

САВИНОВ Ярослав Вячеславович

**ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ НЕСУЩИХ
СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ И РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ
(на примере г. Тамбова)**

05.23.01 – «Строительные конструкции, здания и сооружения»

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Воронеж 2003

Работа выполнена в Тамбовском государственном техническом университете на кафедре «Конструкции зданий и сооружений»

Научный руководитель:

доктор технических наук,
профессор
Леденев Виктор Васильевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор
Маилян Левон Рафаэлович

кандидат технических наук
Шмелев Геннадий Дмитриевич

Ведущая организация:

ОАО «Тамбовгражданпроект»

(г. Тамбов)

Защита состоится «18» декабря 2003 года в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.033.01 в Воронежском государственном архитектурно-строительном университете по адресу: 394006, г. Воронеж, ул. XX – летия Октября, д. 84, ауд. 20, корп. 3.

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 394006, г. Воронеж, ул. XX-летия Октября, д. 84, ученому секретарю к.т.н., доц. Власову В.В.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Воронежского государственного архитектурно-строительного университета.

Автореферат разослан «__» ноября 2003 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.033.01

Власов В.В.

Формат 60 × 84 / 16. Гарнитура Times New Roman.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Объем: 0,93 усл. печ. л.; 1,1 уч.-изд. л.
Тираж 100 экз. С. 740

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В большинстве существующих и вновь построенных зданиях имеются разного вида повреждения, снижающие их эксплуатационные и прочностные качества. Затраты на ремонтно-восстановительные работы весьма высоки и не всегда достигают цели. Практически во всех крупных городах проводятся обследования зданий с выявлением причин повреждений, как правило, они касаются одного объекта. Комплексный анализ причин повреждения зданий в масштабах города проводится только в особо крупных и развитых городах.

Проведенное нами визуальное обследование гражданских зданий г. Тамбова с 1998 по 2003 гг. показало, что основными причинами повреждения стеновых конструкций являются неравномерные деформации грунтов оснований, их просадки, физический износ, качество работ и т.д.

Предполагалось систематизировать материалы инженерно-геологических изысканий разных организаций за последние 50 лет, выявить закономерность изменения характеристик грунтов, классифицировать здания по степени поврежденности и установить зависимость их технического состояния от грунтовых условий.

В практике применяют различные способы повышения жесткости зданий. Эффективность их недостаточно исследована. Программой исследований предусмотрено осмотреть ранее усиленные здания, выявить распространенные ошибки и оценить эффективность применяемых методов.

При численной оценке остаточной прочности поврежденных стеновых конструкций пользуются весьма ориентировочными рекомендациями. Нами поставлена задача установить функции влияния параметров наиболее часто встречающихся дефектов при достаточно широких интервалах их изменения и выявить механизма разрушения поврежденных стен.

Часто причиной раскрытия трещин в стеновых конструкциях является взаимное влияние рядом построенных зданий. При реконструкции возникают сложности учета дополнительных перемещений напряжений при взаимодействии фундаментов. Эта проблема мало изучена. Требуется проведение экспериментов по выявлению функций влияния.

Системный подход к данной проблеме дает возможность наметить комплекс мероприятий по предотвращению повреждений зданий, разработать инженерный способ определения прочности стен с повреждениями.

Целью работы является установление основных причин повреждения стеновых конструкций зданий на примере г. Тамбова; разработка методики численной оценки их влияния на несущую способность и рекомендаций по предупреждению.

Задачи исследований:

–обследование технического состояния ряда зданий г. Тамбова; получение перечня наиболее распространенных видов повреждений; их классификация по величине, скорости раскрытия трещин и причинам возникновения; оценка эффективности применяемых в г. Тамбове методов упрочнения грунтов оснований, фундаментов и несущих конструкций зданий;

–экспериментальное исследование влияния контролируемых параметров наиболее распространенных дефектов на прочность моделей стен; изучение механики разрушения моделей с дефектами и их напряженно-деформированного состояния в условиях одно- и двухосного сжатия;

–экспериментальное определение дополнительных напряжений в грунтах оснований и перемещений подземных конструкций от влияния рядом расположенных; выбор пути снижения взаимного влияния и повышения несущей способности фундаментов;

–разработка рекомендаций по предотвращению повреждений в стеновых конструкциях зданий и методики определения остаточной прочности несущих стен с повреждениями.

Научную новизну работы составили:

–комплексный анализ причин возникновения выявленных повреждений с точек зрения: пространственного расположения поврежденных зданий, геологии, гидрогеологии, материала стен, этажности; классификация повреждений и дефектов на стадиях: проектирования, возведения и эксплуатации, а зданий города – по периодам строительства и степени поврежденности;

–методика экспериментального моделирования стеновых конструкций с повреждениями; эмпирические зависимости несущей способности от параметров одиннадцати видов дефектов; функции влияния силы поперечного сжатия на горизонтальные напряжения в стенах с повреждениями;

–эпюры дополнительных перемещений и горизонтальных напряжений от взаимного влияния фундаментов; эмпирические зависимости несущей способности фундаментов от параметров кольцевой стенки;

–методика определения остаточной несущей способности в стеновых конструкциях с повреждениями.

