

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| Г л а в а 1. ПРОБЛЕМЫ АВАРИЙНОСТИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ СВЕРХПРОЕКТНЫХ НАГРУЗОК НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ..... | 12 |
| 1.1. Проблемы аварийности в строительном комплексе | 12 |
| 1.2. Геологическая структура оснований и формирование сверхпроектных нагрузок..... | 21 |
| 1.3. Теоретические основания для постановки и решения задачи оценки сверхпроектных нагрузок..... | 23 |
| Г л а в а 2. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ МИКРОВИБРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ СВЕРХПРОЕКТНЫХ НАГРУЗОК | 28 |
| 2.1. Теория формирования остаточных деформаций в упругих средах со слабой пластичностью | 28 |
| 2.2. Теория модального анализа и моделирования микровибродинамических деформационных процессов ... | 46 |
| 2.3. Элементы теории точечных источников динамических деформаций и напряжений | 54 |
| 2.4. Анализ методов расчетного моделирования | 63 |
| 2.5. Принципы и алгоритмы расчетного моделирования микродинамических напряжений в упругих средах..... | 68 |
| Г л а в а 3. РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЕЙ ВИБРОДИНАМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОСНОВАНИИ МАШИННОГО ЗАЛА АЭС | 75 |
| 3.1. Анализ текущего состояния строительной конструкции и основания станции | 76 |
| 3.2. Анализ особенностей района размещения станции | 77 |
| 3.3. Анализ данных мониторинга кренов и осадок на территории станции | 80 |

| | |
|---|----|
| 3.4. Постановка общей задачи моделирования остаточных деформаций в основании машинного зала станции | 83 |
| 3.5. Расчетные схемы и алгоритмы моделирования | 83 |
| 3.6. Моделирование остаточных деформаций | 86 |
| 3.7. Зоны формирования сверхпроектных нагрузок | 87 |
| 3.8. Выводы по результатам моделирования | 90 |

| | |
|--|------------|
| Г л а в а 4. РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЕЙ ВИБРОДИНАМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОСНОВАНИИ БОЛЬШЕПРОЛЕТНОГО ЗДАНИЯ | 91 |
| 4.1. Текущее состояние конструкций и основания здания | 91 |
| 4.2. Анализ особенностей района размещения здания | 92 |
| 4.3. Исходные данные для расчетного моделирования | 95 |
| 4.4. Расчетные схемы и алгоритм моделирования | 101 |
| 4.5. Зоны формирования сверхпроектных нагрузок | 103 |
| 4.6. Анализ результатов расчетного моделирования | 110 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 112 |
| Библиографический список | 116 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ | 128 |

ВВЕДЕНИЕ

Исследование нагрузок и воздействий на здания и сооружения является одним из важных направлений исследований в области строительной механики. Значимость исследований в этой области непосредственно связана с постановкой задачи архитектурно-строительного проектирования и, как следствие, с качеством проекта в плане устойчивости зданий и сооружений не только к нормируемым, но и к так называемым сверхпроектным нагрузкам и воздействиям [1, 2]. Особую актуальность исследование сверхпроектных нагрузок приобретает в случаях сверхпроектного износа строительных конструкций ответственных строительных объектов, включая АЭС, большепролетные и высотные здания и сооружения [1, 2, 3, 4].

Наряду с этим в настоящее время в условиях интенсивного роста объемов и темпов строительства, ускоренного развития строительного комплекса в крупных городах и мегаполисах наблюдается процесс ужесточения ряда требований к вместительности и функциональности объектов строительства, к эффективности использования ограниченных резервов свободных земельных участков под застройку. Это, как правило, ведет к увеличению этажности строительства, повышению нагрузок на фундаментные конструкции и грунты основания, а также освоению территорий со сложными геолого-геофизическими условиями, то есть к освоению так называемых геологических «неудобий» [3, 4, 5, 6].

В таких условиях сбор и идентификация действующих нагрузок становится одной из наиболее ответственных задач инженерного проектирования при построении расчетной модели как конструкции, так и системы «объект — основание» в целом [1, 2, 7].

