блуждающие токи способны за счет электрокоррозии усиливать и без того существенное коррозионное воздействие на находящиеся в земле металлические и железобетонные конструкции.

Блуждающие токи следует рассматривать как один из главных факторов техногенного воздействия на геологическую среду в пределах урбанизированных территорий, поскольку их проявление особенно заметно там, где подземные сооружения, коммуникации и другие «мишени» электрохимической и других видов

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

коррозии располагаются с наибольшей плотностью и в непосредственной близости от объектов-источников, эти токи создающих.

Источниками электрического поля блуждающих токов обычно являются внутригородские линии электрифицированных железных дорог, трамвайные пути, метрополитен, трансформаторные подстанции, станции катодной противокоррозионной защиты, а также силовые установки промышленных предприятий и другие агрегаты, использующие для работы электроэнергию. Блуждающие токи следует рассматривать как постоянно и повсеместно действующий фактор.

Наибольшим коррозионным эффектом характеризуется постоянный ток или несимметричный переменный ток низкой частоты. Однако, при определенных условиях даже обычный переменный ток промышленной частоты может вызывать электрокоррозию. Наиболее «восприимчивыми» в плане увеличения коррозионной электрохимической активности оказываются неоднородные по составу насыпные техногенные грунты при влажности 23-27%. При этом следует также учитывать изменение ширины зоны влияния источника поля блуждающих токов в зависимости от геоэлектрического разреза, т.е. от соотношения проводимости отдельных слоев, вместе составляющих грунтовую толщу. Так например, при величине электропроводности первого сверху слоя, многократно превышающей электропроводность подстилающего слоя, напряженность поля блуждающих токов убывает весьма медленно и, таким образом, влияние поля может распространяться на большие расстояния, до 200-300 м. Широкое распространение техногенных грунтов в пределах городской территории вследствие проводившихся и проводящихся перманентно планировочных работ, с одной стороны, и не всегда благоприятное с геоэлектрических позиций строение верхней части грунтовой толщи с другой стороны, являются хорошей «питательной средой» для процессов электрохимической коррозии.

Электрические поля, формируемые блуждающими токами, как правило локальны по распространению и характеризуются высокими значениями определяющих параметров. Так, напряженность поля блуждающих токов в пределах городских территорий варьирует в широких пределах от 10 до 300 мВ/м при фоновом значении величины напряженности естественного электрического поля, составляющем 5-10 мВ/м, а само поле может инструментально фиксироваться на расстоянии от 0,1 до 10 км от источника тока, хотя наибольший коррозионный эффект проявляется в пределах нескольких метров или десятков метров от источника.

Электрокоррозионное воздействие на металлические и железобетонные элементы конструкций инженерных сооружений ухудшает их технологические свойства, уменьшает сроки безаварийной эксплуатации. Так, например, при напряженности поля блуждающих токов 0,8-3,6 мВ/м скорость коррозии металла составляет 0,2-2,0 мм/год, а потери несущей способности металлических и железобетонных конструкций – 10-15% и 5-8% соответственно.

Воздействие блуждающих токов на геологическую среду повышает коррозионную активность грунтов, что может иметь в качестве последствий выход из строя водонесущих коммуникаций. В связи с этим весьма полезно с разных

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

точек зрения иметь не только детальные схемы расположения объектов-источников блуждающих токов, но также и оценочные схемы, отображающие степень потенциальной опасности коррозионного воздействия.

Лекция 15.

Геотехническое картирование

Улицкий В.М. и Шашкин А.Г. В своей книге «Геотехническое сопровождение реконструкции городов» [5] отмечают, что в условиях интенсивной реконструкции и строительства на территориях с достаточной степенью изученности грунтов необходима систематизация накопленных данных.

Геотехническое картирование городской территории – наиболее удобный и эффективный способ хранения информации, необходимой для оценки условий нового строительства и сложной реконструкции. Геотехническая карта является многоуровневым построением, каждый уровень которого содержит определенный объем информации.