На защиту выносятся:

–результаты визуального и технического обследования состояния зданий города и наблюдения за развитием трещин; систематизация поврежденных зданий по причинам возникновения и численным показателям; классификация зданий по периодам строительства; данные по оценке эффективности применяемых в городе способов усиления оснований, фундаментов и надземных частей зданий;

–методика и результаты экспериментального и математического моделирования стен с различными дефектами в условиях одно- и двухосного сжатия;

–экспериментальные зависимости дополнительной осадки, крена и силы бокового давления в грунте от расстояния до рядом расположенной нагружаемой модели фундамента; функции влияния параметров ограждающей стенки на несущую способность фундаментов;

–рекомендации по предотвращению основных причин повреждений стеновых конструкций; план-схема микрорайонирования территории города по инженерно-геологическим и гидрогеологическим условиям строительства; методика определения остаточной несущей способности в стеновых конструкциях с повреждениями.

Практическое значение работы заключается в:

–составлении план-схемы поврежденных зданий города с последующим их объединением в характерные группы; разработке классификации зданий по степени поврежденности, периодам строительства, материалу стен, этажности; комплексном анализе наиболее характерных причин возникновения повреждений в гражданских зданиях; определении эффективности применяемых в городе способов упрочнения грунтов и усиления зданий;

–разработке методики численной оценки несущей способности поврежденных стеновых конструкций; исследовании влияния силы поперечного сжатия поврежденных кирпичных стен на их прочность;

–экспериментальном исследовании взаимного влияния расположенных рядом фундаментов и укрепляющего эффекта кольцевой стенки;

–выдаче практических рекомендаций по предупреждению наиболее распространенных повреждений в стенах; районировании территории г. Тамбова по инженерно-геологическим условиям строительства с выделением участков неблагоприятных для строительства; обобщении имеющихся данных о загрязнении грунтовых вод, глубине их залегания и направлении движения.

Реализация работы. Материалы исследований используются в учебном процессе при подготовке инженеров и магистров по направлению 653500 «Строительство». Основные результаты работы переданы в ОАО «Тамбовгражданпроект», МУ «Дирекция единого заказчика», мэрии г. Тамбова, ООО «ФСК Тамбовстрой» для использования на практике.

Достоверность результатов работы. При проведении исследований использованы планы города за период с 1905 по 1995 гг.; архивные материалы по строительству капитальных зданий; результаты инженерно-геологических изысканий разных организаций за последние 50 лет. Экспериментальные исследования проведены с помощью метрологически проверенных контрольно-измерительных приборов и критериев подобия, с ориентацией на действующие нормативные документы. Аппроксимацию экспериментальных данных и численный анализ НДС моделей выполняли с использованием программы «Simple Formula» и программного комплекса «Мираж».

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены, обсуждены и получили одобрение на ежегодных конференциях в г. Тамбове (ТГТУ) с 1999 по 2003 гг. Международных конференциях: в Москве (МГСУ) 20 мая 2000 г.; Брянске (БГИТА) 15 июня 2000 г.; в Пензе (ПДЗ) 5 – 6 октября, 2000 г. и 19 – 20 сентября 2002 г.; в Воронеже (ВГАСУ) 11 сентября 2002 г.

Публикация. Основные результаты исследований опубликованы в четырнадцати печатных работах.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав и основных выводов. Содержит 235 страниц, включая 103 рисунка, 21 таблицу, список используемой литературы из 159 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении изложены: актуальность темы исследования, цель и задачи, научная новизна работы, практическая значимость результатов исследований, апробация результатов и краткое содержание диссертации.

В первой главе рассмотрены особенности проектирования зданий в сложных условиях строительства; приведены примеры моделирования повреждений, примененные в экспериментах ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и Харьковского Промстройниипроекта. Проанализированы наиболее распространенные расчетные модели оснований, зданий и системы «основание-здание», описанные в работах: М.Ю. Абелева, В.М. Алексеева, М.Д. Бойко, С.В. Бондаренко, Б.А. Гарагаша, Я.Д. Гильмана, А.К. Гинзбурга, В.Т. Головченко, В.С. Глухова, Б.И. Далматова, П.А. Коновалова, В.И. Крутова, М.Н. Лашенко, В.В. Леденева, В.И. Леденева, Ф. Перкинса, А.А. Петранова, А.И. Полищука, А.П. Пшеничкина, Ю.Б. Потапова, А.Г. Ройтмана, Р.В. Рябицкого, Д.Д. Сергеева, Е.А. Сорочана, С.Н. Сотникова, В.Б. Швеца, Н.П. Шпакова и др.

Значительный вклад в развитие теории расчета системы «основание-здание» внесли С.М. Алейников, Б.А. Гарагаш, М.И. Горбунов-Посадов, П.Ф. Дроздов, Б.Н. Жемочкин, Б.А. Косицын, Н.Н. Леонтьев, А.П. Пшеничкин, Д.Н. Соболев, П.П. Шагин и др.

Во второй главе изложен комплексный подход к проблеме оценки деформированного состояния гражданских зданий города. Разработана классификация и карта районирования гражданских зданий города для семи периодов строительства. Проанализированы результаты визуального обследования 1559 гражданских зданий в период с 1998 по 2003 гг. Составлены план-схемы районирования г. Тамбова по степени поврежденности, этажности и материалам наружных стен зданий (рисунок 1). Выделено 16 групп поврежденных зданий. Установлены закономерности распределения поврежденных зданий на территории города. Предложена классификация обследованных зданий по степени поврежденности (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация зданий по степени поврежденности

Категория по степени поврежденности	I	II	III	IV
Ширина раскрытия трещин, мм	0 ... 3	3 ... 5	>5	Укрепленные
Количество зданий, шт. (%)	156 (6,1)	259 (10,1)	210 (8,2)	22 (0,86)

В таблице 2 приведены данные наблюдений за 101 зданием в период с 1998 по 2003 гг. Исследована связь скорости развития трещин с шириной их раскрытия, возрастом, этажностью зданий и инженерно-геологическими условиями. У 43 % наблюдаемых зданий ширина раскрытия трещин на период обследования составляла 6,7 мм, а скорость их раскрытия – 0,1 ... 0,3 мм/год.