В зависимости от продолжительности действия в соответствии со СНиП 2.01.07-85* [8] нагрузки подразделяются на постоянные и временные (длительные, кратковременные и особые).

Согласно СНиП 2.01.07-85* [8] к особым нагрузкам относят в том числе воздействия неравномерных деформаций земной поверхности, а также состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию конструкций и зданий в целом или снижающие их

долговечность вследствие появления недопустимых перемещений (прогибов, осадок, углов поворота), колебаний и трещин.

Наряду с этим, согласно основным положениям монографии [9] при всем многообразии нагрузок и воздействий при проектировании решаются вопросы выбора их расчетных значений, моделирования в расчетах строительных конструкций, определения реакции сооружения на внешние воздействия и оценки взаимодействия конструкции с нагрузкой. Понятие «взаимодействие» указывает не только на то, что внешняя среда влияет на конструкцию, но и на то, что конструкция может влиять на окружающую среду.

В.И. Феодосьев в [10] рассматривает различия между силовым и деформационным нагружением конструкции, в том числе два возможных способа создания в ней механических напряжений:

- 1) приложением некоторой нагрузки, вызывающей напряжение;
- 2) принудительным деформированием, создающим деформацию, которой соответствует такое же напряжение, как и в первом случае.

Автор [10] показывает, что в первом случае увеличение напряжения в 1,5 раза приводит к разрушению материала, а во втором (увеличение деформации в 1,5 раза) — только к росту остаточных деформаций. Поскольку различие между двумя способами существенно, В.И. Феодосьев предлагает другое прочтение закона Гука: если в упругой системе большие силы приводят к малым деформациям, то ее малые деформации могут стать причиной возникновения больших усилий в системе.

По этой причине особое внимание такого вида нагрузкам в виде перемещений узлов и опор плоских и пространственных стержневых систем уделено, например, в специальном курсе строительной механики [1].

Учитывая корректность подобной интерпретации закона Гука и ее эффективное применение при расчетах плоских и пространственных стержневых систем, можно утверждать, что развитие в системе «объект — основание» не учтенных современными методами расчета неравномерных деформаций основания может приводить к возникновению в строительных конструкциях больших сверхпроектных усилий и/или моментов, требующих специальных исследований и оценок.

В связи с этим в расчетную схему строительной конструкции должны быть внесены соответствующие изменения, учитывающие эти дополнительные деформационные воздействия, что невозможно осуществить без проектной оценки их пространственного распределения и, в первую очередь, по подошве фундаментов, как конструкций, наиболее подверженных деформациям природного и техногенного происхождения, включая неравномерные осадки вследствие действия микровибродинамической нагрузки.

На основании вышеизложенного, а также на основе комплексного анализа других источников научной литературы в области строительной механики авторами монографии было выполнено исследование влияния малоизученных ранее микровибродинамических многоцикловых нагрузок в системе «объект — основание» на процесс формирования деформационных воздействий на строительные конструкции зданий и сооружений, приводящих к возникновению в них требующих учета усилий и/или моментов. Результаты этих исследований и были положены в основу монографии.

Анализ статистических данных последних лет показывает, что важными аспектами проблемы современных мегаполисов являются повышение локальной сейсмичности, негативные изменения температурно-влажностного режима, развитие карстовых и суффозионных процессов, многопричинный износ и исчерпание ресурсов несущей способности строительных материалов, конструкций и грунтов оснований [3, 11, 12, 13]. Наиболее критический характер имеют проблемы безопасности, связанные с развитием ранее малоизученных предаварийных процессов, которые отличаются трудно контролируемыми плавными отказами элементов строительной конструкции и системы «объект — основание» в целом.

Главная проблема плавных отказов состоит в том, что характерной чертой их зарождения, развития и реализации современных аварийных ситуаций является скрытый процесс накопления и развития микродефектов, имеющих трудно прогнозируемый срок перехода в критическое состояние.