В общем случае карта должна содержать:

1. топографическую карту урбанизированной территории (с изолиниями высот, контурами строений и т.п.);
2. инженерно-геологическую карту с изображением основных геологических комплексов с обобщенной информацией об их физико-механических свойствах;
3. гидрогеологическую карту;
4. схему расположения инженерных коммуникаций и подземных сооружений;
5. план застройки территории, содержащий следующие сведения о зданиях:
 - ❖ категория по архитектурно-историческому значению; «назначение (жилое, нежилое, учебное, банковское, производственное, складское и т.д.);
 - ❖ этажность, наличие подвалов, мансард, чердаков;
 - ❖ время постройки, даты капитальных ремонтов, надстроек, перестроек;
 - ❖ краткая характеристика конструктивного решения здания;
 - ❖ конструкция фундаментов, наличие деревянных лежней и свай, средние нагрузки на основание;
 - ❖ категория здания по техническому состоянию, необходимость проведения работ по усилению надземных конструкций, основания и фундаментов.

Геотехническая карта должна быть открытой системой, постоянно пополняющейся новой информацией, получаемой при изысканиях и обследовании. В идеале на карте может храниться вся имеющаяся информация о инженерно-геологических условиях и застройке города.

В этом случае карты могут оказаться полезными не только для геотехников, но и для муниципальных служб, занимающихся кадастром городских территорий.

С помощью подобных карт может быть успешно решен широкий круг градостроительных, реконструкционных и геотехнических задач. Геотехническое картирование должно быть компьютеризировано и доступно для всех участников реконструкционного процесса (владельца, заказчика, подрядчика, проектировщика). Сложившаяся практика хранения архивной информации по инженерно-геологическим изысканиям, по обследованию состояния городской

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

застройки является морально устаревшей как по способам хранения, так и по уровню научного обобщения.

Интересный опыт систематизации исходных данных, успешно реализован в городах Скандинавии. Там осуществляется строгий геотехнический контроль за подземными частями здания. Методика составления геологических и петрографических карт не имеет особых отличий от принятой во многих крупных городах России. Интерес представляет система компьютеризации данных. Так, например, инженерно-геологические карты Хельсинки содержат данные, полученные при бурении 130000 скважин. Все буровые скважины нанесены на карты масштаба 1:2000. Существует 140 листов таких карт и дополнительно 550 листов карт территории городского центра. В 1972 г. была отпечатана и типографски издана цветная геотехническая карта грунтов территории Хельсинки. А в 1986 г. подготовлена к изданию геотехническая карта для реконструкционных целей, включающая данные по подземным выработкам и конструкциям существующих фундаментов.

Геологические и гидрологические условия играют исключительную роль при формировании городской среды. Они являются важнейшими градорегулирующими факторами при создании благоприятных и безопасных условий проживания людей и должны учитываться во всех архитектурно-планировочных решениях на предпроектной, проектно-планировочной и детальной стадиях проектирования. Поэтому нам так важны актуальные и достоверные данные о техническом состоянии существующего жилого фонда и инженерно-геологических условий территории города. Эти данные позволят произвести прогноз о изменении напряженно-деформируемого состояния зданий и сооружений в зависимости от изменения гидрологических условий, типа просадочности и физико-механических свойств грунта.

Использование современных геоинформационных технологий позволило выполнить геотехническое картирование г. Ростова-на-Дону в электронном виде.

В период отсутствия единой системы сбора и хранения информации, все имеющиеся карты, были построены вручную на «бумажных» носителях и грешили недостаточной достоверностью.

В 1973г. в тресте «РостовДонТИСИЗ» были выполнены работы по составлению инженерно-геологической и гидрогеологической карт масштаба 1:50000. Для этого были собраны и обработаны материалы изысканий по городу; выполнена инженерно-геологическая съемка вдоль берегов Дона и Темерника, пробурены глубокие опорные скважины для изучения полного разреза лессовидных пород и кровли красно-бурых глин, оборудованы гидрогеологические скважины для наблюдения за режимом грунтовых вод.

В 1977г. на базе расширенных и дополненных материалов были выполнены анализ и оценка инженерно-геологических условий г. Ростова-на-Дону и их изменений в связи с хозяйственной деятельностью человека. На основе материалов были выполнены альбомы карт масштаба 1:25000.

1. Карта инженерно-геологического районирования.
2. Карта инженерно-геологических условий.
3. Гидрогеологическая карта.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

4. Карта районирования лессовых грунтов по просадочности.
5. Карта-схема отрицательных геологических явлений.

В 1987г. трестом «РостовДонТИСИЗ» при выполнении работ по теме «Система инженерной защиты города от подтопления» и построена сеть гидрогеологических скважин-пьезометров для наблюдения за режимом грунтовых вод (позднее эта сеть была передана ростовской геологической экспедиции). В том же году с использованием показаний данной сети по уровням грунтовых вод на территории города для ростовского института «Промстройинипроект» составлена гидрогеологическая карта масштаба 1:25000.