Рисунок 1 – План-схема районирования г. Тамбова по степени поврежденности гражданских зданий
Таблица 2 – Результаты наблюдений за раскрытием трещин

Скорость раскрытия трещин, мм/год	0	0,1 ... 0,3	0,3 ... 0,8	> 0,8
Количество зданий из общего числа шт., (%)	26 (23,85)	43 (39,45)	19 (17,43)	21 (20,6)
Средняя величина раскрытия трещин, мм	8,75	6,73	6,37	7,55
Средняя этажность	2,88	3,81	4,86	2,93

У 26 % зданий со средней шириной раскрытия трещин 8,75 мм рост деформаций почти приостановился, а у 21 % зданий со средней этажностью 2,9 и средней шириной раскрытия трещин 7,6 мм она продолжается со средней скоростью 0,8 мм/год. Приведены многочисленные примеры из практики.

На основании полученных данных построена диаграмма сравнительного анализа причин возникновения повреждений в системе «основание – здание» гражданских зданий г. Тамбова (рисунок 2).

Наиболее распространенными причинами возникновения повреждений являются: природная изменчивость модуля деформации; значительная неравномерная осадка и просадка грунтов оснований; физический износ несущих конструкций; пристройка и надстройка зданий.

Исследованы методы устранения дефектов, применяемые в г. Тамбове. Осмотрено более двадцати зданий с трещинами, усиленные предварительно напряженными тяжами, обоями из стальных уголков,

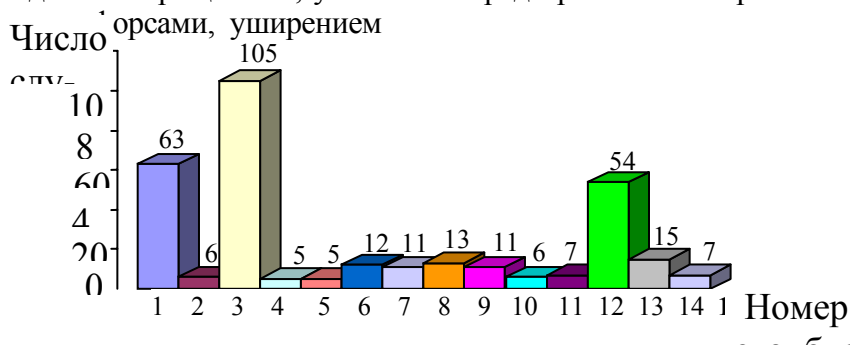


Рисунок 2 – Сравнительная диаграмма причин возникновения повреждений

в системе «основание – здание» гражданских зданий г. Тамбова:

1 – просадочные грунты; 2 – надстройка зданий; 3 – изменчивость модуля деформации; 4 – промерзание грунтов оснований; 5 – низкое качество материалов,

и углублением фундаментов; вдавливанием в грунт основания сборных цилиндрических свай; уплотнением грунтов. Установлено, что большинство зданий, усиленных этими методами, продолжают деформироваться.

В третьей главе разработана и осуществлена методика экспериментального исследования влияния контролируемых параметров дефектов стеновых конструкций на их прочность. Опытным путем исследовано влияние одиннадцати видов повреждений на несущую способность стен. Проведено несколько серий опытов с моделями, имеющими начальные дефекты: частичное симметричное и асимметричное опирание, трещины, штрабы, концентраторы напряжений (рисунки 3, а – н). Неполное опирание имитировали укладкой под нижней плоскостью моделей стальных пластин. В качестве концентраторов напряжений принимали стержни $\varnothing 10$ А-П. Трещины устраивали путем закладки в незатвердевший бетон полосок из аргелита с шероховатой поверхностью толщиной 0,5 мм. Определяли эмпирические зависимости разрушающей нагрузки от параметров начальных дефектов, представленных в относительных величинах. Для трещин такими параметрами являются: глубина проникновения $\bar{h}_1 = h_1/h$, расположение по отношению к диагонали $\bar{c}_1 = c_1/a$, угол наклона α , длина $\bar{c}_2 = c_2/a$, количество N ; для штрабы – глубина $\bar{h}_2 = h_2/h$.