Одним из таких малоизученных и аварийно опасных физико-механических процессов стал процесс скрытого неравномерного

накопления остаточных деформаций упругих сред со слабым проявлением пластичности (в том числе оснований строительных объектов) под действием долговременных микровибродинамических нагрузок.

В настоящее время проблема микровибродинамической прочности и устойчивости строительных объектов и систем типа «объект — основание» является весьма острой. Это связано главным образом с ростом интенсивности источников микровибродинамических возмущений, в результате долговременного многоциклового воздействия которых формируются сверхпроектные деформационные статические нагрузки на строительные конструкции, здания и сооружения в целом. К такого рода источникам следует отнести транспортные магистрали (метрополитен, городская железная дорога, автодороги различного класса), технологическое оборудование, применяемое при строительстве (сваебойные копры, вибромолоты, буровые станки и др.) и промышленное оборудование, создающее динамическое воздействие на фундаменты строительных объектов (формовочные машины, компрессоры, пилорамы, дробилки, грохоты, турбоагрегаты и др.).

Из вышеизложенного следует обоснованная необходимость разработки математических моделей для исследования параметров скрытого неравномерного накопления под действием долговременных микровибродинамических нагрузок на упругие среды со слабой пластичностью остаточных деформаций, создающих требующие учета усилия и/или моменты в системе «объект — основание».

В связи с этим в данной работе приводятся методы построения расчетных моделей и алгоритмы для оценки интенсивности полей микровибродинамического взаимодействия строительных конструкций и оснований, являющихся одной из аварийно опасных причин скрытого и неравномерного накопления остаточных деформаций, в частности, в грунтах оснований строительных объектов при слабом проявлении пластичности, под действием долговременных микровибродинамических нагрузок.

Наряду с этим дается описание разработанных авторами способов выявления на стадии проекта или обследования процессов, связанных с формированием плавных отказов в системе «объект — основание» в виде сверхпроектных осадков, и, как след-

ствии, позволяющих продлить срок безопасной эксплуатации строительных объектов и обеспечивающих проведение инженерных мероприятий по повышению надежности и рентабельности эксплуатации зданий и сооружений.

Для обеспечения универсальности и возможности применения изложенных методов и алгоритмов для решения задач аналогичных исследований и разработок в монографии представлены:

- материалы обзорно-аналитических исследований новых и широко используемых в области механики твердого тела и строительной механики методов решения аналогичных задач;

- принципы выбора и обоснования расчетных моделей и метода расчета;

- теория и принципы разработки обобщенных численных моделей микровибродинамического нагружения упругой среды со слабым проявлением пластичности;

- элементы теории и расчетные схемы моделирования полей распределения интенсивности микровибродинамических напряжений в основаниях при возбуждении волновых процессов в системе типа «объект – основание» для реальных строительных объектов и принципы сравнительного анализа полученных результатов моделирования и результатов проведенных обследовательских работ;

- методика расчетного моделирования распределения и неравномерного накопления сверхпроектных деформационных нагрузок на строительные конструкции в виде остаточных деформаций в основании, возникающих при возбуждении волновых процессов в системе «объект — основание», для различных типов конструкций фундаментов реальных строительных объектов и сравнение полученных результатов с результатами проведенных обследовательских работ;

- принципы разработки практических предложений по применению разработанных моделей и алгоритмов в инженерных расчетах конкретных строительных конструкций и объектов и определения границ и областей применения, возможных путей дальнейшего развития метода для решения аналогичных задач строительной механики и строительного проектирования.