Позже были созданы на бумажных носителях:

1. Геологическая карта.
2. Гидрогеологическая карта.
3. Карта высоты подъема уровня грунтовых вод.

На *геологической карте* (рис.11.1) приведена информация о коренных неогеновых породах, о четвертичных отложениях, выходящих на дневную поверхность (аллювий, лессовидные породы, насыпные грунты), а также данные об основных свойствах лессовидных суглинков – просадочности.



Рис.29. Электронная карта с геологическими условиями г. Ростова-на-Дону

При изучении коренных пород неогена были использованы материалы бурения, собственная геологическая съемка и, главным образом, материалы геологического картирования планшета 1-37-32-А и Б, выполненного с установлением геологического возраста пород по находкам фауны.

На карте показаны площади развития непросадочных и просадочных грунтов с выделением участков с I и II типом грунтовых условий по просадочности.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Мощность просадочных грунтов в зависимости от положения грунтовых вод и мощности самих горизонтов изменяется от 2,0-3,0м до 18,0-25,0м.

Просадка грунта под бытовым давлением на территории г. Ростова-на-Дону относительно невысокая и колеблется в пределах от 6,0-60,0 см. Наибольшие просадки приурочены к территориям ЦГБ и Юго-Западной промзоны. Здесь они достигают 35-52 см. Обычно же просадки имеют значения 10-25 см.

Электронная гидрогеологическая карта (рис.11.2.) составлена на основе анализа материалов гидрогеологических карт М 1:25000 (1975,1987г.г.) дополненных новыми данными за последние 10 лет (материалы изысканий, наблюдения за уровнями грунтовых вод).

Необходимо отметить, что 1997г. был очень водообильным и совпал с 11-летним циклом солнечной активности. Эти обстоятельства отразились на увеличении весеннего максимума 1998г. Этот уровень оказался выше на 0,6-1,8м. Весенний максимум 1998г. следует рассматривать как многолетний.