Интервалы изменения параметров повреждений изменяли от 0 до 1, число ступеней изменения параметров принимали от трех до пяти, что обеспечивало заданную точность эксперимента и возможность аппроксимирования. Проведены эксперименты с бетонными образцами, отличающиеся схемами нагружения и видами дефектов. Модели устанавливали в рабочее положение согласно расчетным схемам, показанным на рисунке 3, а – н. Для удобства наблюдения перемещений на модели наносили сеть взаимно ортогональных линий с ячейками 1×1 см согласно рисунку 3, б. Картины разрушения фотографировали, снимали на видео камеру. Затем производили покадровый анализ динамики деформирования. Для одновременного наблюдения процесса деформирования с трех экспозиций была смонтирована система зеркал. Испытания выполняли на гидравлическом прессе ПСУ-125. Нагрузку на образец увеличивали со скоростью 3 кН/с до разрушения. Фиксировали значения нагрузки, соответствующие началу появления трещин F_{crc} и полному разрушению F_{dis} . Для образцов без начальных дефектов, с начальной диагональной трещиной, со штрабой и оконным проемом была проведена серия экспериментов с поперечным сжатием, которое создавалось при помощи обжимного устройства, показанного на рисунке 3, н. Усилия приведены в долях от усредненной разрушающей нагрузки образца (F_{dis}) без начальных повреждений и поперечного сжатия ($F_{dis} = 189,5$ кН): $\bar{F} = F/F_{dis}$; $\bar{F}_x = F_x/F_{dis}$; $\bar{F}_y = F_y/F_{dis}$. Сила поперечного сжатия создавалась и регулировалась при помощи гаек б. Сжимающее усилие F_x передавалось на распределительные пластины 3 через динамометр 7, который установлен на шарнирах. Силу обжатия контролировали динамометром ДОСМ 3-03. Эксперименты проводили с поперечным обжатием $\bar{F}_x = 0; 0,0873; 0,157; 0,2374; 0,3142$.

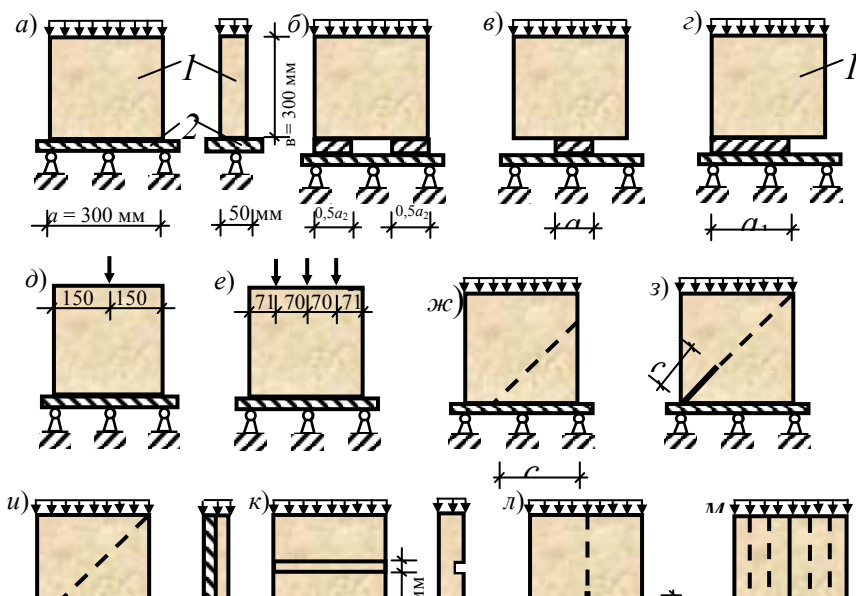


Рисунок 3 – Расчетные схемы для принятых серий испытаний:

a – сплошное опирание: 1 – образец; 2 – шарнирная плита прессы; *б, в* – неполное симметричное опирание по краям и центру; *г* – асимметричное неполное

В качестве примера рассмотрим влияние одного из одиннадцати исследуемых видов начальных дефектов – штрабы. Эксперимент проводили при высоте $f = 1,7$ см и относительной глубине $\bar{h}_2 = h_2/h = 0,25$ и $0,5$.

Случай 1, при $\bar{h}_2 = 0,25$ наблюдаемые процессы. Разрушение начиналось с появления вертикальных трещин 1 (рисунок 4, *б*), идущих от штрабы. Потом их рост прекращался. Из внутреннего угла штрабы начинали расти многочисленные трещины 2, вдоль которых происходил сдвиг.

Механизм разрушения. За штрабой возникла концентрация напряжений σ_x и σ_y , а над и под этим участком стены – горизонтальных растягивающих напряжений σ_x (рисунка 4, *д, е*). Именно в этих зонах наблюдалось раскрытие трещин сдвига. Напряжения из них переместились в район т. «Б» и «Г», вследствие чего там возникали концентрации сдвигающих усилий F_{sh} 2. Им противостоят усилия F_{cov} 1, при $F_{sh} \geq F_{cov}$ в районе т. «Б» или «Г» раскрывалась сдвиговая трещина 2 (рисунок 5, узел А). Эксцентриситет, вызванный несимметричностью штрабы при $\bar{h}_2 \leq 0,5$, не оказывал существенного влияния на механизм разрушения, а при $\bar{h}_2 \geq 0,5$ в зоне 2 (рисунок 5, узел Б) возникала концентрация растягивающих напряжений. В т. «Д» происходило смятие бетона, образец терял устойчивость под действием момента.