Были использованы следующие методы и результаты инициативных и бюджетных исследований авторов:

- материалы инструментальных и теоретических исследований, выполненных в 2000—2008 гг. Отраслевой научно-исследовательской лабораторией крупногабаритных конструкций Роскосмоса и Научно-исследовательским институтом экспериментальной механики (НИИЭМ) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования (ФГБОУ ВПО) «МГСУ»;

- методы аналитической геометрии в части разработки алгоритмов трехмерной дискретизации моделей упругой среды оснований со слабым проявлением пластичности при микровибродинамических нагрузках;

- прикладная динамическая теория упругости, метод точечных источников динамических нагрузок, модальный и вибродозиметрический методы моделирования тонких нелинейных вибродинамических и геодеформационных процессов, разработанные на инициативной основе проф. М.С. Хлыстуновым, а также практические задачи их применения в рамках задания Минобрнауки РФ № 2.001.02Д и проектов Научно-инновационного сотрудничества Минобрнауки и Минатома России № 3.01-02 «Натурная верификация инструментальных методов аттестации параметров геодинамической безопасности АС»;

- методы объектно-ориентированного программирования для расчета параметров распределения интенсивности микровибродинамического НДС в полупространстве упругих оснований со слабым проявлением пластичности.

В книге также показаны результаты инициативных научных исследований и разработок авторов, представляющие собой принципиально новые научные подходы, малоизученные ранее закономерности и эффекты, методы и алгоритмы численного моделирования, в том числе опубликованные в научной литературе:

- пакет алгоритмов, разработанный на основе новых теоретических представлений и выявленных авторами закономерностей, для расчета распределения интенсивности полей микровибродинамических напряжений и деформаций продольного, сдвигового и рэлеевского модального состава в системах «объект — основание» для типовых схем и конфигураций площадки нагружения, на базе которого разработан, программно реализован и зарегистрирован в Роспатенте пакет программ для ЭВМ;

- численные модели на базе теории точечного источника для расчета параметров накопления остаточных деформаций под действием долговременных микровибродинамических нагрузок, позволяющие на этапе проектного моделирования своевременно выявить и дать корректную оценку возможных предаварийных и аварийных процессов, связанных с формированием сверхпроектных деформационных нагрузок на строительные конструкции в системе «объект — основание». Предложенный авторами способ формирования входных данных является универсальным и дает возможность использовать разработанные модели в сочетании с различными методами расчета конструкций;

- принципы и методы выявления на численных моделях реальных строительных объектов зон реализации аварийно опасных сверхпроектных деформационных нагрузок на конструкции;

- методика и примеры применения вибродозиметрического метода для моделирования и расчетной оценки сверхпроектных деформационных нагрузок на строительные конструкции в виде остаточных деформационных проявлений микровибродинамических процессов в основаниях со слабым проявлением пластичности;

- типовые схемы расчетного моделирования взаимодействия строительных конструкций и оснований методом комплексирования элементарных источников микровибродинамических нагрузок, позволяющие формировать при моделировании адекватные реальным поля распределения интенсивности волновых напряжений и деформаций в основании, соответствующие излучению простых и сложных конструкций виброактивных фундаментов.

Монография содержит новый материал, который может быть непосредственно использован при разработке инженерных информационных технологий оценки сверхпроектных деформационных нагрузок на строительные конструкции методом компьютерного моделирования полей распределения микровибродинамических напряжений и деформаций в полупространстве упругих оснований со слабым проявлением пластичности и позволяют на стадии проектирования или обследования принять меры повышения надежности, рентабельности и продления сроков безопасной эксплуатации зданий и сооружений.

ПРОБЛЕМЫ АВАРИЙНОСТИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ СВЕРХПРОЕКТНЫХ НАГРУЗОК НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

1.1. Проблемы аварийности в строительном комплексе

Резкое обострение проблемы обеспечения безопасности строительных объектов промышленного и гражданского строительства в последние десятилетия произошло по четырем основным причинам.

1. Резко выросла интенсивность стихийных бедствий и природных катастроф, явившихся причиной неожиданного роста мощности аварийно опасных для строительных объектов экзогенных и эндогенных процессов [3, 4, 5, 11].

2. Интенсивный рост мощности современной техносферы привел к необратимым нарушениям природных экосистем, геоэкологических, климатических и метеорологических процессов, и сохраняется тенденция к их усилению [5, 6].

3. Имеет место существенная деградация остаточного ресурса надежности зданий, сооружений и инженерных коммуникаций промышленности и коммунального хозяйства, которая существенно ускорилась в последние годы [14, 15, 16, 17].