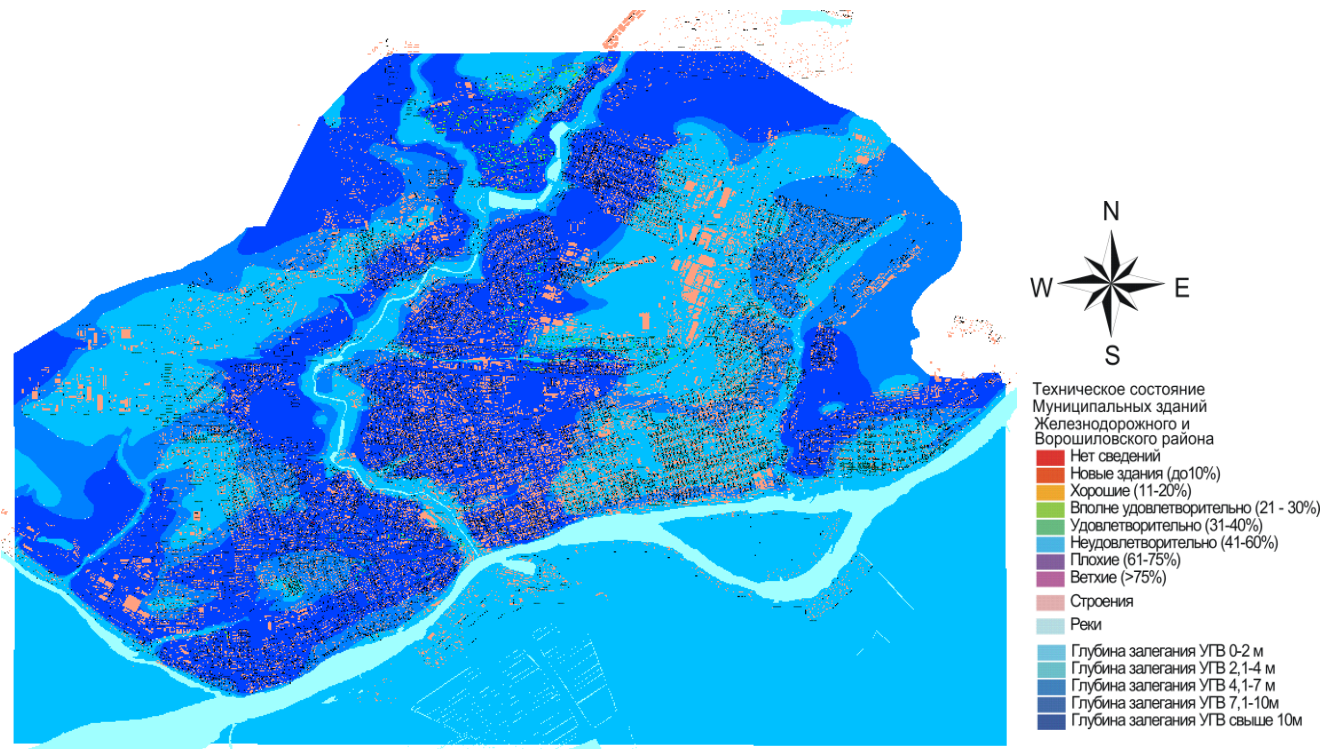


Рис.30. Электронная карта г. Ростова-на-Дону с глубиной залегания уровня грунтовых вод

Кроме этих обязательных элементов на гидрогеологической карте показаны фронт разгрузки водоносного горизонта лессовидных суглинков в подземные воды миоцена и фронт разгрузки подземных вод в долины Дона и Темерника.

Между двумя фронтами разгрузки лежит зона, где первым от поверхности водоносным горизонтом являются подземные воды в породах миоцена. В этой зоне лессовидные породы не содержат грунтовых вод. Редкие водоносные линзы встречающиеся здесь на разных глубинах имеют временный характер и исчезают после ликвидации источника инфильтрации.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Фронт разгрузки грунтовых вод можно рассматривать как подземный природный дренаж.

Такое гидрогеологическое равновесие сложилось в городе к 1972г. Анализ данных за последние 25 лет, стационарные режимные наблюдения 1987-1998г.г. показали, что в целом ряде районов города гидрогеологический баланс существенно изменился. Изменения произошли, прежде всего, на опасных участках скифских водоразделов, оставшихся ниже фронта разгрузки.

В пос. Александровка фронт разгрузки проходил выше проспекта 40-летия Победы. До новой застройки в западной части поселка грунтовой воды в лессовидных суглинках не было, а в восточной – вода залегала на контакте со скифскими глинами на глубинах 30-35м. На склоне к Дону, на абсолютной отметки 50-45,0 м при близком залегании скифских глин к дневной поверхности возникали отдельные линзы техногенной воды и подтапливали подвалы.

Сейчас в пос. Александровка существует единый водоносный горизонт, насыщающий почти всю толщу лессовидных суглинков, который сформировался к 1987г.

Первый и второй микрорайоны Северного жилого района расположены ниже фронта разгрузки грунтовых вод. Красно-бурые глины залегают здесь на глубинах 2,0-3,5м. Лессовидные суглинки были безводны.

Линзы техногенной воды появились на красно-бурых глинах в процессе строительства (1975-1976г.г.). Вода затапливала строительные котлованы и подвалы уже построенных домов.

Единого водоносного горизонта здесь нет и в настоящее время. Образованию его мешают и существование мощного природного дренажа выше по склону, и «окна» в самих глинах. Тем не менее, строительство в этих микрорайонах без устройства автономных дренажей не рекомендуется.

Изменения произошли и в центральной части города. На скифском водоразделе между балками Безымянной и Мокрой (ул. Мечникова) появилась вода и поднялась на 5,0-7,0м. Фронт разгрузки сместился по скифским глинам, и повторяет их границы. В этом же районе поднялась вода на 10,0м и ниже фронта разгрузки подземных вод.

Во многих районах города, ниже фронта разгрузки грунтовых вод, где раньше в суглинках отмечались лишь отдельные линзы воды, образовался водоносный горизонт в нижней части лессовой толщи, составляя единое целое с горизонтом подземных вод. Грунтовые воды на всех этих участках залегают еще достаточно глубоко (10-28м), но приведенные факты являются очень тревожным сигналом. Мощный природный дренаж, длительное время спасавший большие территории города от подтопления, уже не вполне справляется с увеличившейся инфильтрацией.

Грунтовая вода в лессовидных суглинках обладает сульфатной агрессивностью к бетону. Поэтому во всех случаях необходима защита от сульфатной агрессивности.