Зависимость несущей способности стеновой конструкции от глубины штрабы можно описать полиномом третьей степени

$$\bar{F}_{dis} = -2,69\bar{h}_2^3 + 5,32\bar{h}_2^2 - 3,63\bar{h}_2 + 1. \quad (1)$$

Среднеквадратическое отклонение $\sigma_{cp} = 25 \cdot 10^{-3}$ и максимальное $\sigma_{max} = -75 \cdot 10^{-3}$. Подобным образом исследован случай 2 при $\bar{h}_2 = 0,5$. Результаты эксперимента представлены на рисунке 4, з. Глубина штрабы значительно снижает несущую способность образца. Так, при $\bar{h}_2 = 0,5$ несущая способность уменьшилась на 75 ... 80 %. Согласно расчету, разрушение должно произойти по механизму смятия стенки за штрабой, однако, на практике (рисунок 4, *а*) при $\bar{h}_2 \leq 0,5$ оно происходило по сдвиговому механизму, а при $\bar{h}_2 \geq 0,5$ – по механизму разрыва. Вследствие этого экспериментальные данные получались несколько ниже расчетных.

Испытания образцов с горизонтальной штрабой при изменении силы бокового обжатия. Эксперимент проводили при высоте штрабы $f = 1,5$ см и относительной глубине $\bar{h}_2 = h_2/h = 0,5$. Величину бокового обжатия принимали равной $\bar{F}_x = 0; 0,046; 0,07; 0,093$.

Результаты наблюдений за образцами с обжатием. У образцов с боковым обжатием $F_x = 0; 0,046$ распорные усилия зафиксированы при $F_y \geq 0,2 \dots 0,42$, а образцов с $\bar{F}_x = 0,07; 0,093$ – при $\bar{F}_y \geq 0,48 \dots 0,58$ (рисунок 4, е). С дальнейшим увеличением внешней нагрузки распорные усилия возрастали незначительно. При $F_y = F_{cr}$ (в условиях бокового обжатия проследить раскрытие трещин очень сложно), нагрузка на модель стены и горизонтальные напряжения F_x возрастали с уменьшающейся скоростью. Через 3 ... 5 с внезапно происходил сдвиг из плоскости стены с резким падением горизонтальных и

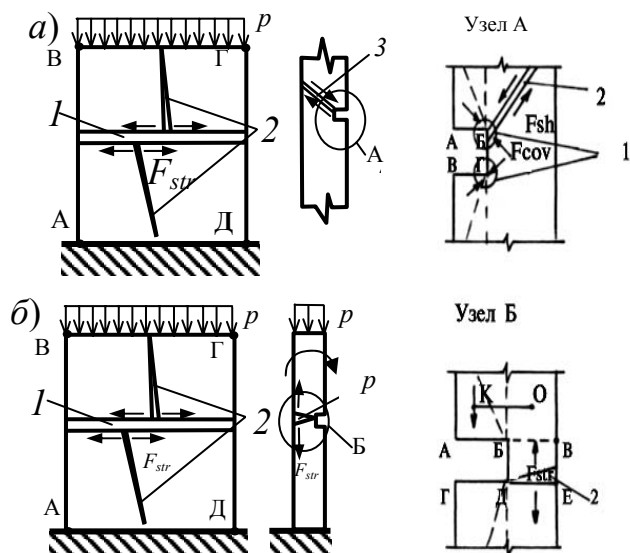


Рисунок 5 – Механизм разрушения при $\bar{h}_2 = 0,33$

вертикальных напряжений. Все образцы разрушались по механизму, описанному выше, случай 1. Зависимость несущей способности стены со штрабой от силы поперечного сжатия аппроксимирована полиномом третьей степени

$$\bar{F}_y = -35,33(\bar{F}_x)^3 - 18,35(\bar{F}_x)^2 + 2,53(\bar{F}_x) + 0,529. \quad (2)$$

В образцах со штрабой горизонтальные напряжения сравнительно не велики, они проявляются лишь в зоне штрабы. В опытах с ограничением боковых деформаций без обжатия разрушающая нагрузка возросла на 15 %, а при максимальном обжатии – на 75 % (рисунок 4, и). Аналогично были исследованы другие 10 случаев (таблица 3).

В четвертой главе исследовано взаимодействие рядом расположенных подземных конструкций. Проведено восемь серий экспериментов по исследованию влияния: нагружения штампа на перемещения разноудаленных моделей фундаментов и свай; загрузки штампа на перемещения гибких стенок; заглубленной стены на напряженно-деформированное состояние основания стального штампа; вертикального нагружения штампа на горизонтальные напряжения в грунте; ограждающих стенок на несущую способность и взаимное влияние фундаментов; глубины погружения стенки на горизонтальные напряжения и определение сопротивления сдвигу по боковой поверхности.

Таблица 3 – Эмпирические зависимости разрушающей нагрузки от параметров исследуемых видов повреждений стен

п./п.	Вид начального дефекта	Зависимости относительной разрушающей нагрузки \bar{F}_{dis} от параметров дефектов
-------	------------------------	---

Дефекты опирания моделей

1	Неполное симметричное опирание по краям при изменении ширины опирания	$\bar{F}_{dis} = 1/(0,7\bar{a}_2^2 + 1,8/\bar{a}_2)$
2	Неполное опирание по центру при изменении ширины опирания a_3	$\bar{F}_{dis} = -0,79\bar{a}_3^2 + 1,8\bar{a}_3$
3	Неполное асимметричное опирание при изменении ширины опирания a_1	$\bar{F}_{dis} = 1/(0,7\bar{a}_1^2 + 1,8\bar{a}_1)$
4	Концентраторы напряжений при изменении их числа N	$\bar{F}_{dis} = 0,163\ln(N) + 0,1$