4. Характерной чертой зарождения, развития и реализации современных аварийных и чрезвычайных ситуаций является рост доли аварий и ситуаций, связанных с плавными отказами, то есть со скрытыми процессами развития сверхпроектных нагрузок на строительные конструкции и накопления микродефектов [18, 19].

Несмотря на эстетичный внешний вид зданий, неполный учет тонких нелинейных процессов, не установленных на этапах изысканий, проектирования, строительства, приемки и эксплуатации, в конечном счете приводит к росту сверхпроектных нагрузок, а в ряде случаев к авариям даже на новостройках [5, 6, 20].

По результатам проведенного в России и за рубежом статистического анализа результатов обследований [20] к числу основных причин сверхпроектного износа зданий и различного ро-

да инженерных сооружений, а также роста аварийности в строительном комплексе можно отнести более 28 основных видов неучтенных и малоизученных нагрузок и воздействий, ошибок, нарушений и упущений на всех стадиях жизненного цикла строительного объекта.

По данным Главной инспекции Госархстройнадзора России анализ информации о крупных авариях зданий и сооружений показывает, что их основными причинами являются [21]:

- низкое качество строительства и монтажа — 42 %;
- низкое качество материалов и конструкций — 17 %;
- просчеты в проектировании — 4 %;
- неудовлетворительная эксплуатация — 18 %;
- совокупность причин — 19 %.

Наряду с этим по последним данным [20] удельный вес аварий, связанных с развитием предаварийных и аварийных процессов, которые отличаются трудно контролируруемыми плавными



Рис. 1.1. Удельный вес постулируемых события реализации предаварийных ситуаций [23, 24], %

Из них 82 % предаварийных и аварийных ситуаций обусловлены реализацией малоизученных физико-механических и геофизических процессов формирования сверхпроектных деформационных нагрузок на строительные конструкции [6, 22, 23]. Поэтому важным аспектом проблемы обеспечения безопасности строительных объектов является вопрос устойчивости к неравномерным деформациям систем «объект — основание», районов массовой застройки крупных городов и мегаполисов страны.

Это связано главным образом с ростом влияния виброактивных объектов, создающих микровибродинамические нагрузки на строительные конструкции зданий и сооружений. В научной литературе [5, 6, 18, 20] среди таких объектов выделяются транспортные магистрали (метрополитен, железные дороги и автодороги) и технологическое оборудование (сваебойные копры, вибромолоты, буровые станки, формовочные машины, компрессоры, пилорамы, дробилки, грохоты, турбоагрегаты и др.).

Согласно данным монографии Е.А. Вознесенского [25] (табл. 1.1) динамические нагрузки от движущегося транспорта характеризуются высокой интенсивностью и широким распространением, особенно вблизи крупных магистралей с непрерывным транспортным потоком. Транспортные магистрали генерируют в некоторой полосе частот вибрации, в которых преобладают вертикальные составляющие колебаний.

Т а б л и ц а 1.1

Характеристика транспортных источников вибродинамических нагрузок на здания и сооружения [25]

| Источник | Доминирующие частоты, Гц | Виброскорость частиц грунта, 10^{-3} м/с | Виброускорение частиц грунта, $м/с^2$ | Зона влияния, м |
|-----------------|--------------------------|--|---------------------------------------|-----------------|
| Железная дорога | 10...70 | 16...50 | 1...22 | 150...300 |
| Трамвай | 20...45 | 1,6...160 | 0,5...45,2 | 150...300 |
| Метрополитен | 2...4 | 0,3...300 | 1...180 | 150...300 |
| | 10...40 | 0,3...300 | 10...1000 | 15...120 |
| | 30...60 | 0,3...300 | 10...1800 | 6...120 |
| Автомагистраль | 10...20 | 0,005...0,07 | 0,0003...0,011 | 40...100 |

Несмотря на обзорно-аналитический способ сбора данных по первоисточникам, сведенным в таблицу автором монографии [25], по диапазону частот, амплитудам виброскоростей и виброускорений, при использовании этих данных для расчета виброперемещений было установлено некоторое взаимное расхождение результатов, как показано в табл. 1.2.