Подземные воды, выходящие на поверхность в пределах города имеют низкую температуру (9-12° С), но загрязнены самыми разными городскими стоками. Более или менее чистой является вода «святого» источника в районе

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

женского монастыря, на правом берегу р. Темерник (не путать с источником в районе Сурб-Хач!). Влияние города на этот родник пока еще не так сильно.

На карте *Высоты подъема уровня грунтовых вод* (рис.11.3.) приведена информация о высоте подъема уровня грунтовых вод и показаны элементы природной среды, влияющие на развитие процесса подтопления: границы распространения скифских глин, фронт разгрузки подземных вод и положение фронта разгрузки грунтовых вод на 1972 и 1998г.

Имеющиеся отдельные сведения о глубине залегания уровней воды в старой части города в довоенное время, а в новых районах – до их застройки, позволяют судить о высоте подъема грунтовых вод и скорости подтопления. В восточной части старого города на водоразделах вода залегала на глубинах 18 -25,0 м (мединститут, драмтеатр, станкостроительный завод, завод «Ростсельмаш»). Здесь сформировались купола с глубиной залегания воды 2,0-5,0м. Высота подъема уровней 15-20м. На вершинах купола «Театрального» (в районе сооружений Горводопровода) и «Заводского» (ул. Буйнакская, ул. Лекальная) наибольшая отметка воды 80-82,0, а «Сельмашевского» (севернее завода на территории машиноиспытательной станции) абсолютные отметки воды 91-92,0м. Отсюда идет довольно крутое погружение грунтовых вод к современным дренирующим долинам и к зонам подземной разгрузки.

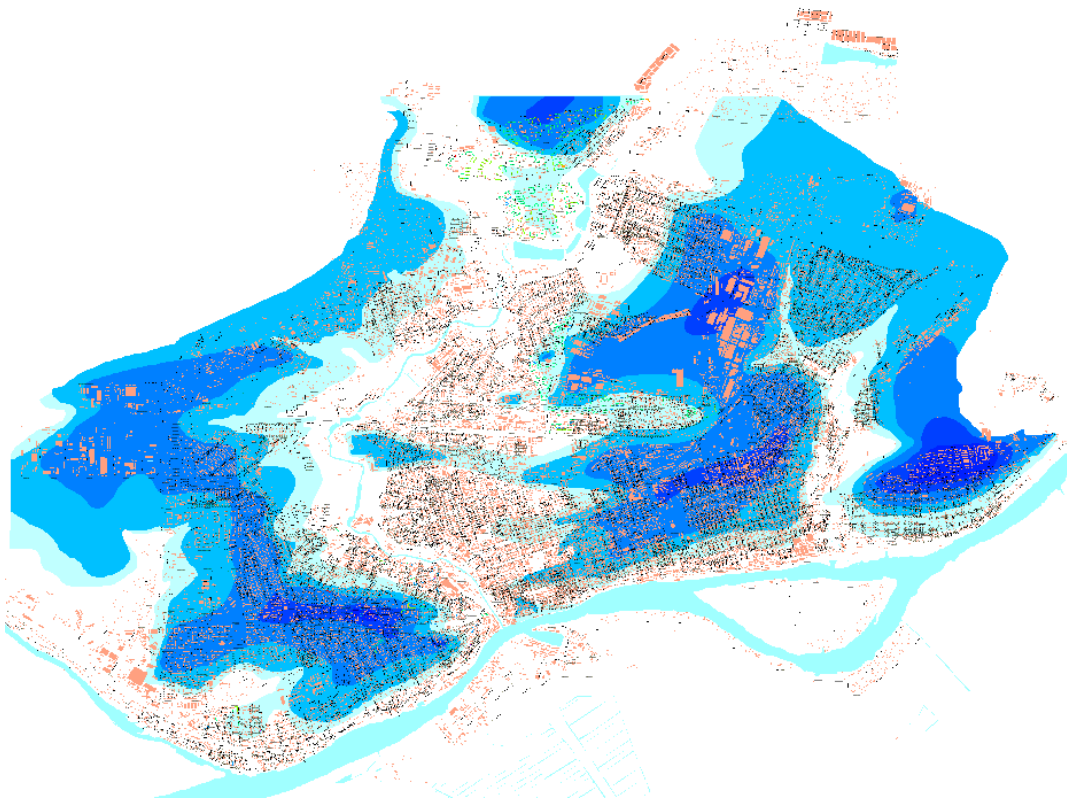


Рис.31. Электронная карта г. Ростова-на-Дону с интенсивностью подъема УГВ за период с 1960 г. по настоящее время

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Абсолютные отметки грунтовых вод в зонах разгрузки 28-40,0м. Уклоны депрессионной поверхности увеличиваются в 3-7раз при приближении к зонам поглощения, соответственно уменьшается и высота подъема уровня.