Трещины и штрабы

5	Наклонная сквозная трещина при изменении ее длины c_1	$\bar{F}_{dis} = 8,96\bar{c}_1^4 - 14,19\bar{c}_1^3 + 5,84\bar{c}_1^2 - \bar{c}_1$
6	Сквозная диагональная трещина при изменении ее длины c_2	$\bar{F}_{dis} = -0,69\bar{c}_2^3 + 1,35\bar{c}_2^2 - 1,2\bar{c}_2 + 1$
7	Несквозная диагональная трещина при изменении ее глубины h_1	$\bar{F}_{dis} = 0,77\bar{h}_1^2 - 1,2\bar{h}_1 + 1$
8	Вертикальная трещина при изменении ее длины c	$\bar{F}_{dis} = e^{-(0,5c)c} + 0,2c$
9	Вертикальные трещины при изменении их числа n	$\bar{F}_{dis} = \sqrt{\frac{-36,8}{e^n} - 18 \ln n + 4n + 1}$
10	Горизонтальная штраба при изменении ее глубины h_2	$\bar{F}_{dis} = -2,69\bar{h}_2^3 + 5,32\bar{h}_2^2 - 3,63\bar{h}_2 + 1$
11	Естественные трещины при изменении угла их наклона α	$\bar{F}_{dis} = (1,03 \cdot 10^{-4})\alpha^2 - 0,012\alpha + 1$

Изучение влияния нагруженного штампа на ненагруженные и модели сваи. По результатам наблюдений построены эпюры перемещений, кренов и горизонтальных смещений штампов и свай, графики зависимости кренов штампов от расстояния до нагружаемого штампа. Осадки и крены ненагруженных моделей отмечены на расстоянии до трех габаритных размеров нагружаемого фундамента (рисунки 6, а).

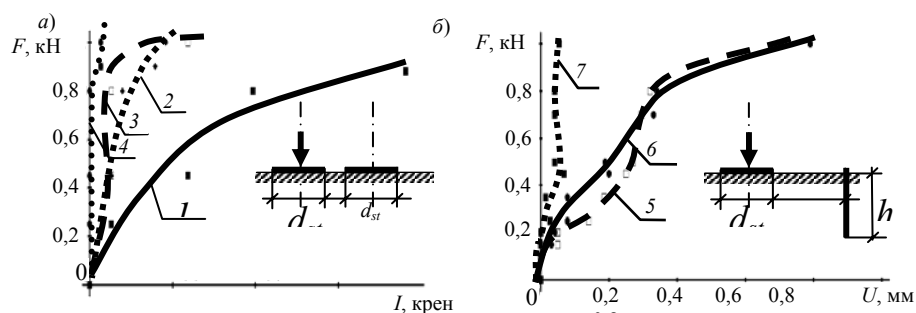


Рисунок 6 – Зависимости крена ненагруженного штампа от нагрузки на соседний (а) при $\bar{L} = L/d$ равной.

Определение перемещения и характера деформирования разноудаленных гибких стенок от нагруженного штампа. Построены эпюры горизонтальных перемещений гибких стенок и зависимости их прогиба от расстояния до нагруженного штампа (рисунки 6, б). Заглубленные в грунт фундаментные стены конечной жесткости получают дополнительный изгиб, крен и горизонтальное перемещение от рядом расположенного (при $\bar{L} < 1,5$) нагруженного фундамента мелкого заложения. Определены эти зависимости. Показана необходимость уточнения действующих методик расчета прочности и устойчивости заглубленных стенок, находящихся в зоне влияния фундаментов, например, при реконструкции.

Исследование влияния заглубленной неподвижной стены на напряженно-деформированное состояние основания стального штампа. Получены эпюры крена модели фундамента при разном расстоянии до неподвижной стены. Жесткая заглубленная стена изменяет напряженно-деформированное состояние в основании нагруженного отдельного фундамента и ограничивает боковые деформации грунта. Фундамент, расположенный вблизи стены, получает крен и горизонтальные перемещения в противоположном направлении, что необходимо учитывать при проектировании.

Изучение влияние кольцевой ограждающей стенки на несущую способность основания. Исследовали функцию $F_u(\bar{d}_\omega)$ при $\lambda = 1$ и $\bar{d}_\omega = 1; 1,5; 1,7; 2,5$, где $\bar{d}_\omega = d_\omega / d_{st}$ относительная величина диаметра стенки. В опыте с $\bar{d}_\omega = 1$ несущая способность основания штампа несколько снижалась, а при $\bar{d}_\omega = 1,5$ отмечено максимальное значение F_u , а штамп и стенка работали как единое целое (рисунок 7). Функции влияния высоты и диаметра кольцевой ограждающей стенки при $\bar{d}_\omega \geq 1,5$, полученный в виде

$$F_u(\bar{h}_\omega) = 3,12 \cdot 1,008^{\bar{h}_\omega}, \quad F_u(\bar{d}_\omega) = 27,93(\bar{d}_\omega)^{-2,15}. \quad (3, 4)$$

Влияние \bar{h}_ω и \bar{d}_ω на несущую способность штампа может быть оценено формулой

$$F_{h_\omega, d_\omega} = F_u(F_u(\bar{h}_\omega), F_u(\bar{d}_\omega)). \quad (5)$$

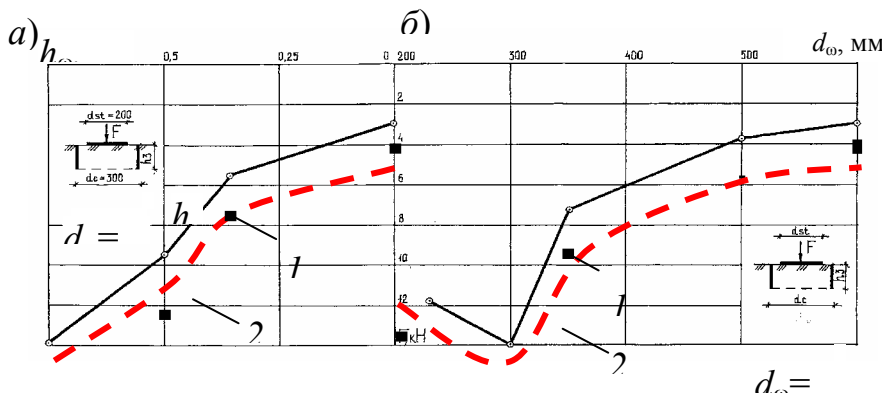


Рисунок 7 – Зависимость несущей способности штампа от величины заглубления ограждающей стенки h (а).

В главе 5 разработана методика определения остаточной несущей способности кирпичных стен при неполном опирании, наличии трещин, штраб и концентраторов напряжений. Для примера рассмотрим случай с повреждением в виде сквозной наклонной трещины ($\alpha \approx 45^\circ$).

При обследовании рассматривают несущие стены в пределах одного этажа. Параллельно трещине проводят линию d (рисунок 8). Длины их проекций на горизонталь L_{cr} и d' . Относительную длину проекции трещины $\bar{L}'_{cr} = L_{cr}/d'$ подставляют в уравнение (5, таблица 3) и получают относительную прочность

$$\bar{F}_{dis}(L_{cr}) = 8,96L'_{cr}{}^4 - 14,19L'_{cr}{}^3 + 5,84L'_{cr}{}^2 - 1,03L'_{cr}. \quad (6)$$

Остаточная прочность стены F_{cr} с сквозной не диагональной трещиной с углом наклона близким к 45° равна фактической прочности стены без дефектов F_u , умноженной на эмпирическую функцию влияния \bar{F}_{dis}

$$F_{cr} = F_u \bar{F}_{dis} . \quad (7)$$

Поврежденные каменные и армокаменные конструкции подлежат усилению, если их несущая способность недостаточна для восприятия нагрузок действующих на рассматриваемый элемент, т.е.

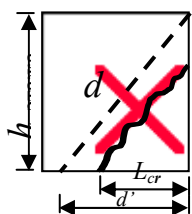


Рисунок 8 – Определение проекции длины наклонной трещины

$$K_{\text{бл}} F \geq \bar{F}_{dis} F_u , \quad (8)$$

где F – фактическая расчетная нагрузка в момент обследования; $K_{\text{бл}}$ – коэффициент безопасности для неармированной кладки 1,7, для армированной – 1,5.

Аналогично рассмотрены и остальные виды повреждений.

Приведены рекомендации по предотвращению возникновения наиболее часто встречающихся повреждений возникших вследствие: природной изменчивости модуля деформации, значительной неравномерной осадки и просадки грунтов оснований, старения несущих конструкций, пристройки и надстройки зданий (рисунок 2). Составлена карта микрорайонирования территории города по модулю деформации, которая дает представление о деформативности двух верхних слоев грунта и позволяет прогнозировать характеристики грунтов в мало изученных районах. Например, выявлено общее понижение модуля деформации грунтов с запада на восток. Разработанная классификация зданий и план-схема г. Тамбова по периодам строительства позволяет учитывать износ отдельных конструктивных элементов характерных для выделенных периодов строительства.

Основные выводы и результаты.

1. По данным визуального обследования более 1500 зданий произведен комплексный анализ причин выявленных повреждений и систематизация поврежденных зданий г. Тамбова по характерным признакам (рисунок 1); разработана классификация повреждений по основным причинам возникновения: неравномерная осадка грунтов оснований, развитие просадочных деформаций, физический износ, пристройка и надстройка зданий (рисунок 2). Установлена скорость раскрытия нестабилизированных трещин наблюдаемых зданий (таблица 2). Исследована эффективность применяемых в г. Тамбове методов укрепления несущих элементов. Показано, что в десяти из семнадцати случаях эффект укрепления не достигнут.

2. Разработаны и осуществлены программа и методика испытаний более 220 моделей несущих стен с различными начальными дефектами (трещинами, штрабами, неполным опиранием, слабыми участками и др.) в условиях одно – и двухосного сжатия; определены влияющие параметры повреждений (рисунок 3); получены эмпирические зависимости несущей способности от этих параметров (таблица 3), являющиеся базой для разработки методики определения остаточной прочности стен с дефектами; исследованы механизмы их разрушения (рисунок 5). Ограничение поперечных деформаций и поперечное сжатие стен повышают их несущую способность в 1,2 – 2 раза в зависимости от вида повреждения (рисунок 4, к). Математическое моделирование методом КЭ показало удовлетворительную сходимость результатов экспериментов с расчетными данными (рисунок 4, и).

3. Выполнено несколько серий опытов с моделями фундаментов и заглубленных стен по изучению их взаимного влияния. Получены зависимости дополнительной осадки, крена фундаментов и силы бокового давления в грунтах от расстояния и глубины заложения соседних подземных конструкций. Исследован способ повышения несущей способности фундаментов и снижения взаимного влияния с помощью заглубленных ограждающих кольцевых стенок. Получены функции влияния параметров ограждающей стенки на несущую способность фундаментов (рисунок 5, а, б). При оптимальном соотношении диаметра стенки и ее высоты разрушающая нагрузка возрастает до пяти раз и значительно снижается взаимное влияние (3, 4).

4. Разработаны рекомендации по предотвращению четырех основных причин деформирования стеновых конструкций, повышению их эксплуатационной надежности и способам укрепления. В их число входят: план-схема изменчивости модуля деформации территории г. Тамбова; микрорайонирование территории города по инженерно-геологическим и гидрогеологическим условиям строительства; функции взаимного влияния гибких и жестких подземных конструкций; рациональные способы повышения жесткости зданий и прочности оснований; методика численной оценки остаточной прочности несущих стен с повреждениями (6 – 8).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО

В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Леденев В.В. Взаимное влияние рядом расположенных зданий / В.В. Леденев, Ю.А. Клинков, Я.В. Савинов // Строительные конструкции – 2000: Сб. материалов Всерос науч.-практ. конф. молодых ученых. – М.: МГСУ, 2001. Ч. 3. – С. 54 – 61.

2. Леденев В.В. Причины повреждения зданий в г. Тамбове и их предотвращения / В.В. Леденев, Я.В. Савинов // Проблемы строительства, инженерного обеспечения и экологии городов: Материалы II Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2000. – С. 49 – 50.
3. Влияние инженерно-геологических условий г. Тамбова на деформацию зданий / И.Л. Васильев, В.В. Леденев, А.Л. Туманян, Я.В. Савинов // Усиление оснований и фундаментов аварийных зданий и сооружений: Материалы Междунар. науч. конф. – Пенза: ПДЗ, 2000. – С. 33 – 36.
4. Повреждения зданий от влияния пристраиваемых / Ю.А. Клинков, В.В. Леденев, Я.В. Савинов, В.М. Скрылев // Повышение качества строительных работ, материалов и проектных решений: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Брянск: БГИТА, 2000. – Вып. 2. – С. 142 – 145.
5. Клинков Ю.А. Исследование напряжений в основании круглого штампа / Ю.А. Клинков, В.В. Леденев, Я.В. Савинов // VI науч. конф.: Материалы конф. – Тамбов: ТГТУ, 2001. – С. 205 – 206.
6. Экспериментальные определения напряжений и перемещений в грунте / В.В. Леденев, А.В. Худяков, Я.В. Савинов, В.И. Скрылев // Актуальные проблемы усиления оснований и фундаментов аварийных зданий и сооружений: Тр. Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2002. – С. 88 – 92.
7. Леденев В.В. Прочность и трещиностойкость моделей стен с начальными дефектами / В.В. Леденев, С.П. Морозов, Я.В. Савинов // Вестник ТГТУ. – Тамбов: ТГТУ, 2002. – Т. 8. – № 3. – С. 525 – 534.
8. О деформативных свойствах грунтов на территории г. Тамбова / И.Л. Васильев, В.В. Леденев, А.Л. Туманян, Я.В. Савинов // V Науч. конф.: Краткие тез докл. – Тамбов: ТГТУ, 2000. – С. 25 – 27.
9. Причины и характер трещинообразования в жилых кирпичных зданиях г. Тамбова / В.В. Леденев, С.П. Морозов, В.И. Скрылев, Я.В. Савинов // Труды ТГТУ: Сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. – Тамбов: ТГТУ, 2001. – Вып. 10. – С. 192 – 193.
10. Васильев И.Л. Особенности инженерно-геологического районирования территории Тамбова / И.Л. Васильев, А.Л. Туманян, Я.В. Савинов // Труды ТГТУ: Сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. Тамбов: ТГТУ, 1999. – Вып. 4. – С. 123 – 126.
11. Васильев И.Л. Особенности покрова лессовых пород на территории г. Тамбова / И.Л. Васильев, А.Л. Туманян, Я.В. Савинов // IV Науч. конф.: Краткие тез. докл. – Тамбов: ТГТУ, 1999. – С. 250.
12. История формирования жилищного фонда г. Тамбова / М.В. Монастырева, П.В. Монастырев, А.А. Горелов, Я.В. Савинов // VII Науч. конф.: Пленарные докл. и тез. стендовых докл. – Тамбов: ТГТУ, 2002. – Ч. 1. – С. 302.
13. Леденев В.В. Влияние ограждающих стенок на несущую способность и перемещения штампа / В.В. Леденев, Я.В. Савинов // Вестник ТГТУ. – Тамбов: ТГТУ, 2002. – Т. 8. – № 2. – С. 342 – 350.
14. Леденев В.В. Причины деформаций жилых зданий в г. Тамбове / В.В. Леденев, Я.В. Савинов, В.И. Скрылев // Расчет и проектирование оснований и фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях: Межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж: ВГАСУ, 2002. – С. 61 – 65.

Условные обозначения:

Степень деформированности гражданских зданий г. Тамбова

- Ширина раскрытия трещин более 5 мм.
- Ширина раскрытия трещин от 3 до 5 мм.
- Ширина раскрытия трещин до 3 мм
- Трещины не обнажены
- Укрепленные дома
- Граница группы поврежденных зданий
- XII Номер группы поврежденных зданий