Расчет и анализ виброперемещений в табл. 1.1 проводился с учетом зависимости их снижения при постоянной виброскорости или виброускорении от повышения частоты, например, для гармонических вибраций, так как в этом случае виброскорость и

виброускорение являются соответственно первой и второй производной гармонического виброперемещения:

$$x(t) = x_a \cos(\omega t);$$

$$v(t) = x'(t) = -v_a \sin(\omega t);$$

$$a(t) = x''(t) = -a_a \cos(\omega t);$$

$$v_a = x_a \omega ; a_a = x_a \omega^2 ; \omega = 2\pi f$$

где x_a, v_a, a_a, ω, f — соответственно амплитуды виброперемещений, виброскоростей и виброускорений, радиальная и циклическая частота вибраций.

Приведенные в [25] данные пересчитывались на амплитуды аналогичных гармонических виброперемещений следующим образом: для нижней границы доминирующих частот выбирались минимальные значения амплитуд виброскорости и виброускорения, а для верхней границы — максимальные.

Т а б л и ц а 1.2

Сводная таблица расчета амплитуд виброперемещений

| Источник | Домин. частоты, Гц | | Виброскорость частиц грунта, 10^{-3} м/с | | Виброперемещение по скорости, мкм | | Виброускорение частиц грунта, м/с^2 | | Виброперемещение по ускорению, мкм | |
|--------------------------|--------------------|----|--|------|-----------------------------------|------|--|-------|------------------------------------|--------|
| | Железная дорога | 10 | 70 | 16 | 50 | 254 | 113 | 1 | 22 | 250 |
| Трамвай | 20 | 45 | 1,6 | 160 | 12,7 | 566 | 0,5 | 45,2 | 32 | 566 |
| Метрополитен | 2 | 4 | 0,3 | 300 | 23,8 | 1194 | 1 | 180 | 634 | 285000 |
| | 10 | 40 | 0,3 | 300 | 4,8 | 1194 | 10 | 1000 | 2540 | 15847 |
| | 30 | 60 | 0,3 | 300 | 1,6 | 796 | 10 | 1800 | 280 | 12678 |
| Автомобильная магистраль | 10 | 20 | 0,005 | 0,07 | 0,08 | 0,6 | 0,0003 | 0,011 | 0,08 | 0,7 |

Как видно из табл. 1.2, расхождения (выделено заливкой соответствующих граф) ряда значений амплитуд виброперемещений, вычисленных по приведенным в исходной табл. 1.1 [25] амплиту-

дам виброскоростей и виброускорений, составляют практически 2 порядка и принимают неадекватные виброперемещениям значения, что говорит о наличии в данной таблице опечаток. Вместе с тем, опираясь на данные натурных исследований МГСУ [22] и данные других авторов [26, 27, 28, 29, 30], можно прийти к выводу о наличии в мегаполисах и промзонах достаточно широкого спектра доминирующих частот (от 0,1 до 70 Гц) и амплитуд (от долей 1 до нескольких сотен мкм). Техногенные микровибродинамические нагрузки распространяются главным образом до глубин 10...15 м [26, 27, 28, 29].

В МГСН 2.07-97 [33] приводятся аналогичные данные о состоянии вибродинамического нагружения систем «объект — основание» на городских территориях: в условиях городской застройки в основаниях существует вибрационный фон, в котором преобладают колебания частотой 3...5 герц с амплитудой 2...5 микрон. Площадок, на которых отсутствовал бы фон, практически не существует.

Вместе с тем интенсивность источников виброактивности в крупных городах и мегаполисах неуклонно растет (рис. 1.2).