Условия дренирования определяют и само развитие процесса подтопления и высоту подъема уровня: она увеличивается по мере удаления от фронта разгрузки и достигает максимальных величин на водоразделах. Скорости подтопления, также наибольшие на водоразделах и наименьшие у зон разгрузки. На скорости подъема оказывает влияние и глубина залегания грунтовых вод. При глубине залегания уровня на водоразделах более 10 м темп его роста достигает 0,5-1,0 м в год. По мере формирования все более высоких уровней скорость подъема замедляется до 0,1-0,3 м в год.

На склонах, у зон разгрузки при любых глубинах залегания воды скорость подъема уровня не превышает 0,1 -0,2м в год.

В 1977г. была составлена схематическая карта прогноза подтопления грунтовыми водами новых районов г. Ростова-на-Дону (Западный жилой район, Северный жилой район) и Александровка на основе геологической аналогии с уже подтопленными районами города (восточная часть старого города).

В Западном жилом районе на высоком водоразделе (абс.отм. поверхности более 80,0м) в середине 60-х годов вода в лессовидных суглинках залегала на глубинах 29- 30м. В настоящее время грунтовые воды поднялись на глубину 7,0-12,0 м от дневной поверхности. Здесь сформировался купол, околнуренный гидроизогипсой 75,0м. Высота подъема уровня воды 18-20м. К дренирующим долинам она уменьшается до нуля. Процесс подтопления еще не завершен. В пос. Александровка так же самый большой подъем уровня – более 20м, наблюдается на вершине водораздела севернее проспекта 40- летая Победы.

В Северном жилом районе повторяются те же закономерности. Купол с наибольшей высотой подъема уровня грунтовой воды, приурочен к самым высоким отметкам рельефа на водоразделе.

На водоразделе между реками Темерник, Дон и балкой Кизитеринкой в восточной части города (пос. Чкалова, завода «Ростсельмаш», пос. Дачный, береговой склон Дона) процесс подтопления близок к завершению. Здесь уровни воды с 1938г. (береговой склон) и с 1972г. мало изменились и испытывают лишь сезонные колебания.

Лекция 16.

Создание ГИС геологической среды города

Составление крупномасштабных инженерно-геологических карт – исключительно трудоемкая и дорогостоящая работа. Но на смену традиционным способам выполнения этих исследований сейчас приходят новые компьютерные технологии, позволяющие составлять карты по мере необходимости с минимальными затратами времени и средств. Для этого требуется собрать все геологические данные, накопившиеся по городу, и обработать их в точном соответствии с системными требованиями. Речь идет о составлении геоинформационной системы (ГИС) геологической среды города. Такая система должна включать многослойную информацию о геологических условиях города, «уложенную» в разветвленную систему банков данных, необходимый инструментарий для оперативного «вызова» требуемых данных для любой точки города и их обработки для получения в конечном итоге требуемых инженерно-геологических карт, сводных таблиц состава, состояния и свойств пород, геологических разрезов, трехмерных макетов и т.д.

Разработка геоинформационной системы геологической среды позволяет решить не только проблему оперативного крупномасштабного картирования любой территории города, но и сократить объемы геологоразведочных работ под строительство. Кроме того, с помощью ГИС можно более эффективно вести работы по мониторингу, разработать постоянно действующую модель геологической среды, на основе которой осуществлять прогноз развития природных и природно-техногенных геологических опасностей на территории города.

С применением ГИС ArcView подготовлены к изданию государственные геологические карты масштаба 1:1000000 на шельфах Баренцева и Карского морей. Это первые изданные комплекты цифровых карт на континентальный шельф России. Они не только систематизируют все сведения о геологическом строении и полезных ископаемых большого участка акватории Баренцева и Карского морей. В комплект входит целый ряд карт: геологическая дочетвертичных образований, четвертичных отложений, литологическая, тектоническая, геоморфологическая, полезных ископаемых, прогноза нефтегазоносности, геоэкологическая.

Еще один пример использования ГИС технологий в создание геологических карт имеет место в Пермской области. Там ООО «Лукойл-Пермнефть», для стабилизации добычи нефти и повышения эффективности геологоразведочных работ, а также анализа и подсчета запасов нефти и газа, создает геолого-технологическую базу данных и постоянно действующих геологических и гидродинамических моделей.

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

Мониторинг и прогнозирование

Как уже отмечалось геологическая среда является динамичной системой, изменяющейся не только в геологическом масштабе времени, но и в реальном времени существования объектов города. Изменения в геологической среде могут привести к нарушению устойчивости сооружений или сокращению (по сравнению с проектным) времени их безопасного функционирования. Поэтому проектирование сооружений необходимо вести с учетом возможных изменений геологической среды.

Прогнозирование изменений геологической среды необходимо осуществлять на основе ее комплексного мониторинга. Для этого в городе необходимо создать единую систему геологических, геофизических и геохимических наблюдений, которая бы включала подсистемы наблюдений за гидросферой (динамика и химический состав поверхностных и подземных вод), геодинамическими движениями поверхности территории (опускание или подъем отдельных участков территории, оседание земной поверхности, движение грунтов на склонах), изменениями геофизических полей (сейсмического, температурного, электрического, вибрационного), геохимической загрязненностью территории (загрязнение атмосферы, снежного покрова и почв, донных осадков, поверхностных и подземных вод).

Результаты наблюдений должны поступать в централизованный пункт сбора информации, где оперативно обрабатываться с помощью компьютеров по специально разработанным программам. Важно, чтобы интерпретация полученной информации носила комплексный характер и включала бы сопоставление данных наблюдений за геологической средой с состоянием зданий и сооружений. Важное значение при этом имеет анализ состояния геологической среды и здоровья населения города.

На основе постоянно пополняющейся информации должны составляться банки данных и ряды наблюдений, которые будут анализироваться в соответствии с поставленными целями и задачами. При наличии постояннодействующих моделей, контролирующих поведение того или иного участка территории города, было бы целесообразно проводить работу по их совершенствованию на основе вновь поступающих данных.

В дальнейшем необходимо осуществлять анализ всей полученной информации, выявлять тенденции (тренды) изменений в наблюдаемых объектах (процессах) и проводить прогнозирование развития опасных событий.

Принятие управленческих решений

Данные наблюдений и прогнозов являются основой для принятия управленческих решений администрацией города. По своему назначению эти решения могут быть трех типов: а) регулирующие хозяйственное освоение территории города, б) направленные на проведение превентивных мероприятий, в) решения чрезвычайного характера.

Решения, регулирующие хозяйственное освоение, вырабатываются на основе инженерно-геологического районирования, полученных рядов наблюдений

Строительство и реконструкция в условиях стесненной застройки и развитие территорий городов

и долгосрочных прогнозов изменений геологической среды, а также имеющегося хозяйственного опыта. Они заключаются в утверждении нормативных документов и директив, направленных на соблюдение основных принципов и правил ведения хозяйственного освоения территорий. Эти документы содержат определенные требования к архитектурному зонированию и архитектурно-планировочным решениям, типу фундаментов, конструкциям сооружений, устройству заглубленных частей зданий и сооружений, устройству подземных сооружений и коммуникаций и т.д. Сюда же относятся документы, в которых излагаются требования к освоению закарстованных, оползнеопасных или подтопляемых территорий города.

Часто, в дополнение к существующим регулирующим документам, принимаются специальные решения по превентивным мероприятиям, предусматривающим дополнительное инвестирование на специальные меры по повышению устойчивости территорий и надежности возводимых на них сооружений.

Важным компонентом превентивных управляющих решений является разработка регламента откачки подземных вод на территории города и отдельных его районов, сброса технологических вод в глубокие горизонты геологической среды, осуществления крупных подземных взрывов вблизи города.

Решения чрезвычайного характера принимаются на основе краткосрочных прогнозов и оперативной информации о предвестниках опасных явлений, т.е. в условиях, когда отсутствует время для осуществления превентивных мер. Такие решения включают срочное оповещение населения города о предстоящем событии, экстренные меры по перемещению (переселению) людей, безопасного их укрытия и мобилизацию специальных подразделений (в том числе армейских) на ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации.

Принятие управленческих решений является конечной стадией всей цепочки исследований, наблюдений, прогнозов, проводящихся на территории города. Решения администрации города логически завершают эти работы. В то же время управленческие решения, не опирающиеся на творчество ученых, архитекторов, инженеров, могут приводить к необоснованным инвестиционным затратам и не достигать своей цели.