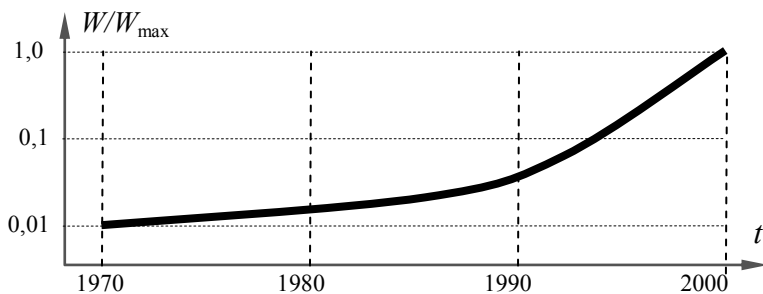


Рис. 1.2. Современная эволюция параметров интенсивности техногенных источников вибраций в Московском регионе [6, 18, 22, 24]

Микровибродинамические возмущения, возбуждаемые в основаниях строительных объектов крупных городов и мегаполисов в результате действия источников вибраций, порождают распространение в среде оснований продольных (рис. 1.3) и поперечных (рис. 1.4) волн.

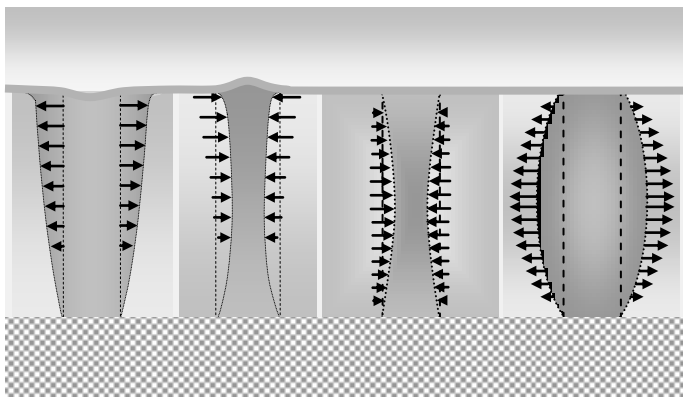


Рис. 1.3. Продольные упругие волны и резонансы по толщине приповерхностного геологического пласта

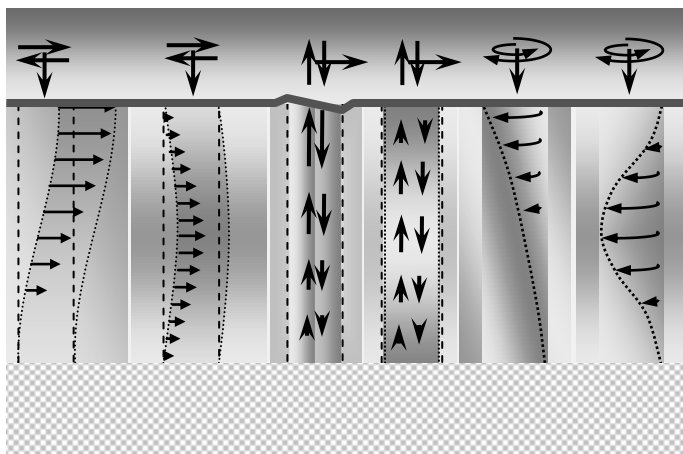


Рис. 1.4. Поперечные упругие волны и резонансы по толщине приповерхностного геологического пласта

Характерные спектры микровибродинамических возмущений для Центрального региона России изображены на рис. 1.5. Эволюция циклической нагрузки на основания в мегаполисах и в промзонах Московского региона представлена на рис. 1.6 и 1.7.

Статистический анализ данных микровибродинамических наблюдений показывает, что только за десятилетний период экс-

плутации зданий, например в Московском регионе, системы «объект — основание» претерпевают более 10 млрд циклов микронагрузений [6, 18, 22, 24], превышая, к сравнению, порог требований в машиностроении по обязательной аттестации циклической усталости конструкционных материалов, включая металлы.

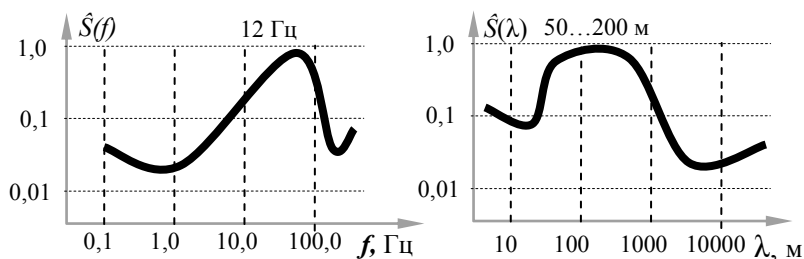


Рис. 1.5. Типовые нормированные спектры и длины волн микродинамических нагрузок [6, 18, 22, 24]

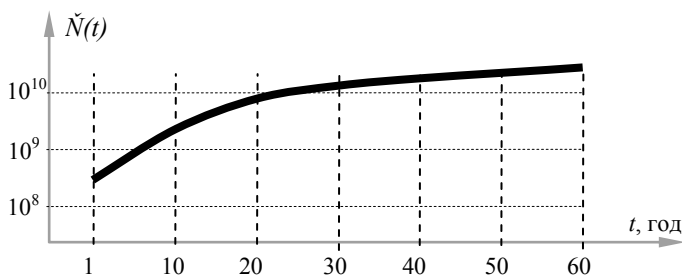


Рис. 1.6. Эволюция числа циклов вибродинамической нагрузки на доминирующей частоте 12 Гц [6, 18, 22, 24]

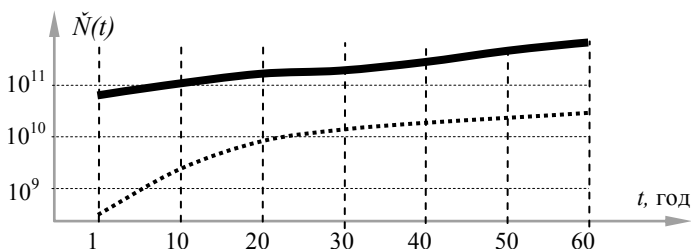


Рис. 1.7. Эволюция числа циклов вибродинамической нагрузки в полосе частот виброактивности возмущений промзон и транспортных узлов мегаполисов [6, 18, 22, 24]

Инструментальные и теоретические исследования закономерностей реализации опасных геоэкологических и геодинамических проявлений вибродинамического взаимодействия сооружений и оснований, выполненные в 2000—2002 гг. Научно-исследовательским институтом экспериментальной механики (НИИЭМ) ФГБОУ ВПО «МГСУ», позволили установить одну из основных причин ускоренного развития этих процессов, связанную с неравномерной микроциклической нагрузкой на основания в результате многолетнего воздействия на них природных и техногенных микровибродинамических процессов.

Исследования НИИЭМ МГСУ также позволили сделать вывод о существенном росте влияния микровибродинамических процессов на сверхпроектное снижение уровня технической надежности, крены и неравномерные осадки сооружений и инженерных коммуникаций в случае повышенной неоднородности тонкой структуры геологического разреза основания или его неравномерного микровибродинамического возбуждения.

Согласно результатам исследований [32, 34, 37—41] было установлено, что малоизученные сверхпроектные нагрузки на строительные конструкции (особенно в мегаполисах) обусловлены деформациями оснований в результате техногенного мегациклового возбуждения микровибродинамических процессов в зоне размещения этих объектов.

Последнее утверждение обусловлено тем, что именно мегаполисы отличаются повышенной техногенной микровибродинамической активностью, а также неоднородностью тонкой структуры основания и неравномерным распределением статической и динамической нагрузки в пространстве системы «объект — основание».

Указанная проблема современных городов существенно обостряется как в сейсмоактивных, так и в сеймопассивных районах планеты, если здания и сооружения имеют высокочастотные геодинамические резонансы строительных конструкций, подробно рассмотренные в работах [42—49], которые не только концентрируют энергию микровибродинамического возбуждения систем «объект — основание» [50], но до 75 раз и более [51] могут усилить их амплитуду.

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru