

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»

На правах рукописи

ЧАН МАНЬ ХУНГ



**ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗДАНИЙ
И СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ЗОН ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ**

25.00.32 – Геодезия

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент
Мустафин Мурат Газизович

Санкт-Петербург – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА О ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	10
1.1 Общие положения	10
1.2 Деформации зданий и сооружений, виды и причины их возникновения	26
1.3 Методики геодезических наблюдений за осадками оснований сооружений.....	27
1.4 Общие сведения о геологических разрывных нарушениях.....	37
1.4.1 Сведения о геологическом строении и тектонических нарушениях территории Северного Вьетнама.....	39
1.4.2 Чувствительные зоны и землетрясения Ханоя.....	41
1.5 Предпосылки к оценке влияния геологических разрывных нарушений на деформации земной поверхности.....	44
1.6 Выводы по главе 1.....	47
ГЛАВА 2 ДЕФОРМИРОВАНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВБЛИЗИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ НАЛИЧИИ ЗОН ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ.....	49
2.1 Описание задачи.....	49
2.2 Разработка расчётных моделей.....	52
2.3 Результаты моделирования	58
2.4 Выводы по главе 2.....	70
ГЛАВА 3 МЕТОДИКА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ОСАДКАМИ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ЗОНЫ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ.....	72
3.1 Разработка геодезических схем наблюдений.....	73
3.2 Выводы по главе 3.....	84

ГЛАВА 4 ПРОВЕРКА РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ВО ВЬЕТНАМЕ С НАЛИЧИЕМ ЗОНЫ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ.....	85
4.1 Выбор и описание объектов проектирования	85
4.2 Проектирование наблюдений за деформациями с учетом зоны тектонических нарушений при строительстве Здание Донгтау N5 Тхиньлет – Хоангмай – г. Ханой, Вьетнам.....	86
4.3 Наблюдения за деформациями сооружений с учетом зоны тектонических нарушений «Мост Дуонг района Йенвьен - Жалам – г. Ханой».....	90
4.4 Выводы по главе 4.....	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	94
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	96

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

В нормативном документе Свод правил СП 11-104-97 "Инженерно-геодезические изыскания для строительства [96] (далее «Свод правил») приведен перечень опасных природных и техноприродных процессов, которые исследуются при проведении инженерно-геодезических изысканий. Для их изучения создаются специальные геодезические сети, включающие исходные и деформационные пункты (марки). Наряду с исследованием развития опасных природных и техноприродных процессов на изучаемой территории следует проводить геодезические наблюдения за деформациями зданий и сооружений. Вместе с тем в «Своде правил» не регламентируются геодезические наблюдения при строительстве зданий и сооружений вблизи зон тектонических нарушений (далее – ЗТН), которые оказывают существенное влияние на деформационный процесс земной поверхности и соответственно строящегося объекта. Известен ряд случаев, когда здания и сооружения вблизи ЗТН оказывались в аварийном состоянии. Некоторые исследователи ЗТН относят к так называемым геопатогенным зонам, где могут формироваться различные негативные процессы. В маркшейдерской практике зоны выхода породных пластов на земную поверхность признаются опасными, в которых могут возникать провалы. Зафиксировано также существенное увеличение количества аварий на автодорогах в местах пересечения ЗТН. Влияние ЗТН признается в целом ряде областей науки. Построение карт ЗТН (разломов) становится уже необходимой процедурой, позволяющей повысить уровень разработок в различных аспектах жизнедеятельности. В этой связи представляется актуальной геодезической задачей построение координатной основы при строительстве с учетом ЗТН. При этом речь идет и о наблюдениях за деформациями строящегося объекта вблизи ЗТН, и коррективах в ходе строительства разбивочной и возможно опорной сети.

Степень разработанности

В части решения задачи по оценке деформационного процесса, предпосылки состоят в известных схемах основных типов тектонических нарушений и наличие инженерных программных комплексов моделирования деформаций земной поверхности. Эти данные позволяют внести коррективы в методики геодезических наблюдений. Основой для уточнения методики геодезических работ при строительстве с учетом ЗТН является нормативные положения о производстве наблюдений за деформациями зданий и сооружений, где рассматривается однородный грунтовый массив, что безусловно требует совершенствования.

Значительный вклад в развитие методов геодезического обеспечения и наблюдений за деформациями зданий и сооружений при строительстве внесли такие ученые как: Ассане А. А., Афонин Д., Брынь М.Я., Волков В.И., Ганьшин В. Н., Гуляев Ю. П, Зайцев А.К., Кафтан, В.И., Колмогоров В.Г., Коугия В.А., Машимов М. М., Мазуров Б.Т., Нгуен Х. В., Панжин А.А., Столбов Ю.В., Стороженко А. Ф., Шеховцов Г.А., Ямбаев Х.К. и др. В представленных работах в той или иной степени затрагиваются вопросы темы настоящих исследований, что только повышает необходимость их решения. Следует особенно подчеркнуть об актуальности этой задачи в связи со строительством ряда объектов во Вьетнаме вблизи ЗТН.

Объект и предмет исследования

Здания и сооружения, а также окружающий грунтовый массив представляю объект исследования, а процесс его деформирования и геодезические измерения составляют предмет исследования.

Цель работы

Разработка геодезического обеспечения при строительстве зданий и сооружений с учетом зон тектонических нарушений.

Идея состоит в использовании известных моделей тектонических нарушений, оценке деформированного состояния земной поверхности с учетом зон тектонических нарушений и проектируемых зданий (сооружений),

выделении в этих условиях зон влияния строящегося объекта, и на этой основе разработке геодезических схем наблюдательных станций и разбивочной основы.

Основные задачи исследований:

- Анализ геодезических методик наблюдений за осадками земной поверхности и оснований зданий и сооружений для обоснования и детализации методики исследований.

- Оценка деформированного состояния земной поверхности с учетом зон тектонических нарушений и строящегося объекта для определения зоны его влияния в неоднородном грунтовом массиве.

- Разработка методики построения геодезических схем наблюдений за деформациями зданий (сооружений) и разбивочной основы.

- Адаптация разработанной методики на проектируемых объектах вблизи зон тектонических нарушений во Вьетнаме.

Методология и методы исследований состоят в научно-обоснованном применении в русле нормативно-методической документации методов: анализа и обобщения результатов исследований в области геодезических наблюдений за деформациями различных объектов, оценки напряженно-деформированного оснований зданий и сооружений, математической обработки геодезических измерений, статистики, геоинформационных технологий, и проверке полученных результатов в натурных условиях.

Научная новизна работы:

- Предложено геодезическое обеспечение при строительстве зданий и сооружений на территориях с наличием зоны тектонических нарушений.

- Обосновано качественное и количественное отличие деформированного состояния оснований зданий, сооружений при наличии зоны тектонических нарушений от случая однородного грунтового массива.

- Разработана методика построения схем геодезических наблюдательных станций за деформациями зданий и сооружений вблизи зон тектонических

нарушений.

- Разработаны практические рекомендации по проектированию и корректированию геодезической разбивочной основы в условиях наличия зон тектонических нарушений.

Положения, выносимые на защиту:

1. При инженерно-геодезических изысканиях и строительстве зданий, сооружений следует учитывать зоны тектонических нарушений, при наличии которых зона влияния строящегося объекта может увеличиться в 2 и более раз от нормативных значений в зависимости от нагрузки на основание и свойств грунтового массива.

2. Геодезические наблюдения за осадками зданий и сооружений при применении традиционной методики в условиях наличия зоны тектонических нарушений следует выполнять с расположением исходных реперов за расчетной зоной влияния строящегося объекта, либо использовать способ наблюдений со свободных станций единой деформационной сети.

3. При наличии зоны тектонических нарушений необходимо выполнять проектирование и корректирование геодезической разбивочной основы с учетом расчетной зоны влияния строящегося объекта.

Теоретическая и практическая значимость работы

Разработаны научно-обоснованные принципы геодезического обеспечения при строительстве зданий и сооружений в условиях наличия зон тектонических нарушений. Показано различие величины зоны влияния от строящегося объекта при наличии зоны тектонических нарушений от случая однородного грунтового массива. Полученные результаты дают основу для развития теоретических исследований в направлении более глубокого изучения массива горных пород как главного фактора устойчивого и безопасного строительства и эксплуатации различных объектов. Практическая значимость работы состоит в разработке методики проведения геодезических работ при строительстве зданий и сооружений в условиях наличия зоны тектонических нарушений.

Достоверность и обоснованность научных положений и рекомендаций обеспечивается корректной постановкой исследовательских задач, тщательным планированием эксперимента, использованием соответствующего целям и задачам исследования математического аппарата, применением аттестованных измерительных средств, апробированных методик измерения и обработки данных с оценкой точности измерений. Результаты исследований согласуются с выводами, полученными разными исследователями, независимо от разработок автора.

Практическое использование результатов работы

Выводы и рекомендации работы целесообразно использовать в геодезических, строительных и проектных организациях, а также в учебном процессе при обучении студентов по специальности 21.05.01 «Прикладная геодезия», в том числе в Горном университете. Внедрение результатов работы предполагается в геодезических фирмах Вьетнама и России (ЗАО «Геодезические приборы», ООО «БЕНТА», ООО «Экоскан»).

Апробация работы

Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на: международной конференций IOP (Институт физики, интернет конференция) «Материаловедение и инженерия» (2019); международной конференций «строительство и архитектура: теория и практика инновационного развития» (САТРИД 2019); международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования», (2019, Пенза); международной научно-практической конференции «Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности», (2017, Уфа); XXX международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы науки» (2017, Москва); ежегодных научно-технических советах и конференциях молодых специалистов строительного факультета Горного университета. Выводы диссертации обсуждались также в ведущих геодезических организациях Санкт-Петербурга и на заседаниях кафедры инженерной геодезии Горного университета.

Личный вклад автора

Автор активно участвовал на всех этапах диссертационной работы. Автору принадлежит детализация постановки задач, исследования и их решение. В частности, им самостоятельно: проведены расчеты зоны тектонических нарушений в различных условиях и построены зоны влияния; выполнена оценка точности геодезической разбивочной сети; выбраны объекты, на которых продемонстрирована эффективность предлагаемых рекомендаций.

Публикации

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 9 печатных работах, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 1 статье - в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus.

Объем и структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, изложенных на 109 страницах машинописного текста. Диссертация содержит 51 рисунок, 10 таблиц, список литературы из 123 российских и зарубежных наименований.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА О ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

1.1 Общие положения

В соответствии с нормативным документом [96, 97] при обнаружении инженерными изысканиями опасных техноприродных или природных проявлений, производятся специальные геодезические наблюдения за строящимися объектами. Эти наблюдения проводятся по схемам, разрабатываемым с соблюдением нормативных рекомендаций, далее выполняют измерения по деформационным маркам смещений охраняемого объекта и путем пересчета их на деформации сравнивают последние с предельными величинами. В развитии данного подхода весьма эффективным представляется оценивать влияние (процесс распространения) природных и техноприродных процессов на охраняемый объект. Таким образом, появляется возможность заблаговременно исключать возникновение опасных (предельных) деформаций в здании или сооружении. Речь идет о контроле не только самого объекта, но и земной поверхности или основания здания и сооружения, по которому идет передача деформационного процесса (опасности) на охраняемый объект. В этой связи следует отметить, что для некоторых объектов даже небольшие деформации могут оказаться предельными, приводящими к аварийному состоянию (например, старые здания, специализированные объекты и т.д.). В этой связи возникает актуальная задача рассмотрения в дополнении к традиционным наблюдениям влияния самих источников возмущений или элементов среды, изменяющих привычные условия. Таким образом, предлагается изучение системы «земная поверхность - сооружение».

Регламентация наблюдений за деформациями оснований зданий и сооружений производится в соответствии с нормативно-методическими документами [22, 87, 94, 96, 97]. В этих документах приведен полный перечень необходимых геодезических работ. В частности, в [87] приведена схема, где

показано расположение (расстояние) грунтовых реперов от строящегося сооружения (рисунок 1.1).

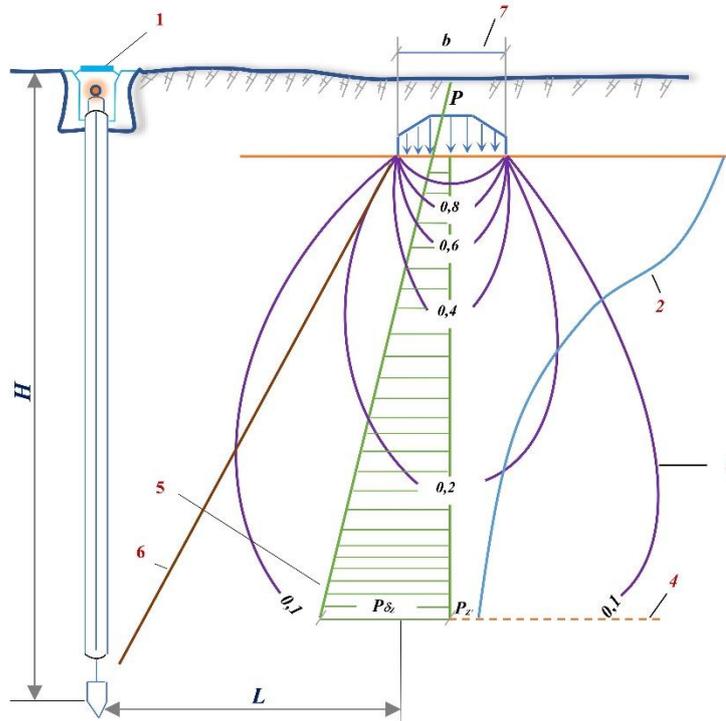


Рисунок 1.1 – Схема расположения исходного репера и эпюр распределения напряжений в грунтовом массиве, вследствие строительства здания

1- грунтовый репер; 2 - эпюра давления в грунтах от фундамента; 3 - изобары в долях давления P ; 4 - граница сжимаемой толщи; 5 - эпюра распределения природного давления; 6 - плоскость, проведенная от грани фундамента; 7 - ширина ленточного фундамента

В соответствии с нормативом [96] исходные (глубинные) реперы располагают за зоной влияния от строящегося здания (см. рисунок 1.1). При их заложении вблизи здания для обеспечения их устойчивости, последние заглубляют ниже границы промерзания или зоны сжимаемости толщи грунтов. Минимальное расстояние грунтового репера от здания или сооружения должно быть не менее 50 м. Ограничивается и максимальное расстояние - 100 м.

В соответствии с нормативно-техническими документами [95-97] к опасным природным и техноприродным процессам, которые исследуются при проведении инженерно-геодезических изысканий, относятся: склоновые

процессы, карст, переработка берегов рек, морей, озер и водохранилищ, подвижки земной поверхности в районах разрывных тектонических смещений (РТС), деформации (смещения, наклоны) земной поверхности на подрабатываемых территориях (при подземном строительстве, откачке подземных вод, нефти, газа и т. п.) и подтопляемые территории.

В районах развития опасных природных и техноприродных процессов дополнительно к инженерно-геодезическим изысканиям, выполняемым в соответствии с требованиями основных разделов, могут проводиться изыскательские работы и исследования, задачами которых являются:

для участков нового строительства - оценка на основе материалов инженерных изысканий возможности строительства проектируемого объекта, разработка дополнительных защитных мероприятий, обеспечивающих безопасность строительства и эксплуатации возводимых сооружений и охрану окружающей среды;

для существующих объектов - оценка на основе материалов инженерных изысканий состояния территории, геодезическое обеспечение составления прогноза изменений окружающей среды в процессе локального мониторинга на участках исследований этих изменений, обоснование разработки мероприятий по инженерной защите объекта от опасных природных и техноприродных процессов.

Инженерно-геодезические изыскания в районах развития опасных природных и техноприродных процессов включают:

сбор и анализ материалов инженерных изысканий (исследований) прошлых лет, топографо-геодезических, картографических, аэрофотосъемочных и других материалов и данных;

рекогносцировочное обследование территории (площадки, участка), выявление признаков проявления и развития опасных природных и техноприродных процессов, нанесение их элементов на существующие или вновь создаваемые топографические карты и инженерно-топографические планы;

определение состава, объемов, периодичности и продолжительности инженерно-геодезических изысканий на исследуемом участке;

разработку программы (технического проекта) выполнения инженерно-геодезических изысканий (схем геодезических сетей, конструкций знаков и центров), методики измерений и обработки получаемых результатов и т.п.;

закладку геодезических знаков (центров) и другой контрольно-измерительной аппаратуры (КИА);

метрологический контроль применяемых приборов и измерительных средств;

производство геодезических измерений;

камеральную обработку результатов геодезических измерений (предварительная обработка, уравнивание, оценка точности), оценку происходящих процессов (обеспечение прогнозирования, сравнение измеренных деформаций и ожидаемых изменений);

составление технического отчета о выполненных инженерно-геодезических изысканиях (сводный или периодические отчеты, пояснительные записки о результатах измерений за определенные промежутки времени).

Состав геодезических измерений (наблюдений), местоположение геодезических знаков и места установки контрольно-измерительной аппаратуры на исследуемой территории, требования к точности определения деформаций (смещений, кренов) и периодичности наблюдений определяются с участием специалистов геологических, гидрогеологических и гидрометеорологических подразделений организаций (служб).

Для исследований опасных природных и техноприродных процессов следует создавать специальные геодезические сети, включающие опорные и деформационные пункты.

Оценка характера (интенсивности) и закономерности развития исследуемых процессов выполняется по результатам периодических измерений, позволяющих определять изменение координат и высот деформационных пунктов (горизонтальные и вертикальные перемещения).

Измерения в специальных геодезических сетях должны обеспечивать определение перемещений пунктов (точек) в самом слабом месте сети с точностью, позволяющей определять деформации, вызванные проявлением опасных природных и техноприродных процессов.

Методики геодезических измерений следует разрабатывать (устанавливать) исходя из проекта геодезической сети и расчетов точности измерения элементов в сети (углов, длин сторон, превышений и т.п.).

Выделяются [96] районы современных разрывных тектонических смещений. Геодезические наблюдения за деформациями земной поверхности в районах развития современных разрывных тектонических смещений (РТС) выполняют с целью выявления РТС, получения количественных характеристик тектонических движений, оценки и прогнозирования их развития, а также для слежения за РТС в период строительства и эксплуатации технически особо сложных и уникальных (I и II уровней ответственности в соответствии с ГОСТ 27751-88 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету) предприятий и сооружений для обеспечения условий их безаварийного функционирования.

Геодезические наблюдения за развитием РТС следует проводить также на территории построенных объектов, если они ранее не выполнялись, а в процессе эксплуатации возникли предположения о влиянии тектонических факторов на устойчивость и надежность сооружений.

Геодезические наблюдения в районах развития РТС должны выполняться в комплексе со структурно-геоморфологическими и геофизическими исследованиями.

Наблюдения, выполняемые геодезическими методами, являются основными для количественной оценки РТС.

На основе геодезических наблюдений должны быть определены и выявлены: активность (скорость) РТС и ориентировка смещений (подвижек) по ним. По результатам комплекса наблюдений должен быть составлен прогноз развития этих смещений на будущее.

Подчеркивается, что наблюдения за РТС следует выполнять как в горных районах, так и в равнинно-платформенных областях (в том числе там, где РТС фиксируются на глубинах 0,2 - 1,0 км и более от поверхности земли). В горных и равнинно-платформенных областях вертикальные движения могут быть высокоградиентными (свыше 50 мм/год), короткопериодичными (от 0,1 года до первых лет), пространственно локализованными (от 0,1 км до первых десятков км) и обладать стабильной, пульсационной или знакопеременной скоростью и ориентировкой.

Точность геодезических измерений в районах современных тектонических смещений следует устанавливать с учетом предельно допустимых деформаций проектируемых сооружений.

Предельно допустимый крен в основании реакторных отделов АЭС составляет 0,001, а при особых воздействиях 0,003.

Установлены [94, 96] предельно допустимые (за весь срок службы сооружений) деформации в основании объектов массового строительства не должны превышать: относительное горизонтальное сжатие или растяжение - 1 мм/м, радиус кривизны - менее 20 км, наклон - 3 мм/м, уступ - 1 см (согласно СНиП 2.01.09-91); относительная неравномерность осадок - 0,006, крен фундамента - 0,005 (согласно СНиП 2.02.01-83).

Смещения, превышающие перечисленные величины, считаются опасными для сооружений.

При создании (сгущении) опорных геодезических сетей в районах развития РТС следует учитывать ориентировку разрывных зон, их строение, наличие и характер разрывного и трещинного оперения, направление разрывных смещений.

Изучение разрывных структур и смещений производится геолого-геоморфологическими и геофизическими методами.

Даются рекомендации по проведению геодезических измерений. Для выявления разнопериодических РТС следует их проводить один раз в 3 - 6 месяцев, желательно в сезоны со сходными и наиболее стабильными

погодными условиями. Для выявления кратковременных импульсных подвижек геодезические измерения должны выполняться с интервалами до нескольких часов.

Инженерно-геодезические изыскания по выявлению и прогнозу опасных РТС, как правило, включают следующие этапы:

региональные исследования на территории перспективного освоения для выявления, изучения и оценки зон активных разрывов и тектонически стабильных участков;

исследования на конкурирующих вариантах строительных площадок с целью изучения их тектонического строения, трассировки разрывов, изучения строения разрывных зон, оценки амплитуд, скоростей и ориентировки РТС;

исследования на выбранных для строительства площадках (стадии проект и рабочая документация), а также в процессе строительства объекта и в эксплуатационный период.

При региональных исследованиях или (при отсутствии этого этапа) исследованиях на конкурирующих вариантах строительства производятся сбор и анализ:

геолого-геоморфологических и геофизических материалов, аэро- и космоснимков, используемых для выявления и характеристики строения разрывных нарушений и определения ориентировки и величины относительного смещения тектонических блоков (крыльев разрыва) в регионе;

геодезических данных и материалов изысканий прошлых лет, которые могут быть использованы для оценки РТС (сети нивелирования I и II классов и плановые геодезические сети 1 и 2 классов, в которых выполнены повторные наблюдения; стационарные наблюдения на локальных участках с оценкой точности и обследованием сохранности, надежности пунктов геодезических сетей) и для включения во вновь создаваемые геодезические сети.

Геодезические сети для исследований развития РТС в горных районах могут создаваться путем: локальных плановых и высотных построений (линейные, створные, спутниковые, нивелирование) по линиям, пересекающим

вкрест каждое разрывное нарушение, в которых протяженность линий может составлять от сотен метров до нескольких километров, а количество пунктов на линии - по два и более на каждом борту разрыва. При этом для контроля один и тот же разлом следует пересекать двумя линиями. Нивелирные знаки должны располагаться также в разрывной зоне (в подзонах сместителя и на тектонических клиньях);

локальных линейно - угловых построений вдоль разлома и его оперений (отдельные геодезические четырехугольники, цепочки из двух или нескольких треугольников).

Локальные геодезические построения (сети) при предпроектных региональных исследованиях или на более поздних стадиях допускается связывать между собой в общую сеть региона. Необходимость связи в каждом конкретном случае должна обосновываться в программе изысканий в зависимости от задач исследований.

В равнинно-платформенных районах с погребенными разрывами, как правило, следует создавать нивелирные построения в виде сплошной сети полигонов с периметром 20 км и более и с расстоянием между реперами 0,2 - 1 км.

При исследованиях на выбранном участке строительства целесообразно использовать для геодезических измерений создаваемые в этот период разведочные штольни, пересекающие разрывное нарушение, выполняя в них линейные и створные измерения, а также нивелирование.

В период строительства и подготовки к сдаче объекта в эксплуатацию должен создаваться окончательный вариант геодезической сети.

На крупных объектах создаваемая геодезическая сеть может образовывать геодинамический полигон, охватывающий прилегающие к объекту разрывные нарушения, особенно с РТС. При этом построения геодинамического полигона необходимо связывать с сетью наблюдений за сооружениями объекта.

Рекомендуется [19, 96,] геодезические работы на геодинамических полигонах следует выполнять в соответствии с требованиями методических

указаний "Геодезические методы изучения деформаций земной коры на геодинамических полигонах", ЦНИИГАиК, 1985.

Подробное описание нормативных положений приведено для обозначения важности учета геологической структуры оснований зданий и сооружений. Вместе с тем приведенные выше регламентации работ относятся к РТС - районам современных разрывных тектонических смещений. Однако и в районах, где отсутствуют современные РТС могут быть обнаружены зоны тектонических нарушений (ЗТН), которые на рассматриваемый период могут быть неподвижными. Но при техногенном воздействии, например строительство зданий в условиях интенсивного освоения наземного и подземного пространства, они могут являться аттрактором процесса смещения. Кроме того, даже само наличие ЗТН делает массив (основание зданий и сооружений) неоднородным с наличием протяженной зоны с механическими свойствами на порядок отличающимися от основного массива. Только это обстоятельство должно в обязательном порядке учитываться при строительстве зданий и сооружений и, конечно, при геодезических наблюдениях.

В последние годы большое внимание ученые стали уделять геологическим нарушениям или так называемым геопатогенным зонам [3, 6, 32, 33, 62, 82, 84, 89, 110, 111]. Последние, как правило, приурочены к разломам (геологическим нарушениям разрывного типа). Разломы или карты разломов уже используются в ряде крупных городов при планировании, развитии и прогнозировании ситуаций. Так, например, составлена карта разломов (структурно-тектоническая схема) Санкт-Петербурга (см. рисунок 1.2).

Карты разломов разрабатываются и используются уже во многих странах и городах [30]. Негативное влияние ЗТН признается многими учеными. Иногда в ЗТН отмечают выделение вредных газов, жидкостей, загрязнение почвы. Важно отметить, что эти зоны отличаются по своим характеристикам от интегральных механических свойств всего рассматриваемого грунтового массива.

При освоении месторождений полезных ископаемых ЗТН давно учитываются [41, 46, 86]. Более того, эти зоны относят к опасным на предмет разных динамических проявлений горного и газового давлений. При оценке влияния подземных горных работ на земную поверхность ЗТН особо выделяют, как зону, где возможны уступы и провалы земной поверхности.

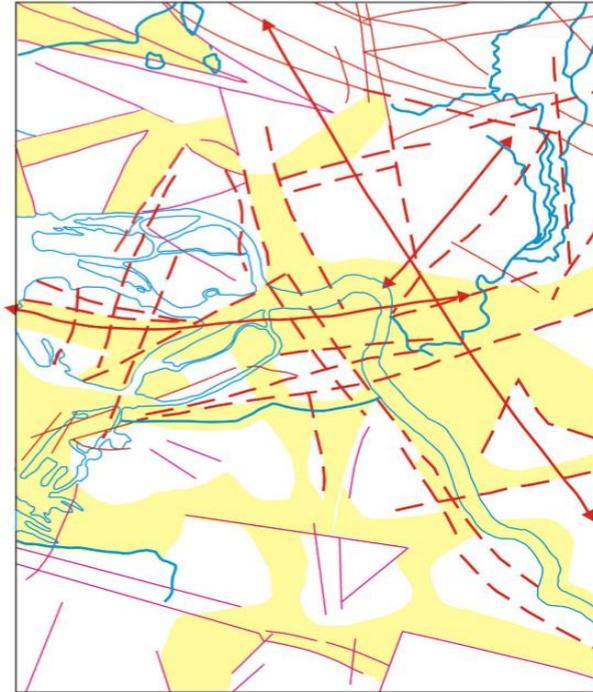


Рисунок 1.2 – Схема разломов Санкт-Петербурга
(по Л.Г. Кабакову, Е.К. Мельникову, Б.Г. Дверницкому)

В статье [7] отмечается, что разломы представляют собой один из главных источников прихода в аварийное состояние и разрушение различных объектов. Подчеркивается, что генезис глубинных разломов имеет длительную историю и характеризуются многоэтапным развитием и многие до настоящего времени находятся в активном состоянии. Делается вывод, что разломы весьма сильно влияют на ландшафт территории.

Зоны разрывных нарушений (ЗТН) – это непосредственно сместитель (разлом) и грунтовой массив вмещающий разлом. С учетом генезиса образования разлома, массив в его окрестности по своим механическим характеристикам, отличается от пород, расположенных за условной границей

влияния разлома. В этой связи ЗТН подвержены проявлению в них различных геологических процессов: карсты, овраги, русла рек и т.д. [3, 7, 26, 30].

В окрестности разломов (ЗТН) зачастую фиксируются сдвиги земной поверхности, которые оказывают негативное влияние на различные природные и техногенные объекты. Нередко эти деформации приводят к аварийным ситуациям как гражданских зданий, так и промышленных объектов. [54, 81].

В прошлом столетии было установлено природное явление: радоновые аномалии. Была установлена линейная зависимость их выделений с активизацией разломов [21]. Изучение этой взаимосвязи и вреда на окружающую среду стало основой для появления нового направления исследований в геологии - структурно-геодинамическому картированию (СГДК) [6, 21, 83, 84].

Во многих странах при градостроительстве и освоении территорий предусмотрено изучение и картирование зон, опасных по радоновым проявлениям [21, 26, 54]. В частности, все большее внимание ученых Украины и России уделяется проблеме выявления зон экологического риска, в их число входят зоны разрывных нарушений земной поверхности. Учитывая важность вопроса, в Украине построена карта масштаба 1:5000000, на которой выделены зоны экологического риска [9].

В статье [55] приводятся результаты исследований последних десятилетий, которые свидетельствуют, что в земной коре в пределах материков, обнаруживается сеть разломов. Эти разломы образуют иерархическую блочную структуру земной коры. При этом блоки могут иметь размер до десятков километров. Эти разломы могут быть обнаружены различными методами. По мнению авторов [55] наиболее эффективный из них - это использование метода дистанционного зондирования Земли с последующим обработкой данных аэрокосмической съемки и их сравнении с геолого-геофизическими материалами.

Показательными также являются и материалы исследований белорусских ученых [25]. По космоснимкам установлены различные по размеру линейные

структуры (линеаменты), которые свидетельствуют о наличии следов тектонических процессов. Делается вывод о связи следов на земной поверхности с глубинными разломами. Причем поднимаются материалы, свидетельствующие о периодах активизации в различные геологические эпохи этих разломов. Показаны примеры дешифрирования, на которых отчетливо выделены разломы, генезис которых происходил при растяжении земной коры и в результате их ширина варьирует от 10 до 50 км (рисунок. 1.3). Подчеркивается важный вывод в аспекте настоящей диссертации: в этих разломных зонах, особенно на пересечении линеаментов обнаруживается высокая трещиноватость земной коры, т.е. зона существенно отличается по своим свойствам от вмещающего грунтового массива.

Зоны разломов земной коры оказывают большое влияние на жизнедеятельность человека и, в частности, на строительство и эксплуатацию инженерных сооружений [103]. На III Международной научно-практической конференции по дистанционному зондированию природной среды (ноябрь 2006 г.) показано, что количество аварий на автодорогах происходит больше в тех местах, где трассу пересекают системы разломов (геопатогенные зоны). Кроме того, ураганы и смерчи прошлых лет были направлены преимущественно вдоль новейших геодинамических зон земной коры и аномалий магнитного и гравитационного полей Земли [103].

Зоны тектонических нарушений (разломов), безусловно, следует учитывать вблизи различных ответственных объектов. К их числу следует в первую очередь отнести энергетические, химические комплексы и горнодобывающие предприятия. К слову сказать при освоении месторождений полезных ископаемых (рудники, шахты) ЗТН учитываются, шахтерам известно их вредное влияние и работы в зонах влияния строго регламентированы.

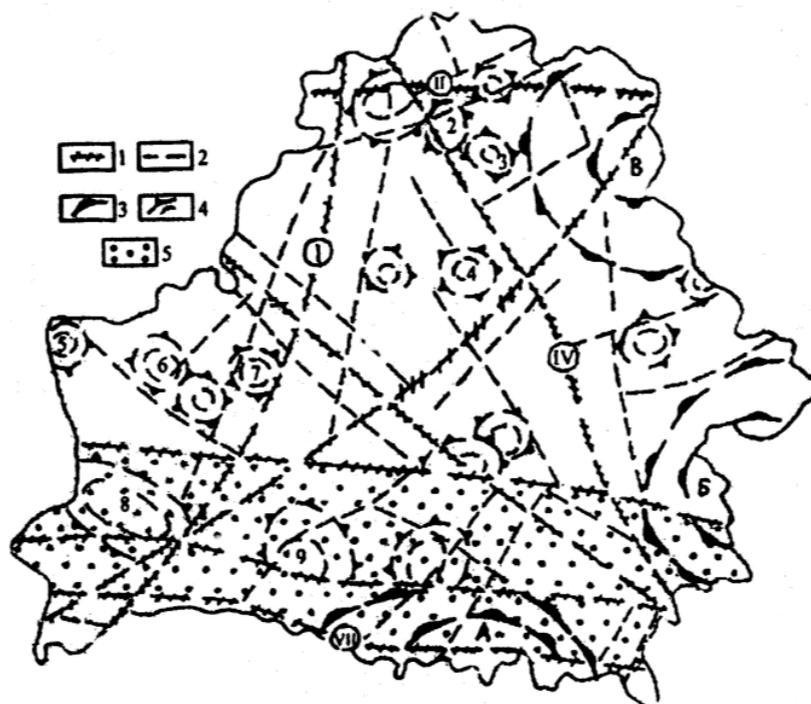


Рисунок 1.3 – Схематическая карта зон тектонических нарушений территории Беларуси

1 - супер-региональные линеаменты: I - Балтийско-Украинский, II - Полоцко- Курземский, III - Брестско-Велижский, IV - Двинско-Черниговский, V - Ошмянско- Речицкий, VI - Северо-Припятский, VII - Южно-Припятский; 2 - региональные и локальные линеаменты; 3 - кольцевые мега-структуры: А - Полесская, 2 - Ветринская, 3 - Ушачская, 4 - Борисовская, 5 - Гродненская, 6 - Щучинская, 7 - Новогрудская, 8 - Березовская, 9 - Лунинецкая; 5 - фрагмент зоны Сарматско-Туранского трансконтинентального линеаменты

В работе [103] на основе анализа различных аварий, делается заключение о существенном влиянии при этом ЗТН. Особо подчеркивается необходимость обеспечения безопасных условий при строительстве различных объектов. Приводятся возможные последствия влияния ЗТН. Заслуживает внимание градуировка возможных последствий. Это коррелируется с темой настоящих исследований, направленных на учет ЗТН. В дальнейшем в ходе установления степени влияния появится возможность определения мер по уменьшению или исключению негативных процессов.

Особенное внимание уделено обеспечению безопасности эксплуатации АЭС. В этой связи вызывает повышенную озабоченность тот факт, что в районе Игналинской АЭС, расположенной в приграничной с Россией зоне, обнаружен

активный разлом [84]. Кроме того, разлом как бы пророс сложной сетью разного ранга разломов. Это говорит о том, что район массива горных пород имеет блочную структуру. Это, безусловно, усложняет меры по контролю за деформированием массива горных пород и земной поверхности. В то же время разработка мер необходима в связи с функционированием опасного объекта.

В работе [91] делается вывод о том, что по настоящее время существует и давит над другими, мнение о слабом звене при возникновении различного рода аварий – это, так называемый человеческий фактор, или как его еще завуалировано называют техногенный фактор. Вместе с тем проанализировав более 2000 данных об авариях делается вывод, что до 90% связаны с природным фактором или еще более конкретно, они произошли в зонах влияния активных разломов. Приводятся численные данные. Так, например, при эксплуатации магистральных трубопроводов, начиная с 1986 по 2002 гг. произошло 43 аварии. При этом в 9 авариях линию трассы пересекали активные разломы. Примерно такая же ситуация наблюдается и на российских трубопроводах. В последние годы получены принципиально новые данные. Установлено, по результатам исследований [91], что активность разломных зон, выраженная в деформациях, имеет скорости 50-70 мм в год. При этом считалось ранее, что они не превышают 1-5 мм в год. Особенно отмечается, что максимальная активность разломных зон фиксируется в, казалось, неподвижных платформенных зонах Балтийского щита.

Приведенные примеры показывают рельефно роль тектонических нарушений (ЗТН) в процессе деформирования грунтового массива, что непременно следует учитывать при строительстве и эксплуатации разных промышленных объектов, а также при инженерно-геодезических изысканиях.

Следует также признать существенным в рамках проводимых исследований выводы работы [67, 105]. В этой работе отмечается, что существующая проработка условий строительства требует совершенствования. Рекомендация к учету геодинамики при освоении территорий соотносится к изучению тектонических нарушений или ЗТН, что подчеркивает их важность

при изысканиях и строительстве, обеспечивая повышение в первую очередь безопасности ведения работ [67].

Уже имеется достаточно научных работ, показывающих негативное влияние разломов на устойчивость различных инженерных и природных объектов. Такие исследования проводились в России, Белоруссии, Вьетнаме и др. странах. На рисунке 1.4 приведена фотография (Гликман А.Г. в книге Зоны тектонических нарушений) бывшего управления Санкт-Петербургского порта, построенного вблизи ЗТН. Отмечается, что здание построено на территории со сложной геологической структурой, включающей разломы.



Рисунок 1.4 – Здание управления порта (Санкт-Петербург)

В этой связи можно привести примеры, когда строительство в ЗТН не приводило к аварийной ситуации. Так, например, футбольный стадион Донбасс Арена построен на разломной территории. Кроме того, участок строительства проработан подземными горными выработками. Однако, прежде чем построить стадион выполнен комплекс научно-исследовательских работ (с участием ВНИМИ), которые обеспечили безопасные условия строительства. Этот пример

говорит о том, как важно разработка нормативных положений, регламентирующих работы в ЗТН.

по данным А.Е. Довжикова и др., 1965; Чан Ван Чи и др., 1977; Нгуен Нгок Тху, 1987, очень остро рассматриваемый вопрос стоит во Вьетнаме в связи с бурным строительством в районе города Ханой, где имеются разломы (см. рисунок 1.5).

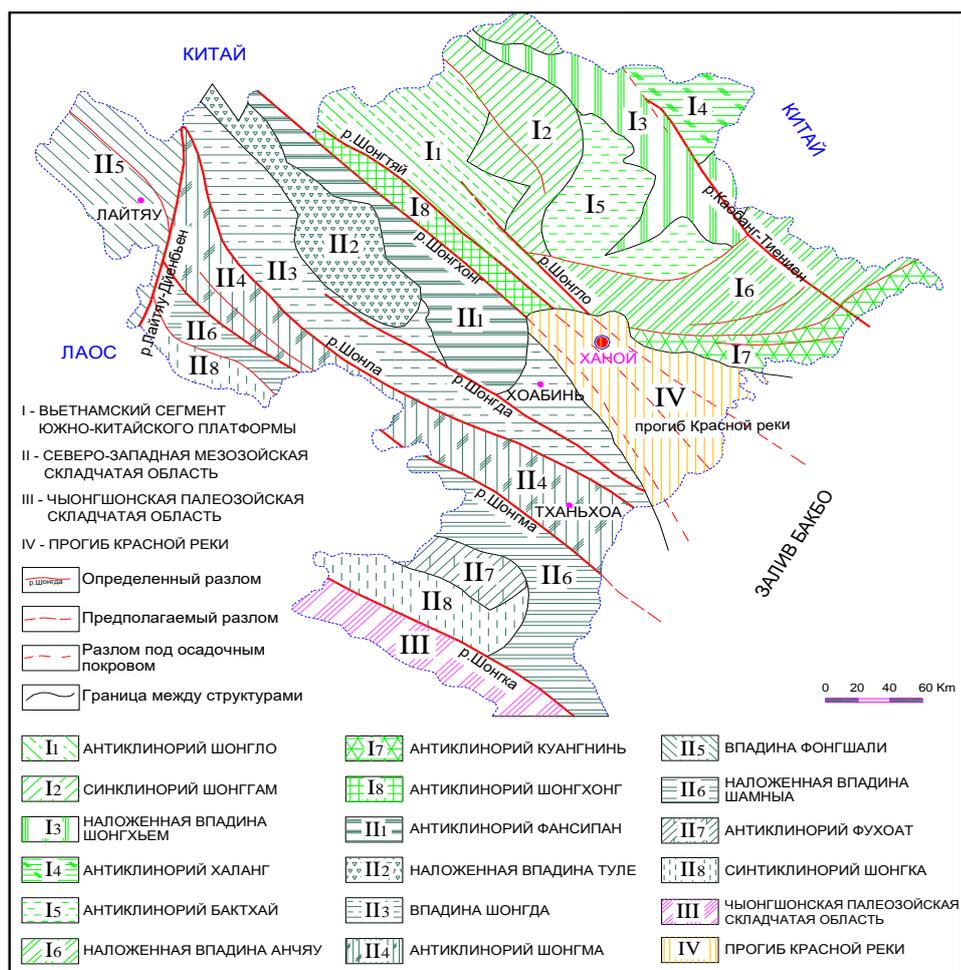


Рисунок 1.5 – Схема тектонического районирования территории Северного Вьетнама

В последнее время уже больше половины людей живут в городах. В тоже время за последние 10 - 15 лет количество опасных природных и технологического процессов в городских районах увеличилась на 50 - 60% [46]. Это свидетельствует о необходимости большего внимания вопросам безопасного строительства.

1.2 Деформации зданий и сооружений, виды и причины их возникновения

При изучении деформационного процесса необходимо приведение видов деформации зданий и сооружений в соответствии с терминами [5], которые подразделяются на:

Осадки - деформации, происходящие в результате уплотнения грунта под воздействием внешних нагрузок и в отдельных случаях собственного веса грунта, не сопровождающиеся коренным изменением его структуры;

Просадки - деформации, происходящие в результате уплотнения грунта под воздействием как внешних нагрузок и собственного веса грунта, так и дополнительных факторов, таких, как, например, замачивание просадочного грунта, оттаивание ледовых прослоек в замерзшем грунте и т.п.;

Подъемы и осадки - деформации, связанные с изменением объема некоторых грунтов при изменении их влажности или воздействии химических веществ (набухание и усадка) и при замерзании воды и оттаивании льда в порах грунта (морозное пучение и оттаивание грунта);

Оседания - деформации земной поверхности, вызываемые разработкой полезных ископаемых, изменением гидрогеологических условий, понижением уровня подземных вод, карстово-суффозионными процессами и т.п.;

Горизонтальные перемещения - деформации, связанные с действием горизонтальных нагрузок на основание (фундаменты распорных систем, подпорные стены и т.д.) или со значительными вертикальными перемещениями поверхности при оседаниях, просадках грунтов от собственного веса и т.п.

Провалы - деформации земной поверхности с нарушением сплошности грунтов, образующиеся вследствие обрушения толщи грунтов над карстовыми полостями или горными выработками.

В результате возникновения критических значений перечисленных деформаций могут произойти разрушения в конструкциях здания и полностью приход его в аварийное состояние.

В нормативном документе [94] приведены предельные деформации для сооружений, превышение которых недопустимо.

Для контролирования деформационного процесса выполняют геодезические наблюдения, суть которых выявление величин деформаций и сравнение их с предельными (см. таблица 1.1 - Предельные деформации основания фундаментов объектов нового строительства, приложение 4 (Свод правил)).

1.3 Методики геодезических наблюдений за осадками оснований сооружений

Нормативные положения по наблюдениям изложены в [22, 87].

В соответствии с этими документами (Руководство) [22, 87], измерение вертикальных перемещений (осадок, просадок, подъемов) оснований и фундаментов может выполняться геометрическим, тригонометрическим, гидростатическим нивелированием, фотограмметрическим способом.

Геометрическое нивелирование заключается в определении превышения одной точки над другой при помощи горизонтального луча визирования и отвесно установленных в этих точках реек.

Тригонометрическое нивелирование состоит в определении превышения одной точки над другой путем измерения угла наклона визирного луча и расстояния от инструмента до точек визирования.

Измерения вертикальных перемещений (осадок, подъемов и т. д.) делятся на три класса. Требуемая точность определяет выбор класса измерения и соответствующего метода проведения работ. Точность измерения осадок, подъемов характеризуется средней квадратической ошибкой, полученной из двух циклов измерения: для I класса ± 1 мм; II ± 2 мм и III ± 5 мм.

Точность измерения вертикальных перемещений предписывается техническим заданием, составляемым проектно-изыскательской или научно-исследовательской организацией, исходя из принятых в проекте расчетов величины осадок.

I классом измеряют осадки оснований и фундаментов зданий и сооружений, построенных на скальных и полускальных грунтах, а также уникальных сооружений.

II классом измеряют осадки и подъемы любых зданий и сооружений, построенных на сжимаемых грунтах.

III классом измеряют осадки и просадки любых зданий и сооружений, построенных на насыпных, просадочных, заторфованных и других сильносжимаемых грунтах.

В каждом отдельном случае класс измерения выбирается в зависимости от предварительно рассчитанной в проекте величины ожидаемой осадки за весь период существования здания или сооружения. Применение того или иного метода измерения может корректироваться в процессе проведения первых трех циклов измерения и выяснения скорости протекания осадок оснований и фундаментов данного сооружения. Предварительный расчет измерения осадок фундаментов сооружений приведен в таблице 1.1, где дано условное разделение грунтов в основании на песчаные и глинистые в зависимости от расчетной величины осадки, полученной из проекта и вычислены средние квадратические ошибки осадки

Таблица 1.1 - Расчет измерения осадок фундаментов сооружений

Расчетная величина осадки, мм	Средняя квадратическая ошибка измерений осадки в одном цикле, мм, для периода			
	строительного		эксплуатационного	
	грунты			
	глинистые	песчаные	глинистые	песчаные
50	1	1	1	0,5
100	1	2	1	0,5
150	2	3	2	1
200	3	4	3	1
250	3	5	3	1
300	4	6	4	2

Реперы должны размещаться: вне проездов, складских территорий, оползневых склонов, свежих насыпей, торфяных болот, подземных выработок и карстовых образований; на расстоянии, исключающем влияние вибрации от работающих в зданиях или сооружениях машин (молотов, шаровых мельниц и т. п.); в местах, где возможен в течение всего срока наблюдений беспрепятственный и удобный подход к реперам с рейкой.

Реперы рекомендуется располагать в газонах, скверах, в местах, где отсутствуют подземные коммуникации. Реперы глубинные устанавливаются при измерении осадок нивелированием I класса.

Количество глубинных реперов должно быть не менее двух. При наблюдении за осадками фундаментов особо ответственных сооружений количество глубинных реперов должно быть не менее трех для одного сооружения.

Для развития нивелирной сети устанавливают грунтовые и стенные реперы. Количество реперов должно обеспечивать необходимую точность измерения.

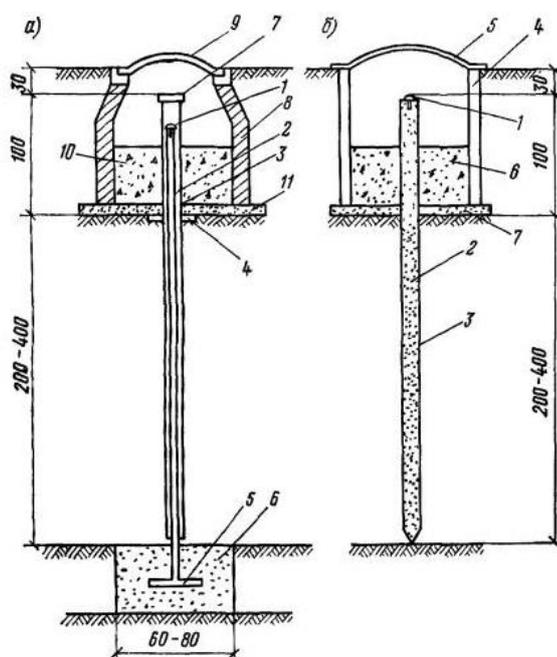


Рисунок 1.6 – Грунтовые реперы

a - трубчатый: 1 - реперная головка \varnothing 2-4 см; 2 - реперная труба, \varnothing 7-8 см; 3 - защитная труба, \varnothing 12-15 см; 4 - хомут для удержания защитной трубы; 5 - анкерный лист; 6 -

бетонная подушка; 7 - крышка; 8 - кирпичный или бетонный (сборный) колодец; 9 - люк с крышкой; 10 - шлак; 11 - бетонная подготовка

б - свайный (устанавливается забивкой или котлованным способом ниже глубины промерзания на 1-2 м): 1 - реперная головка, \varnothing 2-4 см; 2 - свая; 3 - толь или рубероид при установке в котловане или битумная обмазка при забивке; 4 - кирпичный или бетонный (сборный) колодец; 5 - люк с крышкой; 6 - шлак; 7 - бетонная подготовка при установке в котлован

При измерении осадок нивелированием II и III классов допускается использование только грунтовых реперов (рисунок. 1.6), а также реперов, заложенных в стенах зданий и сооружений. Количество грунтовых реперов должно быть не менее трех, стенных - не менее четырех.

Для характеристики устойчивости исходных реперов в простых нивелирных ходах при наблюдении за осадкой одиночных зданий или сооружений и установке не более трех реперов критерий неподвижности их M в мм может определяться из формулы (1.1):

$$M \leq m_{с.п} \sqrt{2n} \quad (1.1)$$

где n - количество станций;

$m_{с.п}$ - средняя квадратическая ошибка превышения на одной станции для I класса $\pm 0,15$ мм, для II класса $\pm 0,5$ мм, для III класса ± 1 мм.

В Руководстве [22, 87] приведено детальное описание производства нивелировочных работ. Показаны примеры размещения деформационных марок (см. рисунок 1.7).

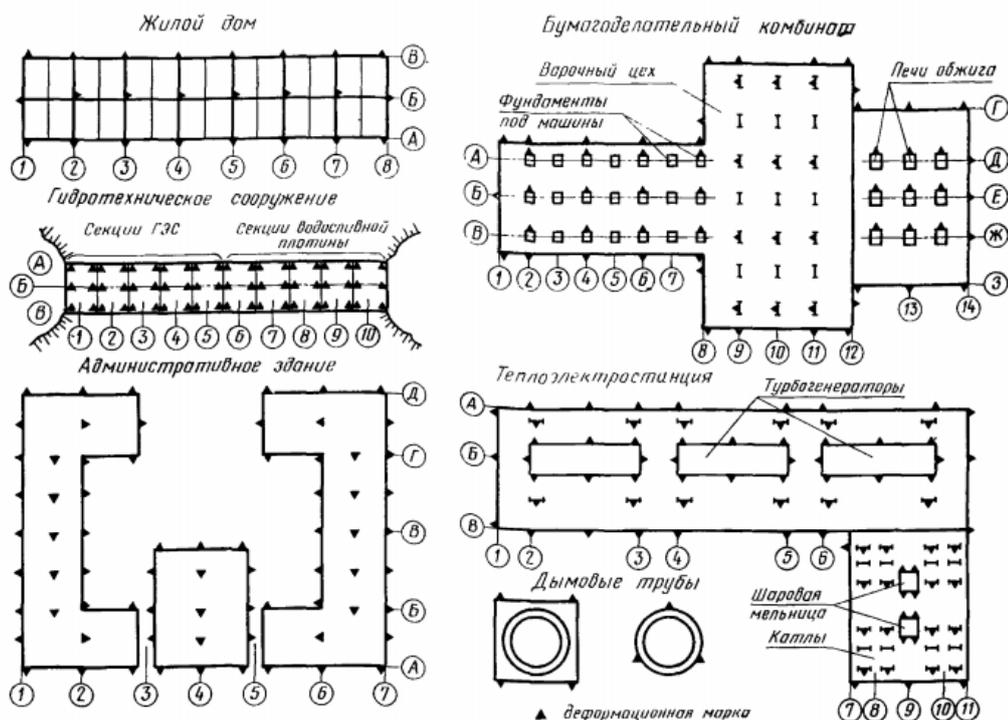


Рисунок 1.7 – Примеры расположения деформационных марок на зданиях и сооружениях

Вместе с тем нет справочного материала о возможном влиянии геологического строения грунтового массива и конкретно где располагать грунтовые репера при наличии ЗГН.

Достаточно полно освещен вопрос о традиционных и современных способах геодезических измерений в статье [5]. Описаны классические методы геодезических измерений, дано представление о современных приборах и технологиях. Обзор приурочен к вопросу определения деформаций мостов. В данной статье рассмотрены условия организации геодезического мониторинга обского моста вблизи г. Барнаула. Принято использовать традиционные геодезические методы наблюдений за деформациями, в частности применен метод геометрического нивелирования.

В практике геодезических измерений большую нишу занимают определение кренов сооружений и горизонтальные смещения. Последние могут относиться как к элементам конструкций, так и основаниям фундаментов сооружений. Смещения точек сооружения, в частности, в горизонтальные, определяют как разность координат, фиксируемых в смежных циклах

наблюдений. Для обеспечения измерений в единой системе координат создают опорную геодезическую сеть. Плановые смещения могут быть определены в двумерном или в линейном виде [38]. При этом для определения смещений применяют линейно-угловые измерения или створные методы соответственно.

Наиболее широко применяемые сегодня приборы, это электронные тахеометры (ЭТ) и цифровые нивелиры (ЦН). Современные ЭТ - это универсальный измерительный прибор, который фактически наделен функциями основных видов измерений: горизонтальные, вертикальные углы и расстояния. ЭТ представляет собой объединение теодолита, дальномера и даже нивелира. Электронная начинка с микропроцессором делает его мобильным и перспективным измерительным средством. ЭТ сегодня это смесь компьютера и измерителя. Кроме того, функции позиционирования и лазерного сканирования в некоторых моделях определяют тенденцию к его становлению как истинно универсального геодезического прибора. В свете настоящей темы безусловно ЭТ это основной прибор, который будет использован для наблюдений за деформациями.

Если ЭТ универсальное геодезическое средство измерений, то лазерный сканер - это геодезический прибор с качественно другим видом измерений, характеризуемый как многоточечные измерения. Лазерный сканер (ЛС) [47, 93] – это, можно сказать, модифицированный ЭТ с функцией площадного регулярного автоматизированного измерения координат окружающих поверхностей (отражателей) или проще сканирования. Главное достоинство ЛС – это многоточечность измерений. С помощью ЛС эффективно создавать цифровые модели в 3D формате. Достоинства ЛС - большая скорость от 5000 измерений в секунду и их плотность до десятков точек на 1 см² поверхности. Лазерное сканирование со временем будет весьма востребовано во многих областях науки и техники. Этот спектр весьма широк. Можно лишь сказать, что там, где требуется модель, эффективнее лазерного сканирования средства трудно найти. В итоге достаточно сказать, что врывающееся в жизнь ВМ-технологии – это во многом развитие лазерного сканирования.

Метод геометрического нивелирования

Традиционные наблюдения за деформациями зданий и сооружений в основном связаны с геометрическим нивелированием. В работе [116] приведена схема расположения осадочных марок и нивелирных ходов (см. рисунок 1.8). В Руководстве [87] описаны общие обязательные подходы к наблюдениям при отсутствии ЗТН.

На практике способ геометрического нивелирования для оценки деформационного процесса реализуется путем периодического высокоточного нивелирования осадочных марок 1, 2, 3, ..., 20 (рисунок 1.8). В качестве опорных (исходных) знаков (высотной основы) служат глубинные реперы (Гл.Рр, рисунок 1.8), которые закладывают в коренных породах. Для контроля их положения и (устойчивости) их должно быть не менее трех.

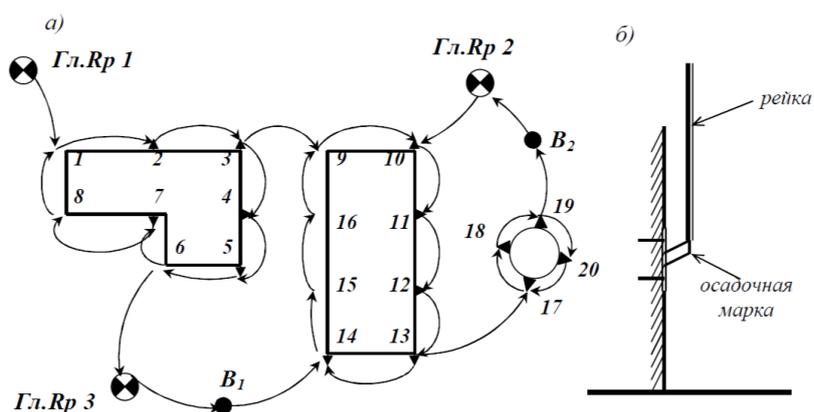


Рисунок 1.8 – Схема проектирования деформационной сети (а) и конструкция осадочной марки (б)

Путем применения специальных способов определения наиболее устойчивого исходного репера обеспечивается точность и надежность контроля всей деформационной сети. Интересно отметить, что точное определение осадок позволяет использовать этот метод и для оценки кренов различных сооружений. На рисунке 1.9, показана схема к определению крена башни (рисунок 1.9, а). Также путем нивелирования осадочных марок, установленных в основании высокой мачты (рисунок 1.9, б) возможно определение общей ее деформации.

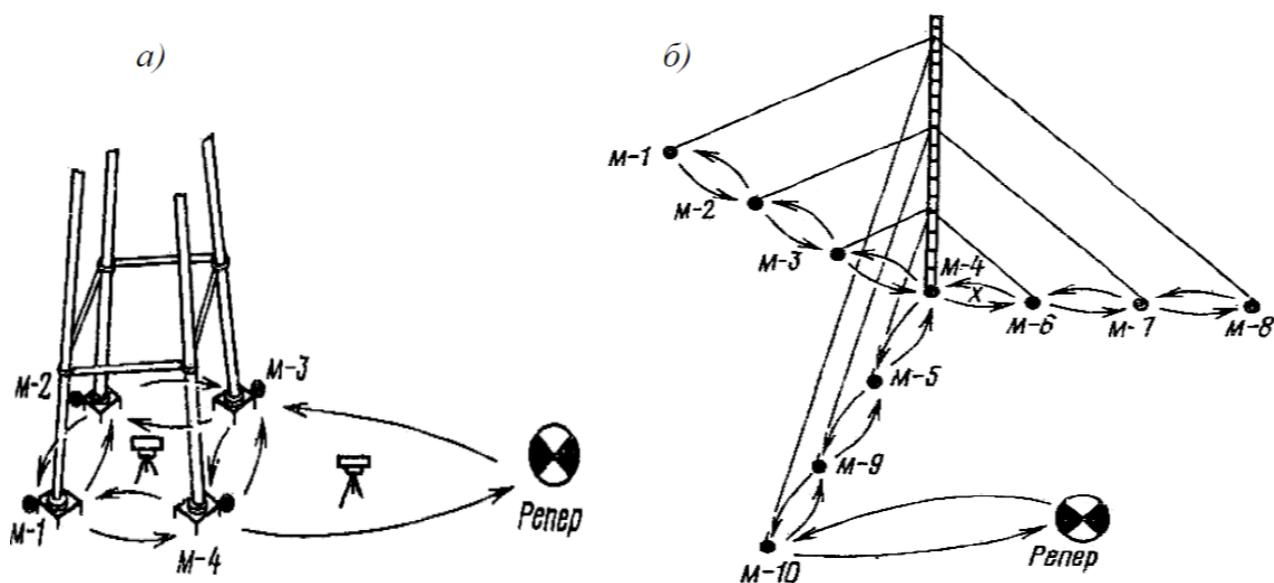


Рисунок 1.9 – Типовая схема оценки и контроля осадок башни (а)
и основания мачты (б)

В соответствии с нормами, регламентирующими допуски кренов [35], предельно допустимая величина разницы отметок между соседними углами фундамента для башен четырехугольной формы не должна превышать 0,001.

Для выявления уравненных высотных и плановых координат геодезические измерения обрабатывают с помощью специальных программ. После чего можно сделать соответствующие выводы о величине вертикальных и плановых деформаций. Основные методы наблюдения за деформациями позволяют определить относительные перемещения точек и их абсолютную величину по отношению к неподвижным знакам геодезической основы [5].

В первом способе измеряют расстояния между точками на линии створа последовательно, точки (А и В) являются неподвижными точками створа. В способе створов линию створа располагают перпендикулярно к направлению движения грунтов. Способ горизонтальных углов используется в зоне сдвижения грунтов и горных пород. Горизонтальные углы измеряют относительно исходного направления. Пространственные смещения (плановые и высотные) в основном определяются в случаях подработки для мульды сдвижения. Это метод является наиболее точным и распространен среди

геодезистов и специалистов. Наблюдения выполняются с использованием высокоточных нивелиров.

Для наблюдений за основанием сооружений в их цоколе через определенные расстояния закладывают осадочные контрольные реперы (марки). Для крупного сооружения наблюдения производятся за поведением дна котлована. Для этого нужно закладывать глубинные марки (рисунок 1.10), затем выполняется нулевой цикл нивелирования (3–4 дня после закладки марок), повторно наблюдений выполняются периодически каждое 3 месяца [43]. Как видно из рассмотрения рисунок 1.10 и здесь (см. рисунок 1.10) также не учитывается ЗТН.

Метод спутниковых определений

В последние годы спутниковые технологии эффективно применяются для оценки деформационных процессов.

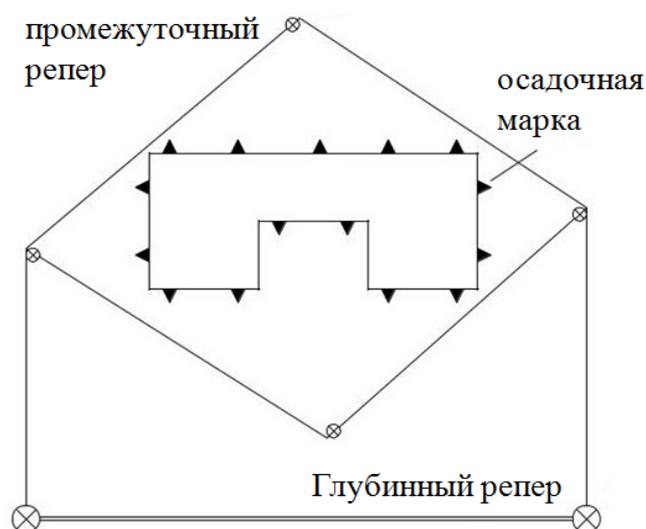


Рисунок 1.10 – Схема деформационной сети

Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) - это инструментарий, с помощью которого с относительно высокой точностью определяются координаты любой точки на земной поверхности. При этом используется полностью электронный способ измерений, без наведения на определенные точки, как это используется при наземных измерениях.

ГНСС состоит из трех сегментов: космического, наземного и пользовательского [98]. Космический сегмент представлен группировкой

спутников, передающих информацию о своем положении на орбите. Наземный сегмент состоит из станций, осуществляющих мониторинг и контроль положения спутников. Пользовательский сегмент – это спутниковые приемники для их позиционирования на земной поверхности.

С использованием ГНСС-технологии выполняются мониторинговые наблюдения за состоянием различных объектов на земной поверхности. Существуют много примеров ее использования [12, 25, 31, 39, 41, 62, 80]. Высокая точность измерений (до миллиметрового диапазона) позволяет использовать спутниковые технологии практически во всех сферах инженерной деятельности. Единственное препятствие их широкого использования их стоимость.

Современный уровень развития науки и техники позволил впервые определить координаты и параметры движения объекта с использованием спутниковых технологий. ГНСС-технологии измерений принципиально изменили традиционную технологию геодезических работ. Опишем ее преимущества: перманентность измерений; результаты получаются в единой системе координат; точность измерений; не требуется видимости между деформационными марками и исходными пунктами; наблюдения возможно выполнять в любую погоду и в любое время суток; конфигурация геодезической сети может быть любая.

Благодаря спутниковым технологиям стало возможно оперативно получать информацию о деформациях земной поверхности на территориях в пределах от нескольких метров до десятков километров. При исследовании деформаций породного массива с применением GPS оборудования необходимо следить на следующие факторы: прием радиосигнала от 8 и более спутников при коэффициенте PDOP меньше 4, измерений выполняются в статическом режиме, продолжительность сеанса наблюдений в зависимости от требуемой точности [84].

Важное заключение в контексте настоящей работы высказывается в работе [84]. При выполнении мониторинга и когда наблюдаемый объект

находится вблизи с разломом (ЗТН), весьма важно оценивать величину смещений. Предлагается устанавливать несколько базовых станций и регулярно оценивать длину линий между станциями. По этим данным можно оценивать относительные смещения базовых станций и соответственно перемещение изучаемого объекта.

1.4 Общие сведения о геологических разрывных нарушениях

Что же представляют собой разломы? На рисунке 1.11 показаны основные схемы разломов (тектонических нарушений).

В нашем случае, при рассмотрении влияния разломов следует указать на существенное уточнение в понимании разломов как зон тектонических нарушений. Именно так они трактуются в нормативной литературе [96]

Тектонические нарушения описываются геологическими службами на разных стадиях освоения территорий.

Для выявления геологической картины разломов успешно применяют метод геодинамического районирования недр. Этот метод широко используются в прогнозах о состоянии геологической среды и рисков освоения новых площадей и горизонтов действующих шахт и рудников. Работы по геодинамическому районированию недр выполняются на двух основных этапах: установление местоположения потенциально геодинамических опасных участков на основе структурно-геологического анализа; проведение комплекса геофизических, горно-геометрических и геодезических наблюдений на потенциально опасных участках в целях уточнения их границ и дифференциации по степени геодинамической активности [86].

На основании результатов геодинамического районирования недр на месторождениях полезных ископаемых планируются, проектируются и строятся все наземные и подземные сооружения, в том числе производится эксплуатации шахты. Геодинамическое районирование недр включает проведение следующих мероприятий [86]:

- выделение блочной структуры горного массива и ее элементов;
- выделение активных разломов;

- оценку напряженного-деформированного состояния горного массива;
- выделение тектонических напряженных зон;
- прогнозирование проявления опасных процессов на различных участках угольных пластов.

О современной геодинамической активности структурных категорий можно судить по установленным или предполагаемым их кинематическим характеристикам, и оцениваемым визуально на снимках или топографических картах на основе комплексов геоморфологических признаков.

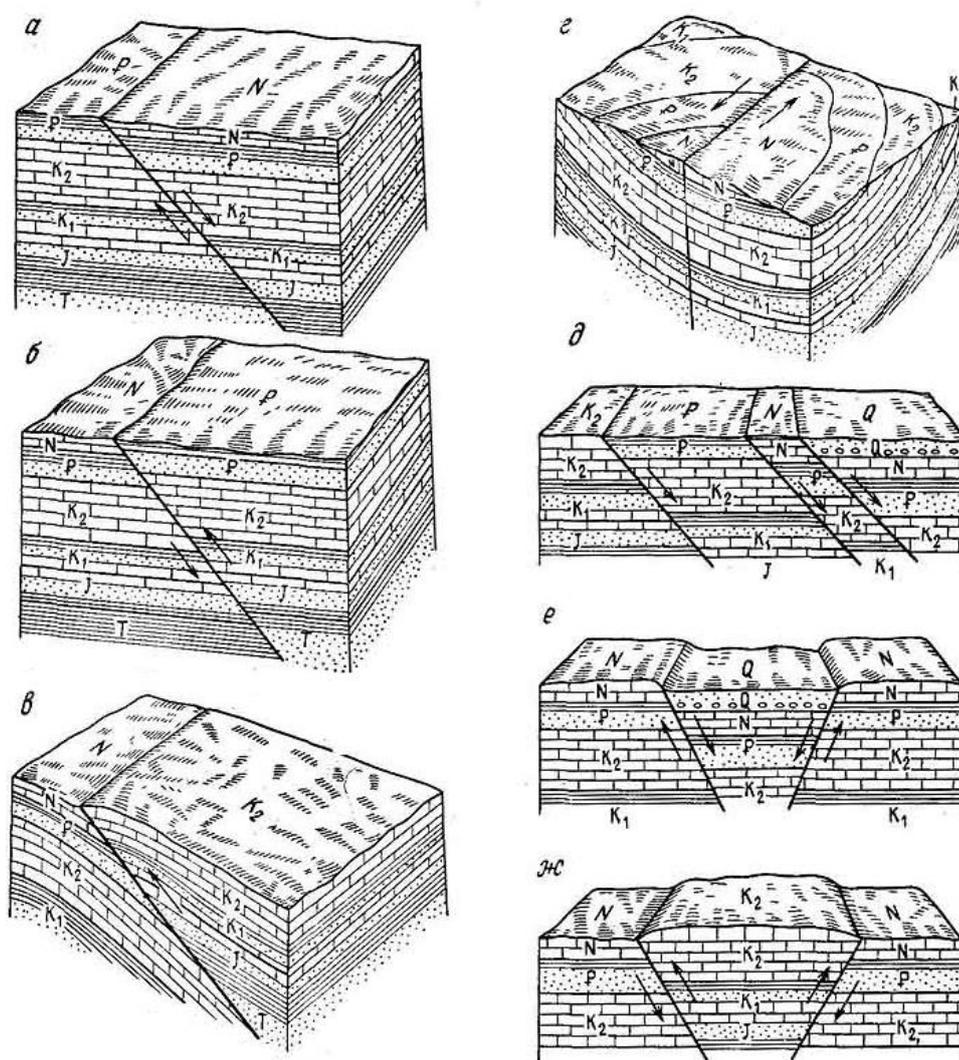


Рисунок 1.11 – Дизъюнктивные дислокации (виды тектонических нарушений):

а – сброс, б – взброс, в – надвиг, г – сдвиг, д – ступенчатый сброс, е – грабен, ж – горст

Геодезические измерения дают возможность определить как собственно деформации, так и направления перемещения блоков [39]. В свою очередь эти

величины позволяют определить в целом напряженно-деформированное состояние блочной системы. Для безопасного освоения месторождений полезных ископаемых эти данные чрезвычайно актуальны, так как они позволяют делать прогнозы возможных разрушений, в том числе в динамической форме. Примерное картирование блочной структуры представлено на рисунке 1.12.

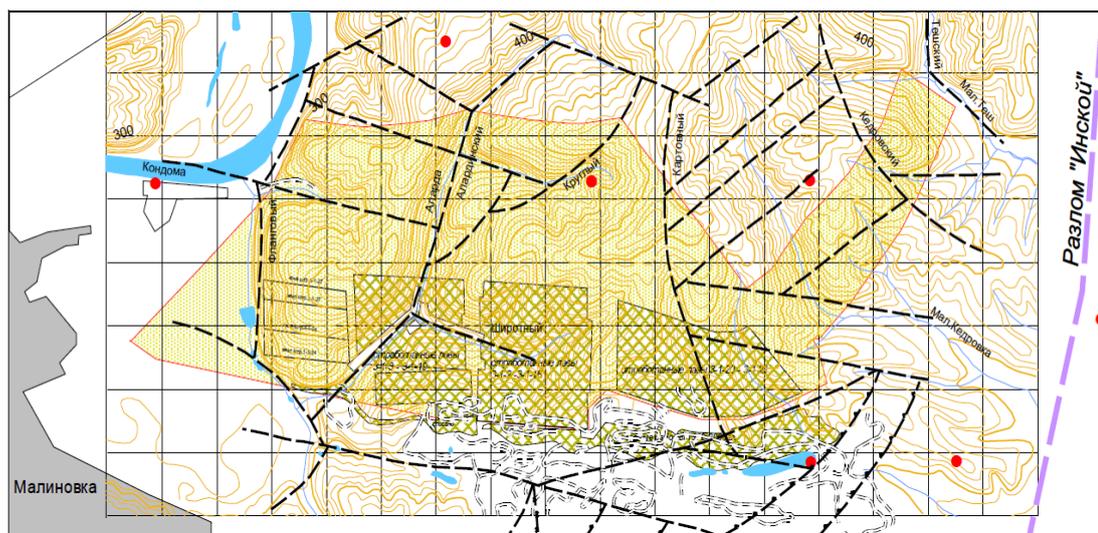


Рисунок 1.12 – Детальное геодинамическое районирование участка территории

Рассмотрение метода геодинамического районирования показано для подчеркивания важности учета геологической структуры массива горных пород и земной поверхности при решении различных инженерных задач.

1.4.1 Сведения о геологическом строении и тектонических нарушениях территории Северного Вьетнама

Во Вьетнаме разломные зоны стали изучать с 1962 года. В основном интерес представляет район Красной реки, приуроченный к Ханойскому прогибу [17, 74]. В итоге проведенных исследований разработана схема главных геологических нарушений (разломов, рисунок 1.13). Район Красной реки поделен на 3 зоны. Первая – расположена между разломом Шонгтяй и заканчивается на западе, где сопряжена с областью неогеновых отложений; Вторая – находится в центральной части, где наиболее низкие отметки (Ханойская область), она располагается между разломами Шонгтяй и Шонгло в

долине реки Ло; Третья – занимает северо-восточную область, ее границами служат разлом Шонгло и территория неогеновых отложений.

по результатам исследований Ву Динь Чинь (1977); К.В. Гладкому (1981); Нгуен Мань Тхьонг (1985) как следует из рассмотрения схемы (см. рисунок 1.13) территория Ханоя характеризуется интенсивным проявлением тектонических процессов, что обусловило неоднородность породного массива и его изрезанность тектоническими разломами, разного ранга. В ходе специальных исследований обнаружена также разная активность этих разломов, в зависимости от их ранга (размера): от сотен микронов до десятков мм в год [36, 37, 66, 70, 76, 92]. Конечно, подвижность породного массива не могла не сказаться на инженерных коммуникациях и различных сооружениях. Обнаруживаются также оползни склонов рек и обвалы. Причем породы вблизи разломов характеризуется повышенной трещиноватостью [66, 70, 92, 110]. В документах зафиксировано обоснование влияния тектонических трещин на инженерные сооружения, возводимые в подземном пространстве.

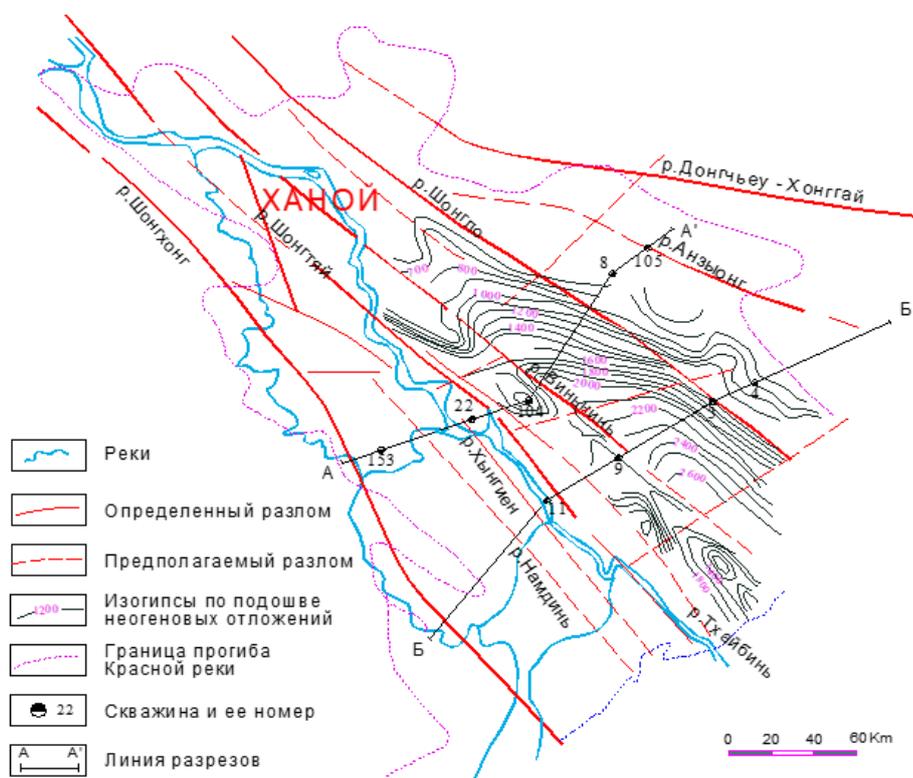


Рисунок 1.13 – Схема главных тектонических разломов (ЗТН) в районе Красной реки

Кроме того, ряд исследователей склоняются к мнению, что интенсивное изрезанность разломами Ханоя способствует укрупнению масштаба разрушений при землетрясениях, которые довольно часто происходят в этом регионе.

1.4.2 Чувствительные зоны и землетрясения Ханоя

По данным исследований [70, 71, 76, 92] в Северном Вьетнаме обозначены девять сейсмоактивных зон (по исследованиям Нгуен Динь Суен и др., 2006) (рисунок 1.14).

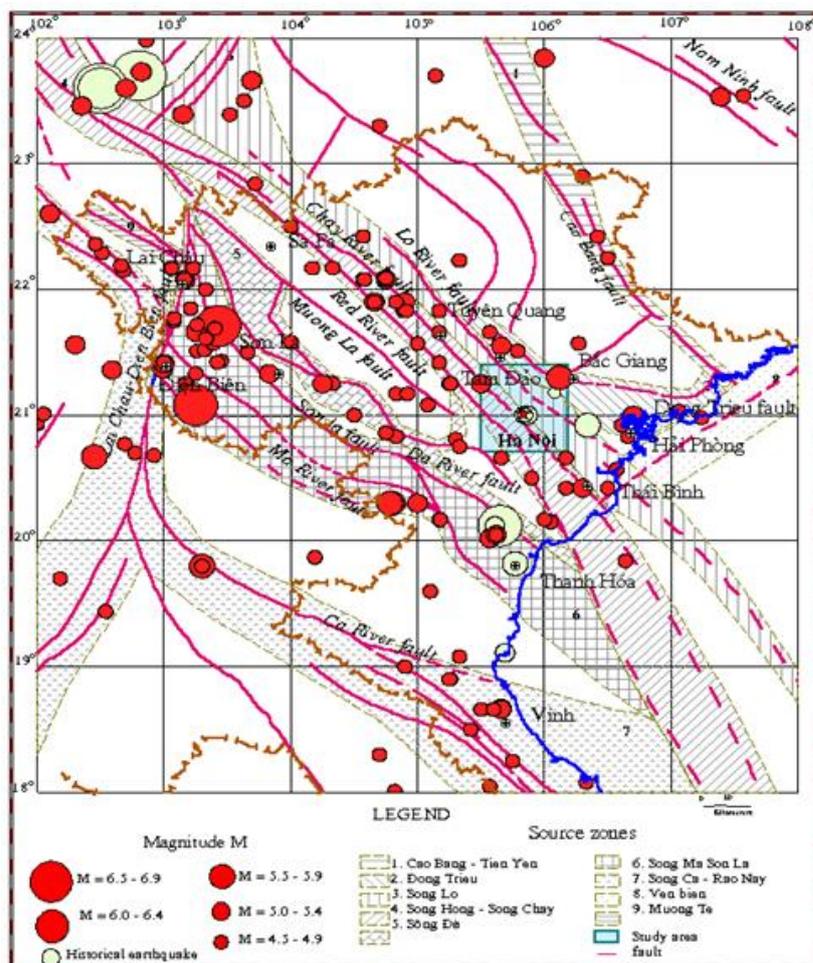


Рисунок 1.14 – Карта происшедших землетрясений на территории Северного Вьетнама

1 - Сейсмогенная зона Каобанг - Тьениен; 2 - Зона Донгчъеу; 3 - Зона реки Ло (Шонгло); 4 - Зона рек Красной - Чай (Шонгхонг-Шонгчай); 5 - Зона реки Да (Шонгда); 6 - Зона реки Ма Шонла (Шонгма-Шонла); 7 - Зона реки Ка - Раонау (Шонгка-Раонау); 8 - Зона приморья; 9 - Сейсмогенная зона Мьонгтэ

□ Изучаемая территория — Тектонический разлом

Институтом Физики Земли СРВ проведены крупномасштабные исследования, в результате которых определены эпицентры и сейсмичность происшедших землетрясений [70]. Установлено, что эпицентр землетрясений, которые произошли в районе рек Красной и Чай, располагался на глубине не более 20 км. Это позволяет путем сопоставления геологических структур исследовать механизм конкретных землетрясений. В этой связи интересны точки зрения на этот счет различных групп ученых. Превалирует мнение о том, что землетрясения происходят в результате трения пород вдоль плоскостей разломов, включая современные разрывные нарушения. Ряд ученых считает, что эпицентры землетрясений возникают там, где концентрируются напряжения, вызванные тектоническими подвижками. Эти зоны могут быть не связаны с разломами. Если опираться на суть этих двух позиций, то полученные прогнозные карты землетрясений будут существенно отличаться друг от друга. Практика - критерий истины. В этой связи необходимы убедительные свидетельства и безусловно продолжение исследований. Мнение автора в этой проблеме, что сместители разломов обладают меньшей сопротивляемостью при подвижках в земной коре, поэтому роль разломов безусловно существенна в развязывании и проявлениях землетрясений. Относительно рассматриваемой тематики роль разломов (ЗТН) в строительстве и изысканиях также прослеживается в связи со значительным изменением структуры массива пород в зонах разломов.

В подтверждении существенной связи разломов и землетрясений приведем некоторые результаты исследований [36, 64, 70, 73, 76, 81].

Установлено, что районы, где имели место сильные проявления землетрясений на территории Вьетнама приурочены к разломам. Причем наблюдается закономерность, что чем выше интенсивность разрывных структур, тем сильнее разрушения. На рисунке 1.15 показаны разломы и очаги землетрясений. Видно, что эпицентры располагаются вдоль разломов. Причем разрушения имеют выраженный характер распространения вдоль разломов.

Важным аспектом в рассматриваемом вопросе является в какой состоянии сейчас находятся зоны Вьетнама, где обнаружены разломы. По мнению специалистов в работе [76] делается вывод о продолжении тектонических движений блоков земной коры. Разломы в этом процессе создают определенную направленность, что совокупно необходимо исследовать.

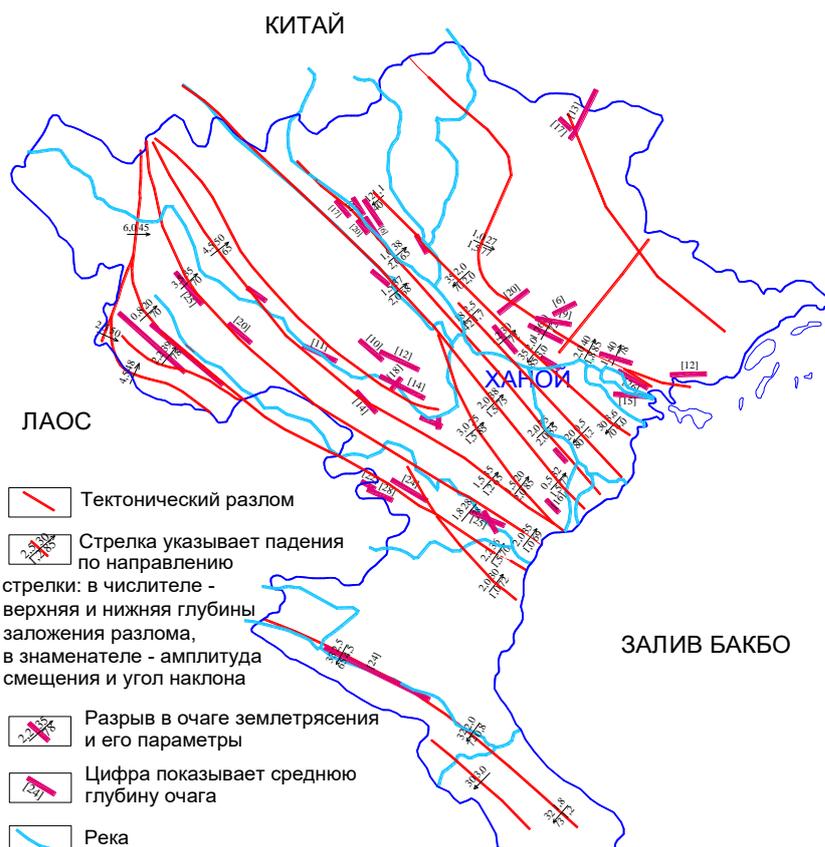


Рисунок 1.15 – Схема разломов и землетрясений на территории Северного Вьетнама

Предвестниками ухудшения условий и образования фазы возможного землетрясения можно считать усиление интенсивности процесса трещинообразования и подвижек земной коры, которое может быть весьма ощутимой. На территории реки Красной вот уже более 30 лет фиксируются и подвижки и усиление трещиноватости, что говорит о необходимости как в продолжении проведения исследований прогноза опасности относительно землетрясений, так и повышенного внимания к строительству разных объектов в зонах тектонических нарушений [37, 71, 73, 74, 92, 109].

1.5 Предпосылки к оценке влияния геологических разрывных нарушений на деформации земной поверхности

Оценка деформационного процесса только за счет геодезических измерений это существенное ограничение возможностей геодезиста и сдерживание развития методов контроля безопасных условий. Следует подчеркнуть важные принципы, которыми руководствуются опытные специалисты при выполнении геодезических измерений: надо знать, что мы измеряем (какой процесс), зачем (что контролируем) и как (методика, точность). Геодезист должен быть уверен в правильности измерений и их точности. В этой связи присущая геодезисту прерогатива выполнения наблюдений за деформациями зданий и сооружений обязывает глубже изучать процесс, который он наблюдает. В противном случае мы становимся обществом с ограниченной ответственностью. Рассматриваемая тема диссертации ровно прикладывается к отмеченным аспектам.

Значительный вклад в развитие методов геодезического обеспечения и наблюдений за деформациями зданий и сооружений при строительстве внесли такие ученые как: Ассане А.А., Афонин Д., Брынь М.Я., Волков В.И., Ганьшин В. Н., Гуляев Ю.П, Зайцев А.К., Кафтан, В.И., Колмогоров В.Г., Коугия В.А., Машимов М.М., Мазуров Б.Т., Нгуен Х.В., Панжин А.А., Столбов Ю.В., Стороженко А.Ф., Шеховцов Г.А., Ямбаев Х.К. и др. В представленных работах в той или иной степени затрагиваются вопросы темы настоящих исследований, что только повышает необходимость их решения. Следует отметить, что вопросами учета свойств и состояния грунтового массива отмечены в работах проф. Столбова Ю.В., Волкова В.И., Панжина А.А. и др. [2, 4, 10-12, 16, 17, 18, 27, 27, 34, 51, 53, 57, 61, 63, 77, 100, 114, 116]

Основной целью мониторинга является определение величин и характера деформаций для применения подходящих мер, которые обеспечат предотвращение негативного развития процесса существующих здании и сооружений.

Оценка деформационного процесса пород и земной поверхности может быть осуществлена путем моделирования. Для изучения ЗТН путем моделирования деформированного состояния грунтового массива требуется определить его параметры: механические свойства и размеры. Основными механическими характеристиками при изучении деформирования грунтов является их упругость и прочность. По данным ряда исследований зоны тектонических нарушений представляю собой весьма трещиноватую структуру. Прочность трещиноватых пород существенно ниже монолитных образцов. Такой же изменчивостью характеризуется и упругость пород. По данным целого ряда исследователей [2, 3, 6, 7, 14, 19, 21, 29, 30, 34, 35, 41, 42, 59, 62, 64, 73, 74, 81, 82, 84-86, 106, 110, 111, 115] упругость трещиноватых пород или массив в контактных областях может на порядок отличаться от монолита. Для примера приведем результаты исследования прочности пород (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Зависимость временного сопротивления сжатию пород от степени их трещиноватости (МГУ, 1965)

Породы	Временное сопротивление сжатию образцов, 10^5 Па		
	с ожелезненным и макротрещинами	с микротрещинами	монолитные
Роговики и сильно ороговикованные массивные сланцы	580 – 930 (10)	1100 – 2120 (20)	2690 – 3370 (5)
Сланцы сильно рассланцованные	230 – 2250 (49)	550 – 4320 (70)	2830 – 4370 (5)

Примечание. В скобках дано число определений.

Видно, что прочность может быть более чем в 5 раз ниже при наличии трещин. По результатам исследований ряда исследований [2, 35, 41, 42, 49, 58, 59, 62, 111, 120, 121] определен диапазон величин механических характеристик для моделирования, который составил такие значения: модуль упругости в ЗТН может варьировать от десятков МПа до единиц ГПа в зависимости от степени трещиноватости (раздробленности пород в ЗТН). Размеры (мощность) ЗТН

также может составлять десятки метров, но может измеряться единицами метров. В итоге если для моделирования взять с запасом упругость ЗТН 0,5 ГПа, а мощность принять изменяющейся от 10 - 20 м, то моделируя деформации земной поверхности, получаем величины что называется по минимуму, т.е. если принять упругость меньшим модулем и мощности больше, то деформации будут значительно больше.

Приведенные выкладки направлены на решение, пожалуй, главного рассматриваемого вопроса: где располагать опорные пункты (репера) при организации наблюдений в неоднородном массиве и тем более при наличии разломов. Напомним, что в нормативном документе (Свод правил, рисунок 1.16) показана схема расположения грунтового (опорного) репера. Как видно эта схема не включает ЗТН, что сегодня можно считать существенным ограничением ее использования.

Для оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород широко используются хорошо известный в среде инженеров метод конечных элементов (МКЭ) [2, 33, 57]. Главные шаги и программные модули при реализации МКЭ состоят в следующем:

1. Построение моделей объекта;
2. Дискретизация рассматриваемой области на элементы. Фактически главная операция МКЭ. Возможно применение алгоритмов типа Делоне [38] или регулярных сеток;
3. Описание уравнений связи как по геометрическим факторам (деформации и перемещения), так и механическим (закон Гука, нелинейное деформирование и т.д.);
4. Описание свойств элементов;
5. Описание граничных условий;
6. Формирование и решение систем уравнений;
7. Интерпретация и визуализация результатов моделирования.

С математической точки зрения МКЭ является одним из вариантов вариационных методов на основе метода конечных элементов достаточно

хорошо разработан [2, 33, 57]. Конкретная реализация МКЭ для оценки влияния ЗТН рассматривается во второй главе.

1.6 Выводы по главе 1

Из приведенного описания рассматриваемого вопроса при наблюдениях за осадками оснований зданий и сооружений учет ЗТН просто необходим. Методика геодезических наблюдений должна включать построение схем проведения наблюдений подобно методикам, изложенным в нормативно-методических источниках [22, 87], но с учетом ЗТН.

Здесь следует заметить, что в последние годы развиваются методы оценки деформационных процессов, основанные на определении смещений деформационных марок относительно устойчивых элементов деформационной сети [5, 55, 58-60, 62, 63, 111, 116, 120]. Получается, что деформационная сеть, включает в себя и опорные пункты и деформационные марки. Но и применение таких методов тоже нуждается в определении области влияния строящегося объекта в условиях ЗТН для эффективного расположения деформационной сети.

Приведенные схематизации наиболее распространенных тектонических нарушений, позволяют построить расчетные схемы и определить на основе моделирования зоны влияния строящихся объектов в условиях наличия ЗТН.

Оценка влияния ЗТН весьма необходима и для большего понимания и ее учета при создании геодезической разбивочной основы (ГРО). Важность обусловлена тем обстоятельством, что при традиционном подходе при создании ГРО по мере возведения объекта возможно смещение пунктов ГРО, которые надо в обязательном порядке отслеживать.

Таким образом, на основе анализа состояния изученности рассматриваемого вопроса обоснована и актуальна тема диссертации: Геодезические наблюдения за деформациями зданий и сооружений с учетом зон тектонических нарушений

Для разработки методики геодезических работ в условиях ЗТН требуется решение следующих задач:

- Оценка деформированного состояния земной поверхности с учетом зон тектонических нарушений и строящегося объекта для определения зоны его влияния в неоднородном грунтовом массиве.

- Разработка методики построения геодезических схем наблюдений за деформациями зданий (сооружений) и разбивочной основы.

- Адаптация разработанной методики на проектируемых объектах вблизи зон тектонических нарушений во Вьетнаме.

ГЛАВА 2 ДЕФОРМИРОВАНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВБЛИЗИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ НАЛИЧИИ ЗОН ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

2.1 Описание задачи

Оценка деформационного процесса земной поверхности при условии наличия в грунтовом массиве ЗТН представляет собой самостоятельную задачу, важную для ряда научно-технических направлений, в том числе для инженерной геодезии.

Следует отметить, что геодезические наблюдения и в целом контроль деформаций зданий и сооружений представляет собой обязанность геодезических служб. В то же время качество контроля зависит от информации о поведении объектов в разных условиях. В свое время для обеспечения точности измерений геодезистам пришлось глубже освоить математику и физику. И это уже никого не удивляет и более того хороший геодезист, как правило хороший математик.

Говоря в общем, наименование науки «Геодезия», известно является синонимом слову «землеразделение», т.е. наилучшее выделение элементов Земли и ее участков и в целом размеров Земли. В этом смысле в горной геодезии (маркшейдерское дело) давно выделяют разные зоны, например, опасные по сдвигению земной поверхности при подработках, опасные по подтоплению, зоны влияния горных выработок, опасные по оползневым проявлениям и т.д. Другими словами кто контролирует процесс, тот должен знать в некотором приближении его природу. В этой связи инженерам геодезистам весьма необходимо в общих чертах знание направленности процесса деформирования, который он контролирует путем геодезического мониторинга. Таким образом, раз геодезист создает мониторинг деформационного процесса, то он должен знать, что измеряет.

В настоящее время для оценки деформационного процесса созданы, можно сказать, все условия. Начиная от адаптированности к инженерным

расчетам ряда программных комплексов (ПО), использование которых не требуют глубокой профессиональной подготовки, но необходимы при этом знания механики в объеме, включенного в образовательные программы по направлению «Прикладная геодезия» (Профиль «Инженерная геодезия»). Здесь следует упомянуть такие широкого потребления ПО, как Plaxis, Phase, COSMOS, ANSYS и др.

С другой стороны, алгоритм реализации метода конечных элементов широко используется и довольно подробно описан в целом ряде литературных источников (например, [10, 38, 61]), что создание авторских программ не составляет больших сложностей. Примером может служить, разработанный ПК «НЕДРА» [61-64], представленный в первой главе. Вообще сегодня четко обозначается тенденция в учете деформационных полей при интерпретации геодезических наблюдений, обозначенная, например, в работах [2, 41, 42, 48, 57].

Возвращаясь к оценке деформаций земной поверхности с учетом ЗТН основная задача состояла в ее постановке. На качественном уровне выглядит весьма очевидным тот факт, что ЗТН влияют на деформационный процесс (см гл.1). Вся сложность в численной оценке этого влияния и выделения зон этого влияния для дальнейшего использования при разработке схем геодезических наблюдений.

Качественное влияние ЗТН можно показать с применением упрощенных схем и моделирования в 3D постановке.

В качестве примера был выбран регион Вьетнама с ярко выраженной блочной структурой массива земной коры, имеющего сеть разломов и являющегося территорией города Ханоя (рисунок 2.1).

С использованием программного комплекса (ПК) НЕДРА [57], который разработан во ВНИМИ и получил свое развитие в Горном университете [57, 60], предназначенный для моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород, выполнена предварительная оценка деформаций в блочном массиве. В ПК «НЕДРА» реализован метод конечных

элементов (МКЭ), который базируется на теории упругости и пластичности [2, 42, 49, 58-60].

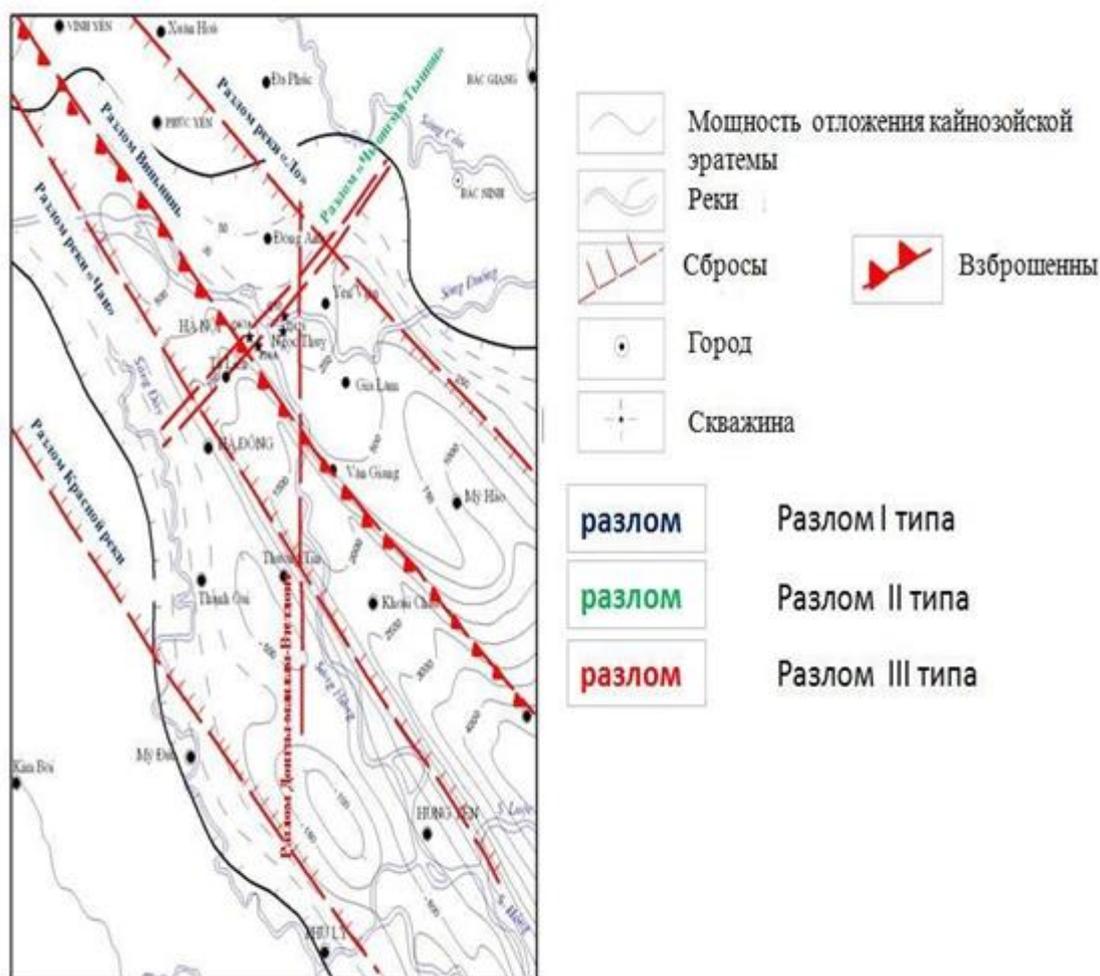


Рисунок 2.1 – Карта разломов города Ханой

Процесс деформирования грунтового массива в ПК «НЕДРА» описывается на основе геомеханической модели линейного деформирования, в полном соответствии с теорией упругости. В случаях, когда породы испытывают предельные напряжения, их состояние определяется на основе деформационной теории прочности, которая предназначена для вычисления напряжений и деформаций за пределом прочности. Критерием перехода для решения задачи о напряженно-деформированном состоянии за пределом прочности служит значения огибающей кругов Мора, соответствующей наибольшим касательным напряжениям [57]. Для реализации этого критерия необходимо иметь прочности грунтов на сжатие или растяжение и, сцепление и угол внутреннего трения. Эти данные являются для многих типов пород и

регионов известными, в силу широкого их употребления при решении различных инженерных задач.

В демонстрационном примере для наглядного показа влияния ЗТН смоделированы как зоны, где упругие параметры ниже на порядок чем во вмещающем грунтовом массиве. Рассматриваемая ситуация приближена к реальным условиям Вьетнама. На рисунке 2.2, а приведены смещения по направлению запад-восток при условии неподвижности границ модели и когда на боковые границы модели действуют сжимающие силы (рисунок 2.2, б).

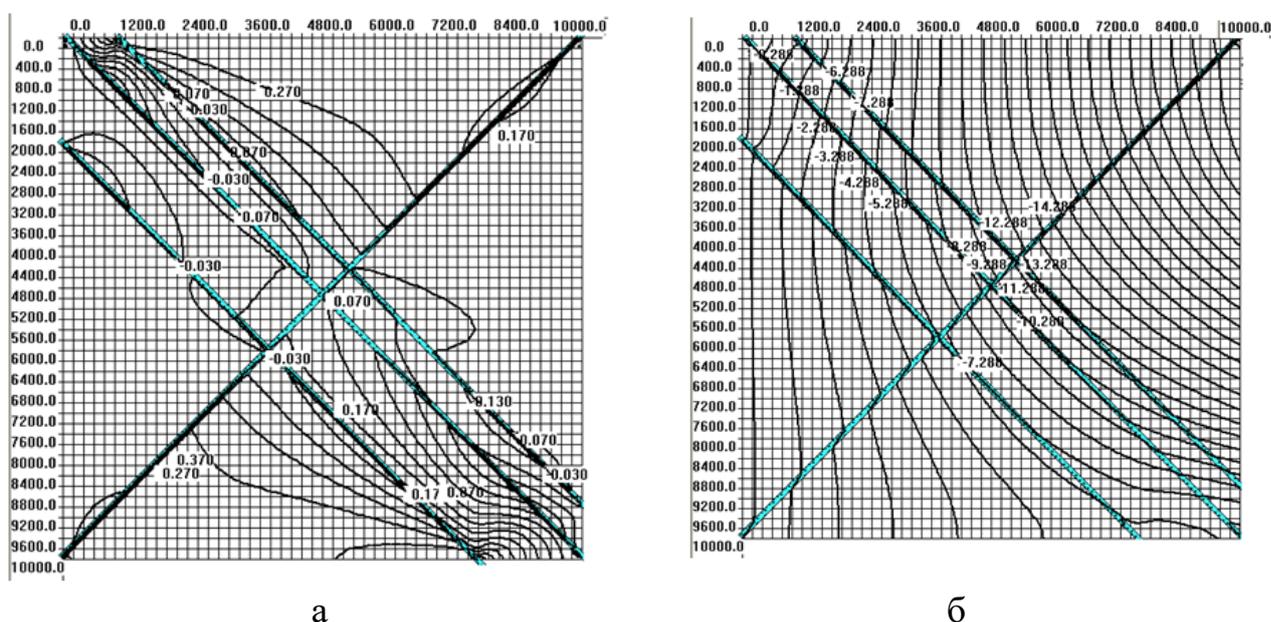


Рисунок 2.2 – Картина смещений в изолиниях, действующих по направлению запад-восток при отсутствии боковых сил (а), то же с учетом боковых сил

Данные расчеты проведены только лишь для демонстрации существенного влияния ЗТН на массив горных пород и земную поверхность.

Вместе с тем следует более детально рассмотреть влияние ЗТН и прежде всего на сколько отличается ситуация при возведении объектов при ЗТН и без нее. Для этого ниже рассматриваются детальные плоские задачи.

2.2 Разработка расчётных моделей

В первой главе были показаны основные типы тектонических нарушений (рисунок 1.11). Они характеризуют генезис их происхождения. Тектонические

нарушения в большинстве своем находятся в пассивном состоянии. Активные (современные) подвижки исследуются специальным образом и в [86, 95] приведен порядок их наблюдений. Древние тектонические нарушения (разломы) возможно рассматривать как специфическую неоднородность массива горных пород. Специфичность состоит в наличии зоны тектонической нарушенности. Безусловно, при возможном природном или техногенном воздействии на массив горных пород, вмещающий ЗТН, последние будут работать как аттракторы деформационного процесса и ЗТН можно рассматривать как сместитель в нарушенной среде. Такое возможно при интенсивном освоении подземного пространства мегаполисов, при разработке месторождений полезных ископаемых и др. Эти процессы также предмет специальных исследований (не геодезистов) Вместе с тем параметры этих процессов важная задача, решения которой необходимо для регламентирования работ в инструктивных (нормативных) документах, а их учет является обязанностью геодезистов и, конечно, существенное облегчение разработки и принятия методик измерений.

В первой главе также показана схема расположения грунтового репера (см. рисунок 1.7), которая представлена в Руководстве по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений по геодезическим наблюдениям [22, 87]. На этой схеме также показано распределение давлений на основание сооружения. Схема не содержит зон тектонических нарушений.

С учетом изложенного схемы оценки влияния ЗТН могут быть представлены несколькими главными, которые будут отражать отличительную суть. При этом следует отталкиваться от схемы, приведенной на рис. из Руководства по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений по геодезическим наблюдениям.

В соответствии с нормативным документом [94] основными параметрами механических свойств грунтов, определяющими несущую способность оснований и их деформации, являются прочностные и деформационные

характеристики грунтов (угол внутреннего трения φ , удельное сцепление c , модуль деформации грунтов E , предел прочности на одноосное сжатие скальных грунтов R_c и т.п.). Допускается применять другие параметры, характеризующие взаимодействие фундаментов с грунтом основания и установленные опытным путем (удельные силы пучения при промерзании, коэффициенты жесткости основания и пр.).

В «Территориальных строительных нормах проектирования фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге» (ТСН 50-302-2004) определены нормативные значения параметров механических свойств грунтов, представленные ниже (см. таблицы 2.1, 2.2).

Таблица 2.1 – Нормативные значения модуля деформации E , МПа, и временного сопротивления одноосному сжатию R_c , кПа, до четвертичных отложений

Показатель текучести I_L	Модуль деформация E , МПа	Временное сопротивление одноосному сжатию R_c , кПа
0,20	10	100
0,00	13	140
-0,20	18	200
-0,40	26	350
-0,60	39	600
-0,80	56	1200
-1,00	80	2400
-1,20	120	4200

Нормативные значения модуля деформации (E) в четвертичных глинистых грунтах в зависимости от сопротивления статическому зондированию и природной влажности варьируют от 4 до 40 МПа.

Таблица 2.2 – Типы грунтов (г. Санкт-Петербурга)

Показатели	Единицы измерения	1тип	2тип	3тип
Коэф. Пуассона	-	0,3	0,3	0,3
Модуль упругости	МПа	2	20	100
Угол внутреннего трения	Град	30	30	30
Сцепление	МПа	0,01	0,03	0,05

В результате изучения нормативных значений параметров механических свойств грунтов, разработана модель грунтового массива (рисунок 2.3). Предусматривается сначала выполнить моделирование без ЗТН, а затем с наличием ЗТН. Выявление величин влияния ЗТН определяется на основе сравнения значений оседаний земной поверхности при наличии ЗТН, но без нагрузок от здания и с данными модели с наличием здания. Фактически процедура сравнения заключается в вычитании численных значений оседаний земной поверхности по двум этим моделям: ЗТН без здания и с его наличием. Следовательно, следует выполнить многовариантное моделирование деформированного состояния грунтового массива.

В связи с тем обстоятельством, что следует моделировать влияние здания при наличии ЗТН прикидочными расчетами выявлены условия, когда влияние здания в совокупности с ЗТН не будут сказываться на границах модели. Таким образом, было определено, что размер модели длиной 1500 м при глубине грунтового массива 240 м будет корректно отражать конечные результаты. На границах при упругопластическом решении задачи о напряженно-деформированном состоянии (НДС) следующие условия – верхняя граница свободна от нагрузок, нижняя неподвижна, а с боков отсутствуют перемещения по горизонтали.

Строго говоря, вопрос о параметрах модели и влияющих факторов весьма глубок и обширен. Вместе с тем задача настоящей работы состоит не столько в установлении, как и какой фактор влияет на деформационный процесс, что не

входит в прерогативу геодезического обеспечения мониторинга, но в принципиальном выявлении необходимости учета ЗТН при проведении геодезического мониторинга. Снова обращаемся к схеме, приведенной в Руководстве по наблюдениям [87], в которой обозначена идея учета распространения напряжений и деформаций от здания для закладки исходных реперов вне зоны влияния от строящегося здания. На основе изложенного на наш взгляд необходимо учитывать при моделировании следующие факторы. Раз речь идет об установлении влияния ЗТН, то безусловно следует учитывать углы залегания ЗТН. Как следует из анализа, приведенного в главе 1, углы ЗТН (разломов) варьируют в широком диапазоне, но по многим источникам, определяются от 35 до 90 градусов. В этой связи при моделировании приняты углы залегания ЗТН 35, 67 и 90 градусов. Размер ЗТН вкrest простирания в целях определенного запаса принимается равным 16 м. Модуль упругости ЗТН составил 1 МПа, а грунтового массива с учетом таблицы 1 и составил: 1, 50 и 120 МПа.

Важным вопросом представляется методика моделирования нагрузок на грунт от здания (сооружения). Приняты к рассмотрению здания высотой 20, 50 и 100 м, что примерно соответствует зданиям в 6 этажей, 20 и 40. Этот диапазон охватывает подавляющее большинство строящихся объектов. Минимальный размер строящихся объектов варьирует в широких пределах (решается плоская задача о НДС грунтового массива). Однако в среднем составляет 10 - 30 м. С некоторым ориентиром на максимальные значения, принимаем его равным 48 м. При этом в обязательном порядке следует учитывать глубину котлована. Дело в том, что моделируется влияние здания на грунтовой массив. Нагрузка определяется весом здания с учетом веса снимаемого грунта (котлована). Объемный вес грунта (наносов) в среднем составляет 1,5 т/м³. При глубине котлована 4м удельный вес составит 6 т/м³, при 8м - 12 т/м³, а при 16 м - 24 т/м³. Вес строящихся объектов можно вычислить по упрощенной схеме с некоторыми допущениями, идущими в запас расчета. Здесь следует сказать, что в соответствии с целью настоящей работы,

безусловно, не изучается целый ряд моментов при определении веса здания, например, вес специального оборудования или имущества, ветровое воздействие, снеговая нагрузка и т.д. Сооружения в настоящее время в основном строятся из бетона, объемный вес которого в среднем составляет 2,5 т/м³. По ориентировочным расчетам, объем в сооружении, соответствующий бетонным конструкциям, не превышает 5 - 7% от общего объема сооружения. С учетом вышеприведенных влияющих факторов можно принять в целях опять же определенного запаса надежности (это тот случай, когда лучше перестраховаться), что объем бетонных конструкций составляет 10% от общего объема сооружения. Все эти выкладки проведены в том числе с целью обоснования моделирования здания путем варьирования объемного веса элемента моделирования.

Необходимо было выполнить многовариантное моделирование. Выполнено моделирование НДС грунтового массива без ЗТН и с его наличием. При этом моделировались различные деформационные характеристики массива, угол залегания ЗТН, величина котлована и высота строящегося объекта. Кроме того, следовало моделировать различные расположения здания относительно ЗТН. В целом выполнено более сотни расчетов.

Результаты [62, 73, 74] представлены ниже. Некоторое снижение количества расчетов определилось по анализу исходных данных. Так, при глубине котлована 8 (при высоте здания до 100 м) и 16 м вес здания (при рассматриваемых высотах зданий) оказывается менее чем вес вынутого грунта. С учетом этого обстоятельства количество моделей сокращается почти вдвое.

Таким образом, разработанная модель без ЗТН представлена на рисунке 2.3

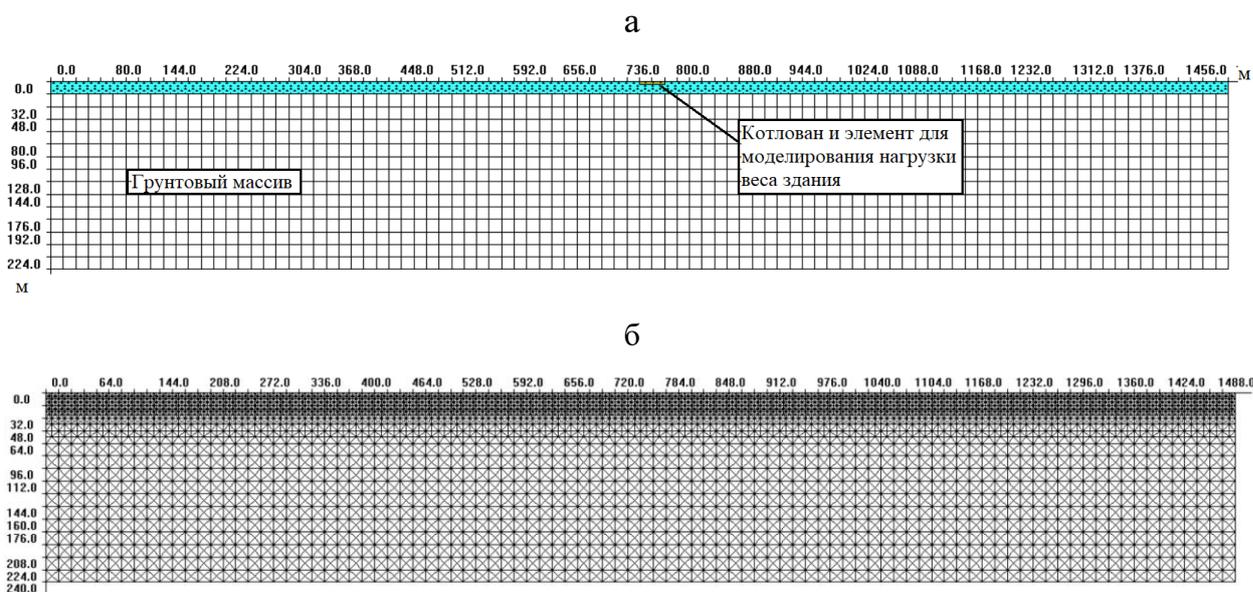


Рисунок 2.3 - Структурная модель грунтового массива (а)
и конечно-элементная модель (б)

2.3 Результаты моделирования

Как следует из рассмотрения результатов расчетов (рисунки 2.4 – 2.5) картины НДС грунтового массива схожи с той, которая приведена в Руководстве [87]. Видно, по распределению вертикальных смещений, что величина влияния примерно совпадает с нормативными величинами (50-100 м). Вместе с тем понятно, что вопрос требует более глубоко изучения, так как величина влияния зависит от многих факторов, в том числе от веса зданий, физико-механических характеристик грунтов и, конечно, наличия ЗТН. В этой связи научный и практический интерес представляет рассмотрение случая с наличием ЗТН.

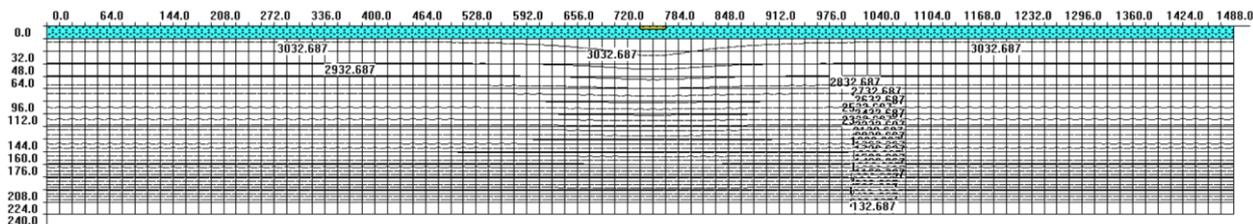


Рисунок 2.4 - Распределение относительных вертикальных смещений
($E = 120$ кПа, $H = 100$ м, $h = 4$ м)

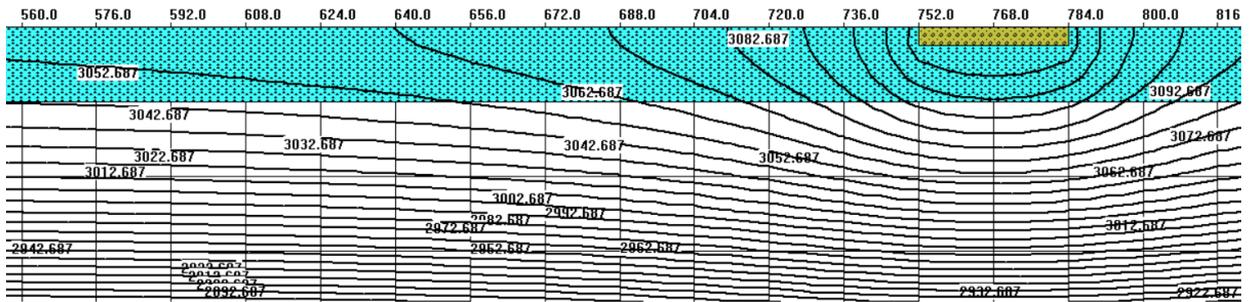


Рисунок 2.5 - Укрупненная картина оседаний земной поверхности
($E = 120$ кПа, $H = 100$ м, $h = 4$ м)
На рисунке 2.6 показана расчетная модель с учетом ЗТН.

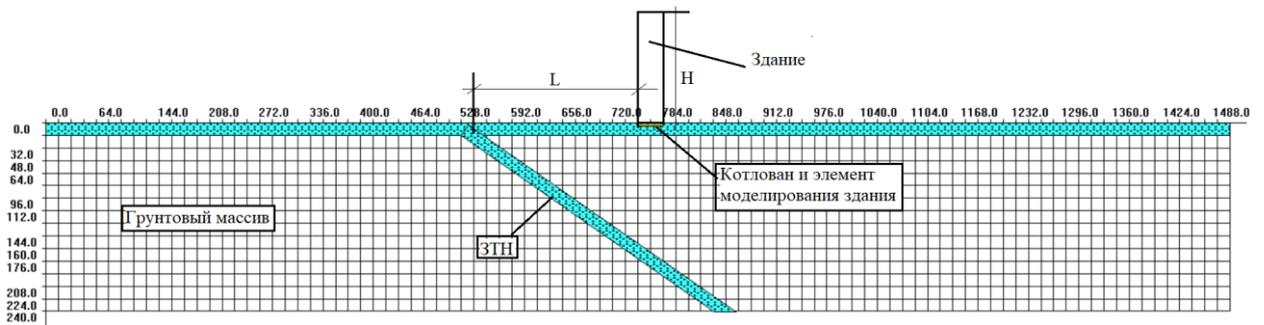


Рисунок 2.6 - Структурная модель грунтового массива с наличием ЗТН

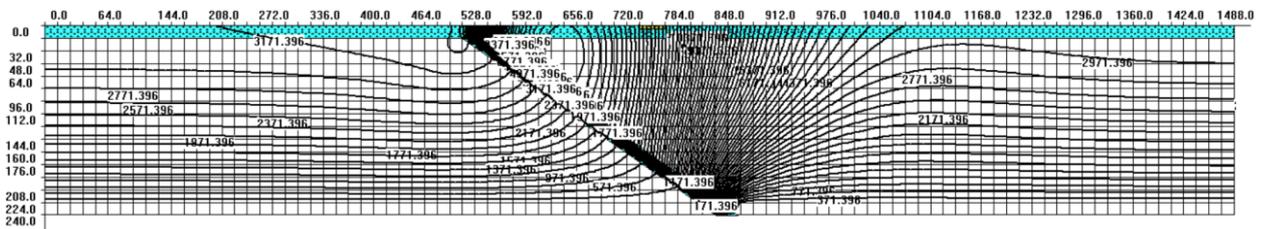


Рисунок 2.7 - Распределение относительных вертикальных смещений
($E = 120$ кПа, $H = 100$ м, $h = 4$ м)

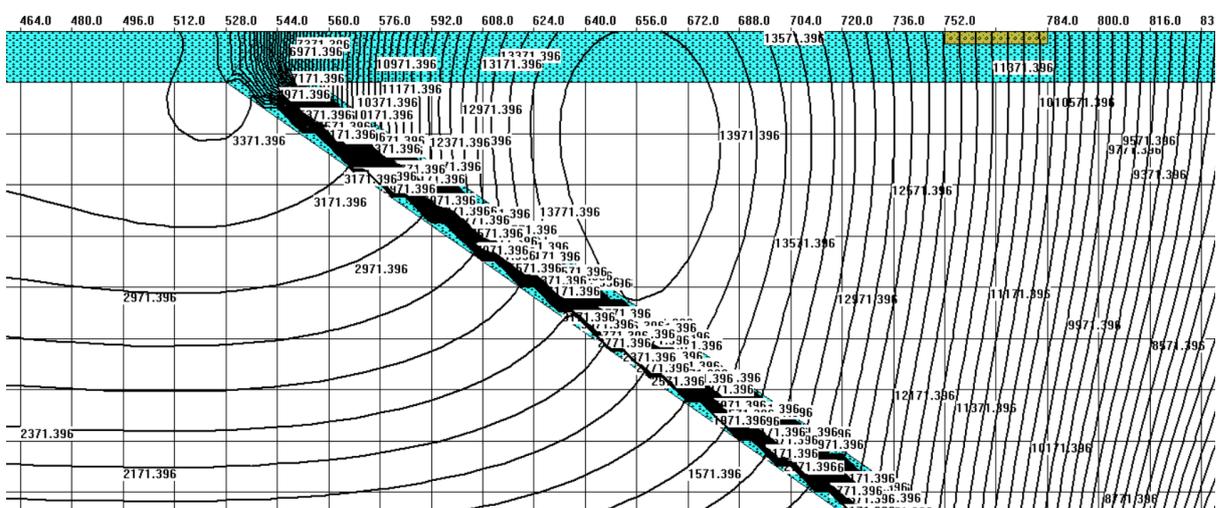


Рисунок 2.8 – Укрупненная картина оседаний земной поверхности
($E = 120$ кПа, $H = 100$ м, $h = 4$ м)

Приближенное, визуальное сравнение результатов моделирования с учетом ЗТН и без него показывает, что картина вертикальных смещений (оседаний земной поверхности) существенным образом отличаются. Из рассмотрения рисунки 2.5 и рисунки. 2.7 видно, что при наличии ЗТН оседания выше на несколько метров. Вместе с тем эти смещения характеризуют интегральные смещения, определяемые структурой модели (т.е. это деформации, которые формировались миллионы лет и вызваны неоднородностью грунтового массива: наличие ЗТН). Видно, что отличия приурочены к лежащему боку ЗТН, а в висячем боку (слева от ЗТН) разница не столь велика. Кроме того, вертикальные смещения, показанные на рисунках 2.7 и 2.8 - это конечные смещения в результате упруго-пластичного деформирования всей толщи. Как было отмечено - это результат многовекового процесса. Поэтому сравнивать численные значения этих моделей некорректно. Модели без ЗТН отражают влияние здания в однородном массиве, а в модели с ЗТН картина существенным образом искажается за счет наличия ЗТН.

В этой связи для оценки зоны влияния от строящегося здания следует сравнивать модели с ЗТН. При этом результаты моделирования оседаний земной поверхности без здания принимаются за базовые, а с наличием здания на разных расстояниях от ЗТН как текущие, определяющие зону влияния. Эти данные позволяют сравнивать полученные зоны с типовыми, определенными по Руководству [89].

Результат моделирования рассмотренного выше примера для случая Е (модуль упругости) = 120 кПа, Н (высота здания) = 100 м, h (глубина котлована) = 4 м и разных расстояниях (L) здания от ЗТН представлен на рисунке 2.9. Из рисунка 2.9 не видно особых изменений при различном значении L – расстояний здания от ЗТН, так как уровень этих результатов (относительных смещений) находится в диапазоне 13 тыс. мм, а разница между вариантами расчетов в конкретном случае не превышает 300 мм.

Как было сказано выше следует рассматривать вертикальные смещения относительно базового варианта, содержащего лишь ЗТН. При таком подходе отчетливо выделяются зоны влияния (см. рисунок 2.10).

Как видно из рассмотрения рис. 10 наибольшие вертикальные смещения получены при (Ряд 1-96 м, 2-224 м, 3-496, 4-504, 5-320м (за ЗВТ), 6-64 (за ЗВТ)) $L = 96\text{м}$ (Ряд 1 на графиках). Прослеживается четкая зависимость увеличения смещений по мере приближения здания к ЗТН. Так, на 504 м смещения составляют около 120 мм, а вблизи ЗТН (96 м) они составляют около 300 мм. При этом за ЗТН смещения не превышают 90 мм и менее величин, которые наблюдаются при расположении здания на расстоянии более 500 м.

Вместе с тем наша задача состоит в определении зон влияния от строящегося объекта при наличии ЗТН, т.е. выделении и по интенсивности, и по их простираению в плане.

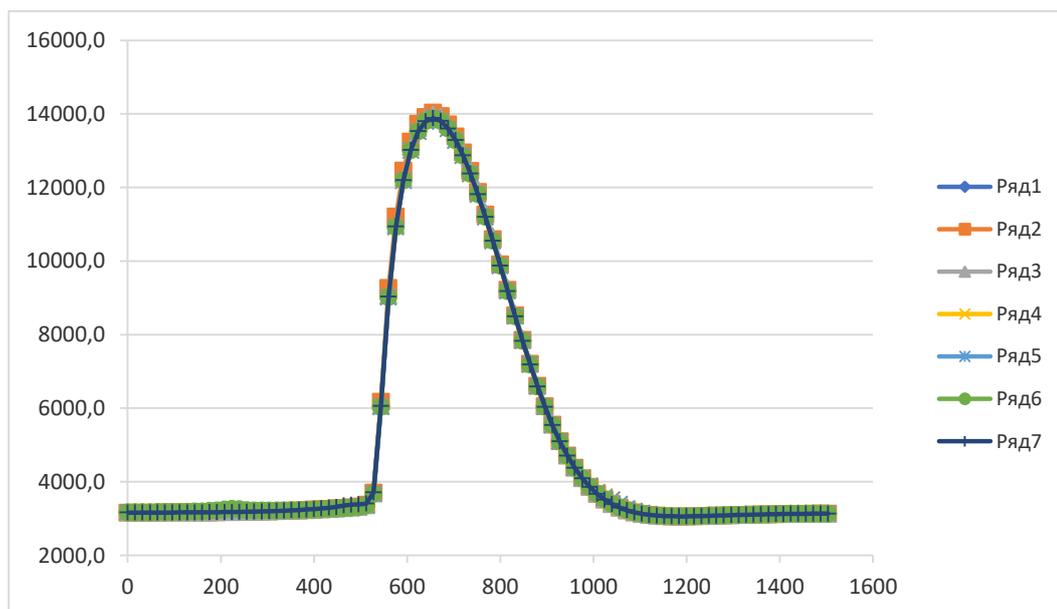


Рисунок 2.9 – График вертикальных смещений земной поверхности при различных расстояниях здания от ЗТН ($E = 120\text{ кПа}$, $H = 100\text{ м}$, $h = 4\text{ м}$)

По рисунку 2.10 можно выполнить выделение зон влияния на земной поверхности, однако точнее можно выполнить по табличным данным.

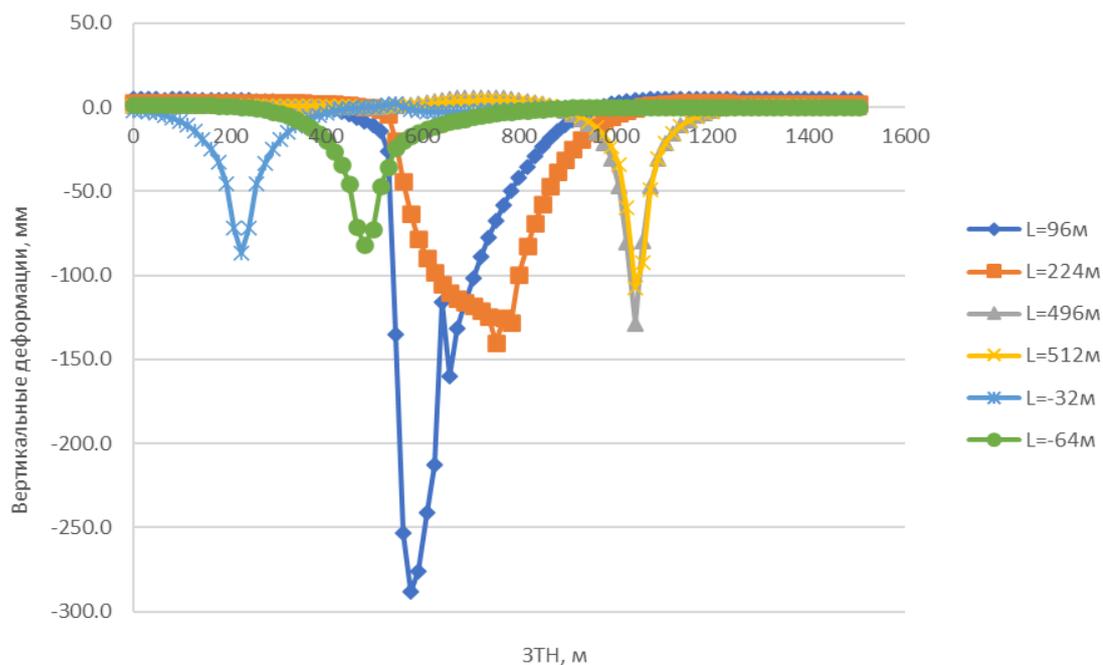


Рисунок 2.10 – Графики относительных (относительно базового варианта) вертикальных смещений земной поверхности при различных расстояниях здания от ЗТН ($E = 120$ кПа, $H = 100$ м, $h = 4$ м).

В таблицах 2.3 - 2.8 показаны рассчитанные зоны влияния (L) для всех рассматриваемых вариантов.

Таблица 2.3 - Размер зоны влияния (L , глубина котлована 4 м, угол ЗТН = 35°)

ЗТН 35°	Модули упругости грунтового массива, МПа (глубина котлована 4 м)								
	1 МПа			50			120		
	Высота здания, м			Высота здания, м			Высота здания, м		
	20	50	100	20	50	100	20	50	100
L=496 (1024)	-	192	216	-	64	159	-	48	112
224 (752)	-	192	216	-	176	216	-	166	216
96 (624)	-	192	216	-	176	216	-	170	216
32 (560)	-	192	216	-	174	216	-	166	216
-64 (464)	-	192	216	-	96	200	-	80	140
-128 (400)	-	192	216	-	96	184	-	76	172
-320 (208)	-	192	216	-	112	164	-	80	144

Таблица 2.4 – Размер зоны влияния (L, глубина котлована 8 м, угол ЗТН = 35°)

ЗТН 35°	Модули упругости грунтового массива, МПа (глубина котлована 8 м)								
	1 МПа			50			120		
	Высота здания, м			Высота здания, м			Высота здания, м		
	20	50	100	20	50	100	20	50	100
L=496 (1024)	-	-	192	-	-	64	-	-	48
224 (752)	-	-	192	-	-	184	-	-	184
96 (624)	-	-	192	-	-	176	-	-	176
32 (560)	-	-	192	-	-	164	-	-	144
-64 (464)	-	-	192	-	-	154	-	-	128
-128 (400)	-	-	192	-	-	134	-	-	80
-320 (208)	-	-	192	-	-	64	-	-	50

Таблица 2.5 – Размер зоны влияния (L, глубина котлована 4 м, угол ЗТН = 67°)

ЗТН 67°	Модули упругости грунтового массива, МПа (глубина котлована 4 м)								
	1 МПа			50			120		
	Высота здания, м			Высота здания, м			Высота здания, м		
	20	50	100	20	50	100	20	50	100
L=496 (1024)	-	-	192	-	-	0	-	-	0
224 (752)	-	-	192	-	-	120	-	-	110
96 (624)	-	-	192	-	-	160	-	-	140
32 (560)	-	192	192	-	-	164	-	-	146
-64 (464)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-128 (400)	-	-	--	-	-	-	-	-	--
-320 (208)	-	-		-	-	-	-	-	

Таблица 2.8 – Размер зоны влияния (L, глубина котлована 8 м, угол ЗТН = 90°)

ЗТН 90°	Модули упругости грунтового массива, МПа (глубина котлована 8 м)								
	1 МПа			50			120		
	Высота здания, м			Высота здания, м			Высота здания, м		
	20	50	100	20	50	100	20	50	100
L=496 (1024)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
224 (752)	-	-	-	-	0	-	-	-	-
96 (624)	-	-	-	-	+	-	-	-	-
32 (560)	-	-	-	-	-	-	-	-	104
-64 (464)	-	-	-	-	0	-	-	-	-
-128 (400)	-	-	-	-	0	-	-	-	-
-320 (208)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

По данным табличных значений (2.3 - 2.8) построены графики.

На оси ординат размер зоны влияния (S, м), а на оси абсцисс расстояние от ЗТН до здания (L).

Угол залегания ЗТН $\alpha = 35^\circ$, h = 4 м, H = 50 м																
32	64	96	128	160	192	224	256	288	320	352	384	416	448	480	512	E, МПа
192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	E=1
174	175	176	176	176	176	176	169	162	148	134	120	106	92	78	64	E=50
166	168	170	169	168	167	166	159	151	137	122	107	92	78	63	48	E=120

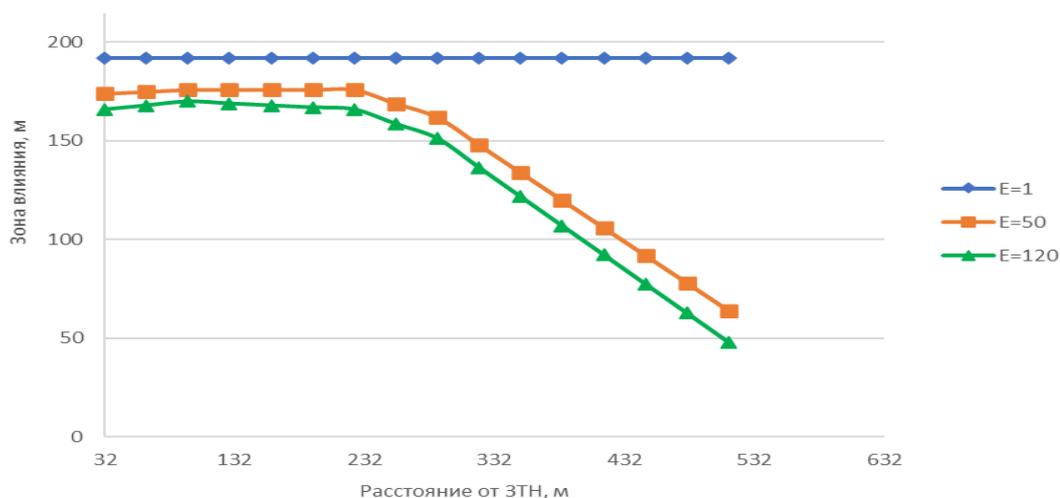


Рисунок 2.11 – Графики относительных (относительно базового варианта) вертикальных смещений земной поверхности при различных расстояниях здания от ЗТН

Угол залегания ЗТН $\alpha = 35^\circ$, $h = 4$ м, $H = 100$ м																
32	64	96	128	160	192	224	256	288	320	352	384	416	448	480	512	E, МПа
216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	E=1
216	216	216	216	216	216	216	212	209	202	195	188	180	173	166	159	E=50
216	216	216	216	216	216	216	210	203	190	177	164	151	138	125	112	E=120

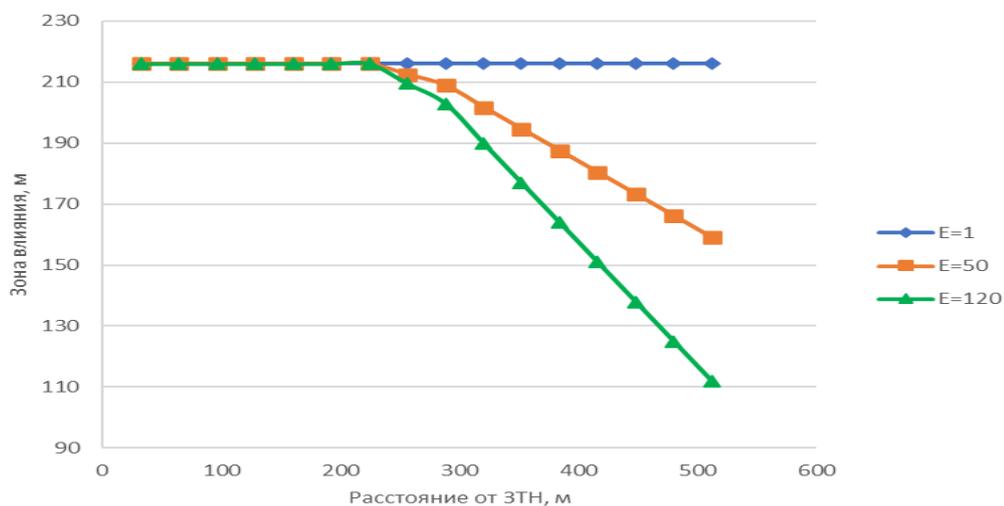


Рисунок 2.12 – Графики относительных (относительно базового варианта) вертикальных смещений земной поверхности при различных расстояниях здания от ЗТН

Угол залегания ЗТН $\alpha = 35^\circ$, $h = 4$ м, $H = 50$ м									
-64	-96	-128	-160	-192	-224	-256	-288	-320	E, МПа
192	192	192	192	192	192	192	192	192	E=1
96	96	96	98	100	104	106	108	112	E=50
80	78	76	77	77	78	79	79	80	E=120

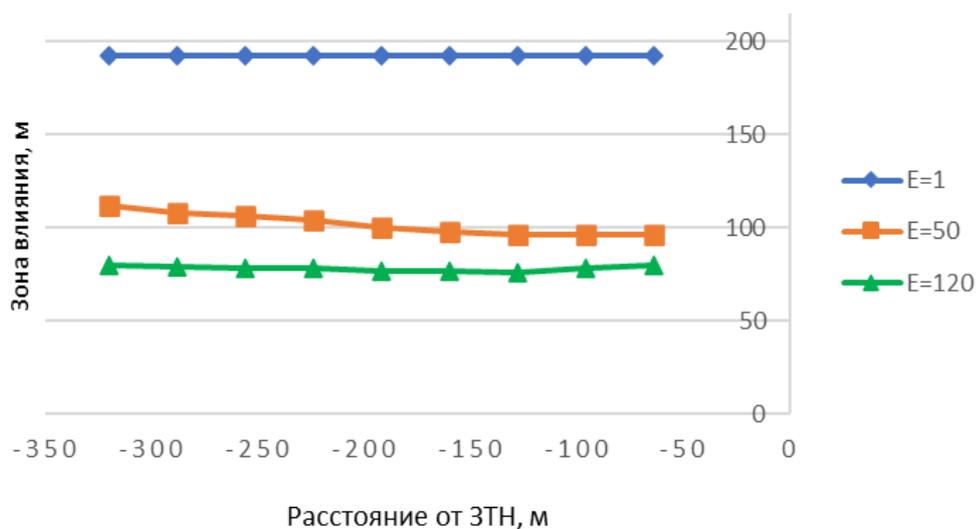


Рисунок 2.13 – Графики относительных (относительно базового варианта) вертикальных смещений земной поверхности при различных расстояниях здания от ЗТН (в лежачем боку, здание располагается слева от ЗТН)

Угол залегания ЗТН $\alpha = 67^\circ$, $h = 4$ м, $H = 100$ м																
32	64	96	128	160	192	224	256	288	320	352	384	416	448	480	512	E, МПа
192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	E=1
164	162	160	150	140	130	120	113	107	93	80	66	50	33	17	0	E=50
146	143	140	133	125	118	110	102	95	79	64	48	34	20	0	0	E=120

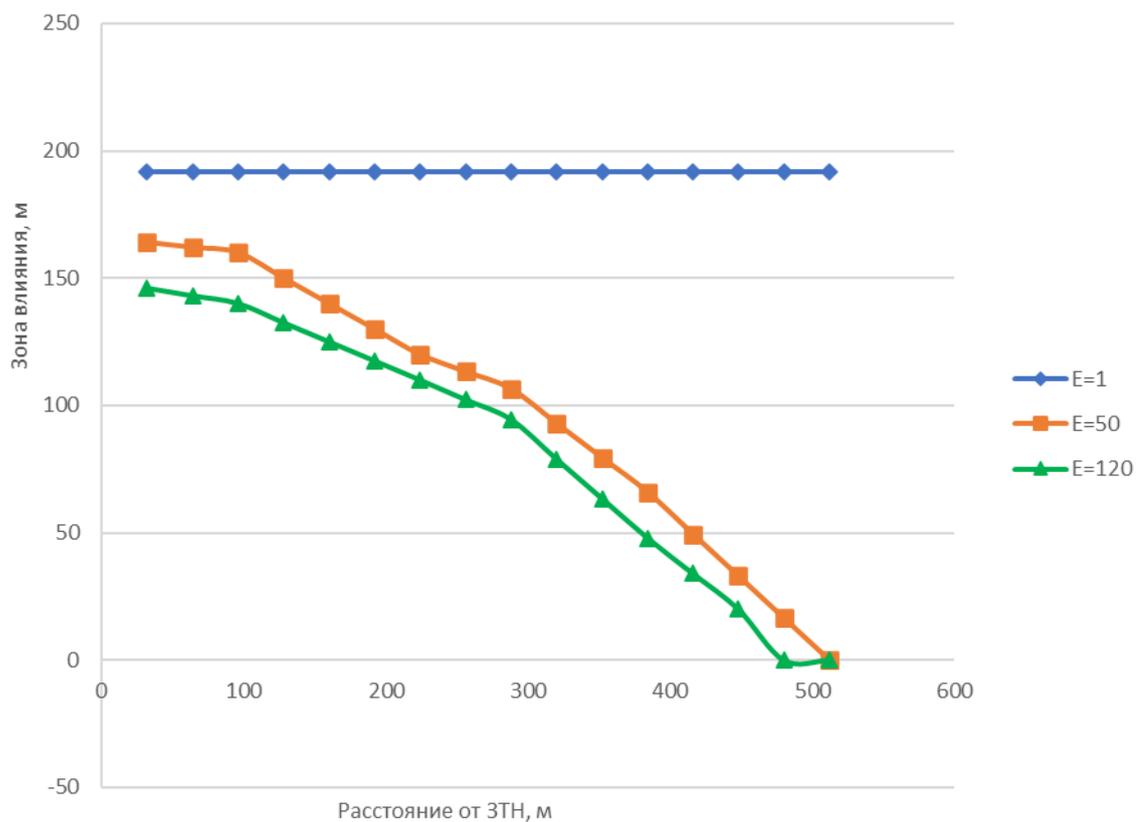


Рисунок 2.14 – Графики относительных (относительно базового варианта) вертикальных смещений земной поверхности при различных расстояниях здания от ЗТН

Угол залегания ЗТН $\alpha = 90^\circ$, $h = 4$ м, $H = 100$ м																
32	64	96	128	160	192	224	256	288	320	352	384	416	448	480	512	E, МПа
192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	E=1
140	130	120	108	95	83	70	58	45	20	10	10	0	0	0	0	E=50
120	110	100	88	75	63	50	30	10	0	0	0	0	0	0	0	E=120

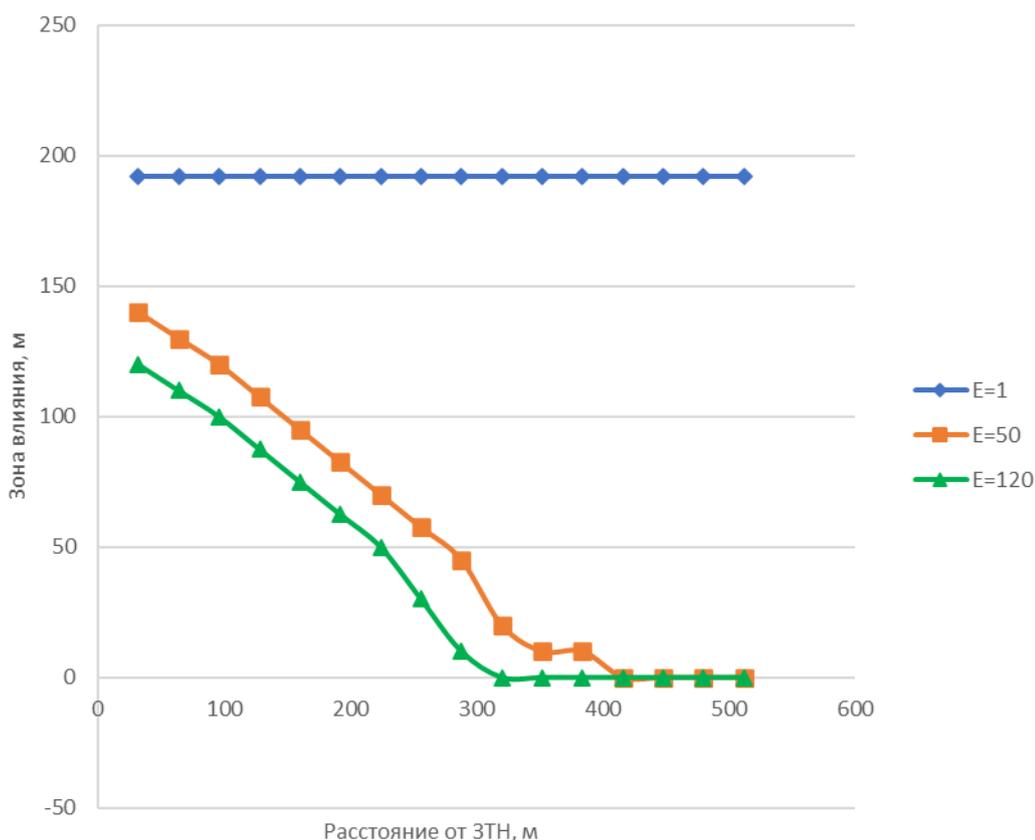


Рисунок 2.15 – Графики относительных (относительно базового варианта) вертикальных смещений земной поверхности при различных расстояниях здания от ЗТН

По приведенным графикам видно, что инструктивные параметры зон влияния (50-100 м [87]) существенно отличаются от полученных в результате моделирования. Причем зона влияния при наличии ЗТН может достигать 210 м (см. рисунок 2.12). Теперь, если принять среднюю величину инструктивных значений 75 м, то при наличии ЗТН зона влияния почти в 3 раза превышает

инструктивные значения. При этом показано, что при $E=1$ (наименьшее значение параметра, см. таблицу 2.3) модуль упругости толщи становится равным принятому модулю упругости ЗТН и грунтовой массив приобретает свойства однородного. В этом случае размер зоны стабилен, что и показывают графики. При этом важно отметить, что размер нормативных зон влияния равен смоделированным. Это свидетельствует о корректности расчетов и их достоверности. Из графиков также следует, что при нахождении здания в лежащем боку ЗТН, зоны влияния на различном отдалении от ЗТН имеют один размер (см. рисунок 2.10). Это свидетельствует об экранирующем эффекте ЗТН со стороны лежащего бока.

Таким образом, очевидно, что ЗТН необходимо учитывать при геодезических работах. Встает вопрос о правовой стороне данного вопроса.

Обратимся к нормативным документам. В соответствии с ГОСТ 32868-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению инженерно-геологических изысканий необходимо проведение геологических работ по выявлению ЗТН. В соответствии с СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. (Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96) геодезические наблюдения за движениями земной поверхности следует выполнять в районах развития современных разрывных тектонических смещений и техногенных деформаций земной поверхности, в районах строительства крупных и уникальных сооружений, а также в процессе геодезического контроля за поведением указанных сооружений в процессе их строительства и эксплуатации. Геодезические наблюдения выполняют для выявления разрывных тектонических смещений, получения количественных характеристик тектонических движений, оценки и прогнозирования их развития, а также для слежения за разрывными тектоническими смещениями в период строительства и эксплуатации технически особо сложных и уникальных сооружений (I и II уровней ответственности) для обеспечения условий их безаварийного функционирования. Геодезические наблюдения за развитием разрывных тектонических смещений следует проводить также на территории

построенных объектов, если они ранее не выполнялись, и если в процессе эксплуатации возникли предположения о влиянии тектонических факторов на устойчивость и надежность сооружений. Приведение данных нормативных выдержек подчеркивает необходимость выполнения настоящих исследований.

Таким образом, в настоящей главе приведены численные показатели отличия условий при наблюдениях за деформациями зданий и сооружений при наличии ЗТН и без них.

2.4 Выводы по главе 2

Проведенными исследованиями показано существенное влияние ЗТН на основание зданий и сооружений. В этой связи возникает необходимость в проведении наблюдений за смещениями (в маркшейдерском деле применяют термин сдвигание) земной поверхности и, конечно, в этой связи за осадками зданий и сооружений в зонах ЗТН. Показано, что зоны влияния существенно могут увеличиваться при наличии ЗТН. При этом возможны разные сценарии деформационного процесса, который может быть отслеживаться в результате геодезических наблюдений.

По результатам проведенных исследований обосновано качественное и количественное отличие деформированного состояния оснований зданий, сооружений при наличии зоны тектонических нарушений от случая однородного грунтового массива. Сформулировано первое научное положение: при инженерно-геодезических изысканиях и строительстве зданий, сооружений следует учитывать зоны тектонических нарушений, при наличии которых зона влияния строящегося объекта может увеличиться в 2 и более раз от нормативных значений в зависимости от нагрузки на основание и свойств грунтового массива.

Таким образом, при наличии ЗТН существенным образом должно быть пересмотрено как производство геодезических наблюдений, так и возникает необходимость в корректировании геодезической разбивочной основы. В соответствии с СП 126.13330.2012 Геодезические работы в строительстве (Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84), геодезическую разбивочную

основу (ГРО) на строительной площадке или вблизи объекта строительства следует создавать в виде сети закрепленных знаками геодезических пунктов в местах, обеспечивающих их сохранность на весь период строительства с учетом удобства, определения положения здания (сооружения) на местности и обеспечивающих выполнение дальнейших построений и измерений в процессе строительства с необходимой точностью. Следовательно, в случае подвижек земной поверхности необходимо проводить систематические измерения с целью корректировки координат пунктов ГРО.

В настоящей главе показано качественное и количественное отличие деформационного процесса основания зданий и сооружений при их возведении.

Таким образом, методики геодезических работ при строительстве зданий и сооружений должны учитывать ЗТН. В следующей главе будет рассмотрена последовательность работ (методика) при наличии ЗТН.

ГЛАВА 3 МЕТОДИКА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ОСАДКАМИ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ЗОНЫ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

В соответствии с результатами, приведенными в предыдущей главе, где показано существенное отличие деформационного процесса земной поверхности основания сооружения при наличии ЗТН, в настоящей приведены результаты геодезического их определения и учета [62, 110, 113, 121].

Обобщение проведенных исследований выражает схема (рисунок 3.1).

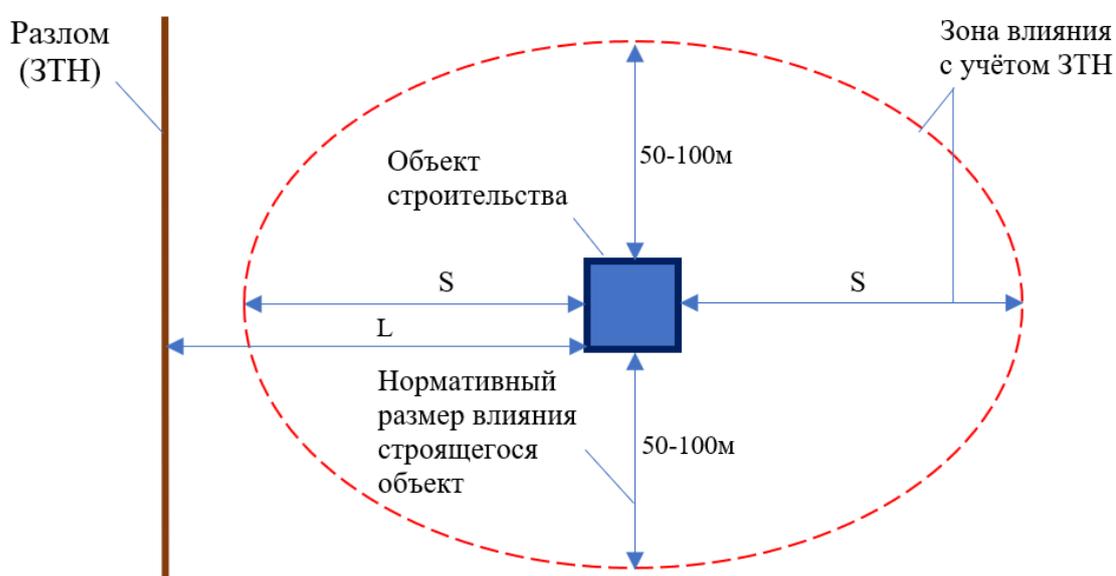


Рисунок 3.1 - Зона влияния с учетом ЗТН земной поверхности (где: S – размер влияния строящегося объекта с учетом ЗТН, L - Расстояние от разлома (ЗТН) до объекта)

Как видно из рассмотрения рисунок 3.1 размер зоны влияния обозначен нормально простирающуюся ЗТН. В перпендикулярном направлении расчетных значений зона имеет значения, которые регламентируются в нормативном документе (50-100 м [91]).

На основании изложенного при наличии ЗТН необходимо на рабочих планах построение зон влияния ЗТН и организация наблюдений за вертикальными смещениями земной поверхности и строящегося объекта.

Схемы деформирования земной поверхности основания строящегося здания, сооружения, приведены на рисунке 3.2

3.1 Разработка геодезических схем наблюдений

На рисунке 3.2 показаны схемы зон влияния ЗТН, построенные для конкретных случаев по данным графиков (см. главу 2).

- **Схема 1:** Угол залегания ЗТН $\alpha = 35^\circ$, $h = 4$ м, $H = 50$ м, $E = 1$ МПа, $S = 192$ м, $L = 224$ м

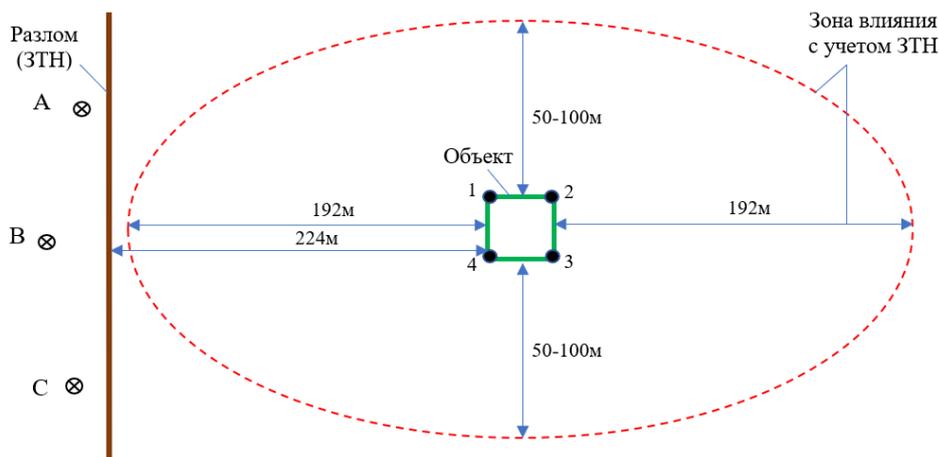


Рисунок 3.2 - Схема геодезических наблюдений за вертикальными смещениями земной поверхности оснований зданий и сооружений с учетом ЗТН (ЗТН $\alpha = 35^\circ$, $h = 4$ м, $H = 50$ м, $E = 1$ МПа, $S = 192$ м, $L = 224$ м)

- **Схема 2:** Угол залегания ЗТН $\alpha = 35^\circ$, $h = 4$ м, $H = 50$ м, $E = 1$ МПа, $S = 192$ м, $L = -224$ м

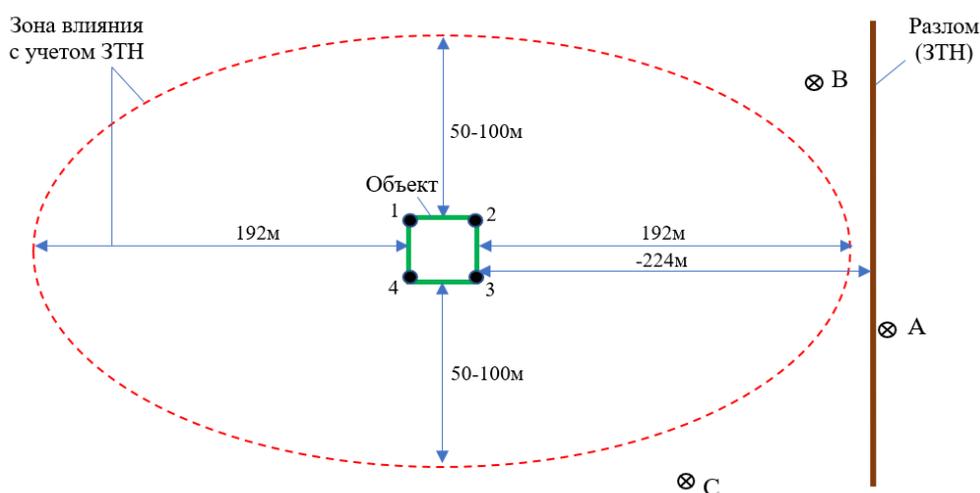


Рисунок 3.3 - Схема геодезических наблюдений за вертикальными смещениями земной поверхности оснований зданий и сооружений с учетом ЗТН (слева от ЗТН) (ЗТН $\alpha = 35^\circ$, $h = 4$ м, $H = 50$ м, $E = 1$ МПа, $S = 192$ м, $L = -224$ м)

- **Схема 3:** Угол залегания ЗТН $\alpha = 67^\circ$, $h = 4$ м, $H = 100$ м, $E = 50$ МПа, $S = 140$ м, $L = 160$ м

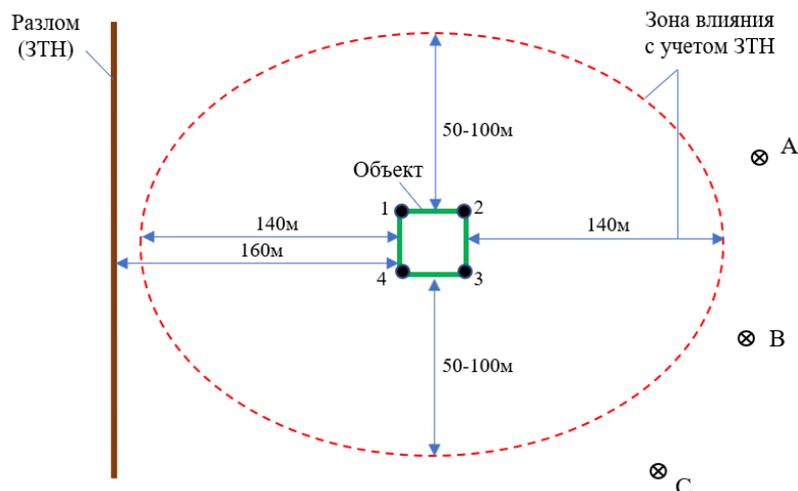


Рисунок 3.4 - Схема геодезических наблюдений за вертикальными смещениями земной поверхности оснований зданий и сооружений с учетом ЗТН (ЗТН $\alpha = 67^\circ$, $h = 4$ м, $H = 100$ м, $E = 50$ МПа, $S = 140$ м, $L = 160$ м)

- **Схема 4:** Угол залегания ЗТН $\alpha = 90^\circ$, $h = 4$ м, $H = 100$ м, $E = 120$ МПа, $S = 96$ м, $L = 100$ м

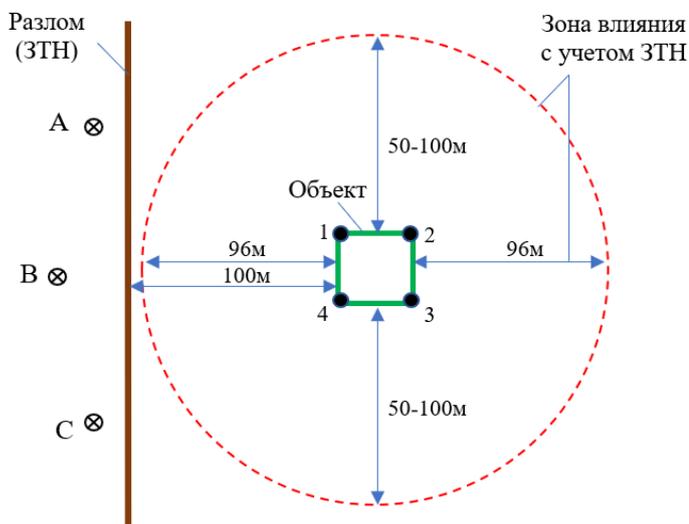


Рисунок 3.5 - Схема геодезических наблюдений за вертикальными смещениями земной поверхности оснований зданий и сооружений с учетом ЗТН (ЗТН $\alpha = 90^\circ$, $h = 4$ м, $H = 100$ м, $E = 120$ МПа, $S = 96$ м, $L = 100$ м)

На рисунках показаны зоны влияния от строящегося объекта, определенные по результатам моделирования в предыдущей главе.

При разработке методики наблюдений с учетом наличия ЗТН очевидным моментом представляется вынести за зоны влияния исходные (грунтовые) реперы (см. рисунок 3.1). Как видно из приведенных схем в ряде случаев эти зоны существенно больше, приведенных в нормативном документе [91]. При этом будет обеспечена правильность определения конечного результата - оценка деформационного процесса и степень отклонений от проектных значений.

В рисунках 3.2–3.5: \otimes : А, В, С – Исходные репера; \blacktriangle : 1–4 – деформационные марки.

Для выявления возможных вариантов было проведено моделирование результатов наблюдений оседаний земной поверхности.

Моделировалась нивелирная сеть строгим методом (методом наименьших квадратов). Сеть представлена на рисунке 3.6.

Система уравнений в матричном определяется по формуле (3.1) [49]:

$$AX + L = V \quad (3.1)$$

где А – матрица коэффициентов параметрических уравнений, X– вектор поправок к пунктам нивелирной сети, L – вектор свободных членов, V – вектор поправок.

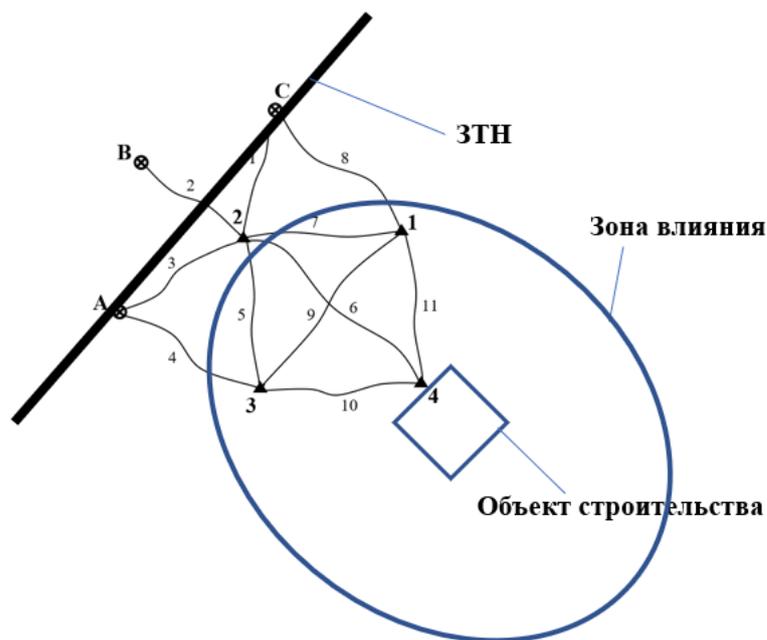


Рисунок 3.6 – Схема нивелирной сети.

Исходные данные: СКП (σ) нивелирования 5 мм на 1 км хода, что отвечает 3 классу нивелирования.

S-длины звеньев, м. Н – отметки деформационных марок, м. Ниже показаны превышения (h) и как они были получены (слева), м.

$$\begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c} 92.886 \\ 111.178 \\ 102.726 \\ 112.201 \\ 104.961 \\ 103.414 \\ 123.911 \\ 104.601 \\ 154.977 \\ 142.249 \\ 106.648 \end{array} \right) \\
 S :=
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c} 194.961 \\ 193.414 \\ 193.911 \\ 194.601 \\ 194.977 \\ 192.249 \\ 195.648 \end{array} \right) \\
 H :=
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c} H_7 - H_2 \\ H_6 - H_2 \\ H_5 - H_2 \\ H_5 - H_3 \\ H_2 - H_3 \\ H_2 - H_4 \\ H_2 - H_1 \\ H_7 - H_1 \\ H_1 - H_3 \\ H_3 - H_4 \\ H_1 - H_4 \end{array} \right) \\
 h :=
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c} 2.234 \\ -1.165 \\ 1.563 \\ 1.066 \\ -0.497 \\ -1.187 \\ -1.547 \\ 0.687 \\ 1.05 \\ -0.69 \\ 0.36 \end{array} \right) \\
 h =
 \end{array}$$

Формируем матрицу А - коэффициентов параметрических уравнений.

Матрица А отражает конфигурацию направлений выполненных измерений. Ее коэффициенты принимают значения 0,1 или -1, в зависимости от направлений измеряемых векторов (см. рисунок 3.6).

Вектор свободных членов L формируется по известным данным: $L = h - h_{\text{изм.}}$, где: h – приближенные превышения по отметкам пунктов нивелирной сети, $h_{\text{изм.}}$ – измеренные превышения.

Превышения h определяем в соответствии с рисунком 3.6 и матрицы

$$A := \left(\begin{array}{cccc} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right)$$

Моделирование измерений.

Результаты нивелирования моделируем с использованием функции Mathcad: rnorm.

$i := 1..11$ (установление диапазона)

$h_izm_i := rnorm\left(1, h_i \frac{\sigma}{1000}\right)$. (rnorm – функция Mathcad, возвращает

нормально распределенное число, первый параметр количество, второй математическое ожидание, третий СКП). Для примера первое превышение примет значение $h_izm_1 := (2.238)$.

$$h_izm_1 := \begin{pmatrix} 2.238 \\ -1.16 \\ 1.566 \\ 1.061 \\ -0.497 \\ -1.191 \\ -1.544 \\ 0.686 \\ 1.047 \\ -0.694 \\ 0.357 \end{pmatrix} \quad L = \begin{pmatrix} -0.004 \\ -0.005 \\ -0.003 \\ 0.005 \\ -0 \\ 0.004 \\ -0.003 \\ 0.001 \\ 0.003 \\ 0.004 \\ 0.003 \end{pmatrix}$$

Разница приближенных и измеренных векторов превышений (L) образует вектор свободных членов.

Вычислим ковариационную матрицу (K, мм) априорных погрешностей измерений по формулам (3.2 – 3.7).

$$i := 1..11 \quad K_{i,i} := \sigma^2 \cdot \sqrt{\frac{s_i}{1000}} \quad (3.2)$$

Затем весовую матрицу P

$$P := \sigma^2 \cdot K^{-1} \quad (3.3)$$

Сформируем матрицу нормальных уравнений (N)

$$N := A^T \cdot P \cdot A \quad (3.4)$$

И далее ковариационную матрицу погрешностей измерений (Kx)

$$Kx := \sigma^2 \cdot N^{-1} \quad (3.5)$$

$$Kx = \begin{pmatrix} 3.296 & 1.095 & 1.511 & 1.984 \\ 1.095 & 1.947 & 1.11 & 1.4 \\ 1.511 & 1.11 & 3.314 & 1.911 \\ 1.984 & 1.4 & 1.911 & 4.59 \end{pmatrix}$$

Диагональные члены матрицы представляют собой СКП измерений.

$$m := \sqrt{Kx_{4,4}} \quad (3.6)$$

Определим вектор поправок X (м)

$$X := -N^{-1} \cdot A^T \cdot P \cdot L \quad (3.7)$$

$$X = \begin{pmatrix} 0.001 \\ 0.002 \\ -0.001 \\ -0.003 \end{pmatrix}$$

И далее поправки V

$$V := AX + L$$

$$V = (-0.002 \quad -0.003 \quad -0.001 \quad 0.004 \quad -0.003 \quad -0.001 \quad -0.003 \quad 0.002 \quad 0.001 \quad 0.002 \quad -0.001)^T$$

Таким образом, уравненные значения отметок марок 1 - 4 составят следующие величины: 194.0602; 194.978, 192.248, 195.645.

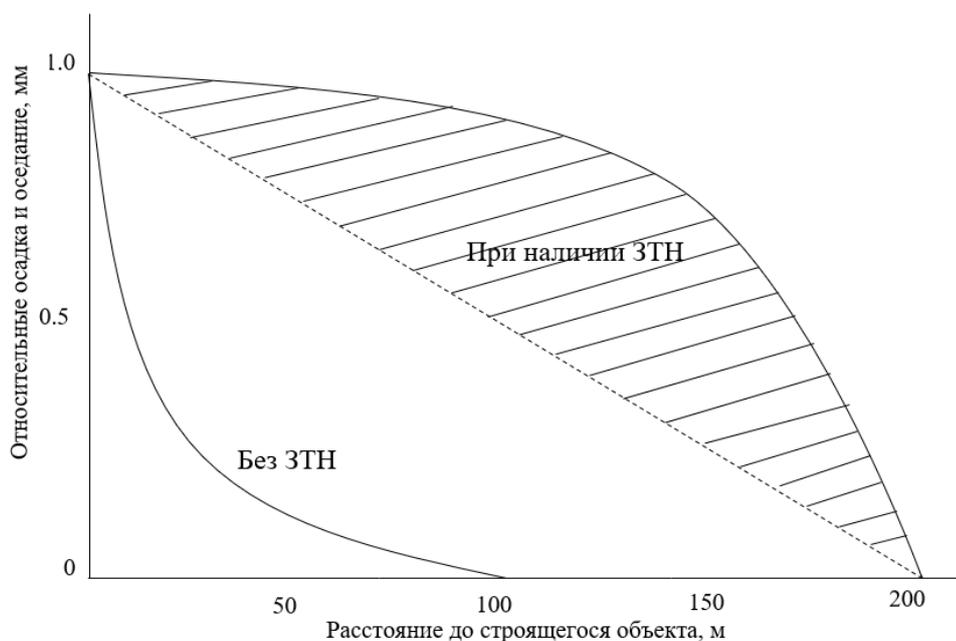


Рисунок 3.7 – Схематизация отличия влияния строящегося объекта на земную поверхность (основания) с наличием ЗТН и без ЗТН

Прогнозная оценка деформаций земной поверхности выполнена для условий грунтового массива без ЗТН или с ЗТН с отнесением исходных реперов за пределы зоны влияния от строящегося здания.

При проведении наблюдений за вертикальными смещения оснований зданий и сооружений деформационные марки будут соразмерно осадкам смещаться, что и покажет расчет подобный приведенному выше.

Однако представляет интерес чисто геодезического определения деформационного процесса. В этой связи рассмотрен вопрос о возможности без информации о наличии ЗТН геодезическими подходами определить деформационный процесс основания и сооружения.

При наблюдениях с учетом ЗТН могут быть следующие варианты, вытекающие из проведенных исследований.

В случае точного определения ЗТН следует проводить геодезические наблюдения по схемам, приведенным на рисунке 3.1.

При отсутствии достаточной информации о ЗТН (не известен угол падения, мощность или точное ее расположение) или заключении при изысканиях о возможном тектоническом нарушении возможно использование свободных деформационных сетей.

Разработка способа оценки смещений марок деформационной сети по измерениям со свободных станций изложен в работе [75]. Способ еще не так широко распространен и суть его состоит в следующем. Деформационная сеть представляет собой единую ломаную линию в случае создания профильных линий и триангуляционную сеть в случае площадного рассмотрения процесса деформирования оснований зданий и сооружений. Смещения и в конечном итоге, координаты исходных и рабочих реперов деформационной сети определяются на основе сравнения пространственного положения ее элементов относительно циклов наблюдений. В профильных линиях (одномерная система) вычисляют углы наклона линий и сравнивают их с величинами, определенными в предыдущем цикле. Отклонение значений свидетельствует, что произошла деформация. При этом если углы совпадают, то это говорит о стабильности

рассматриваемого элемента. При двумерной системе (сеть треугольников) определяют пространственное изменение элемента – треугольника, которое выявляется расчетом нормалей к треугольнику и далее, как было выше описано, сравнение этих нормалей, точнее их пространственного положения в предыдущем и последующем циклах.

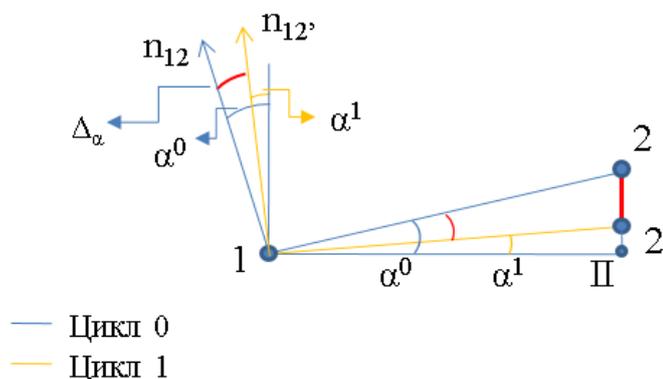


Рисунок 3.8 – Схематизация определения угла наклона линии (1,2 репера)

На рисунке 3.8 показана схема для определения угла наклона звена нивелирного хода.

Таким образом, принцип нового подхода, предложенного в работе [77], состоит в рассмотрении всей системы, которая является самодостаточной для контроля всех изменений в ней по дискретным измерениям. В каждом цикле выявляются относительно предыдущего цикла смещенные и устойчивые элементы сети. Точки не смещенных элементов служат базовыми (исходными) для определения координат точек смещенных элементов. Наглядное представление показано на рисунке 3.9.

В приведенной визуализации способа (рисунок 3.9) В первом цикле (зеленый цвет) – смещенным оказался элемент 3 (реперы 3-4), следовательно базовыми могут являться 1 и 2 элементы. Во втором и третьем циклах стабилен лишь 1 элемент.

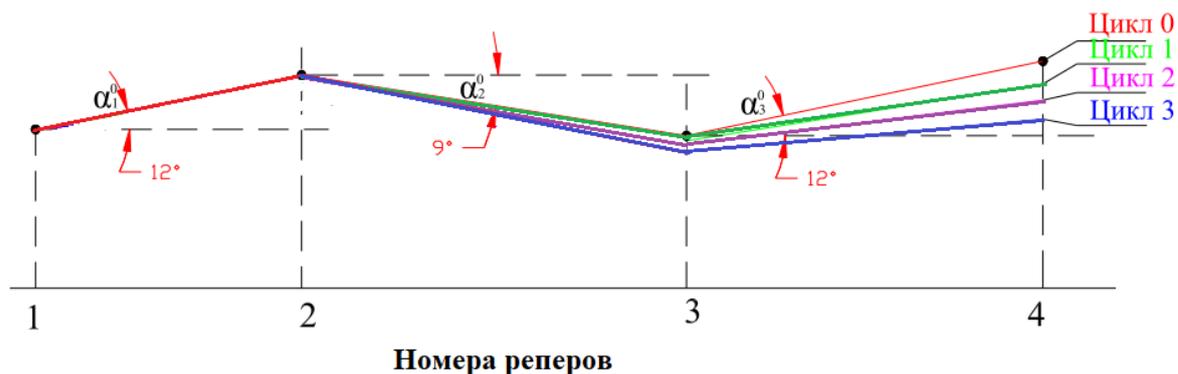


Рисунок 3.9 – Результаты моделирования линейного случая

В двумерной системе (рисунок 3.10) в отличие от линейного случая вычисляются нормали к треугольным элементам.

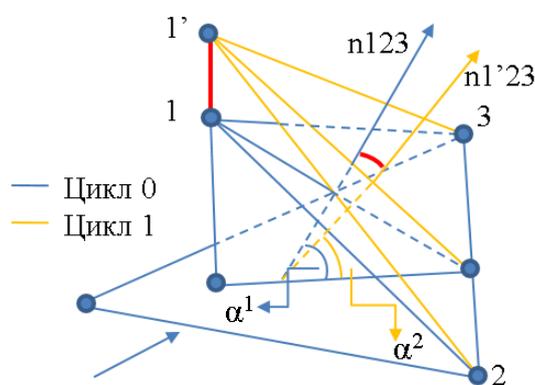


Рисунок 3.10 – Схема к определению нормалей к плоскостям треугольников в разных циклах наблюдений

Как видно принцип определения смещений в плоскостном случае идентичен линейному. В силу инвариантности сравниваемых величин измерения можно и эффективно проводить со свободных станций. При этом определение условных координат деформационных марок безусловно выше по точности за счет исключения ошибок центрирования и наведения на исходные пункты. Предположим, что имеется деформационная сеть из 9 треугольников, как показано на рисунке 3.11. Выполнены два цикла наблюдений и определены устойчивые и смещенные элементы сети.

Применение описанного способа [75] позволит выявлять отличия положения пунктов деформационной сети при наблюдениях за деформациями

зданий и сооружений как в случае наличия ЗТН, так и без нее. Следует подчеркнуть, что способ обеспечивает отслеживание изменения положения деформационных марок не опираясь на исходные реперы. Кроме того, представляется возможным на основе такого подхода выявлять расположение ЗТН, что имеет дополнительный научный и практический интерес.

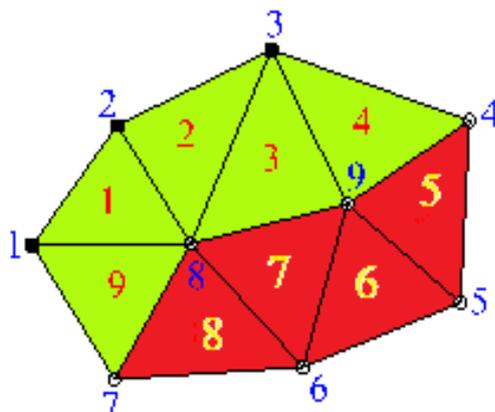
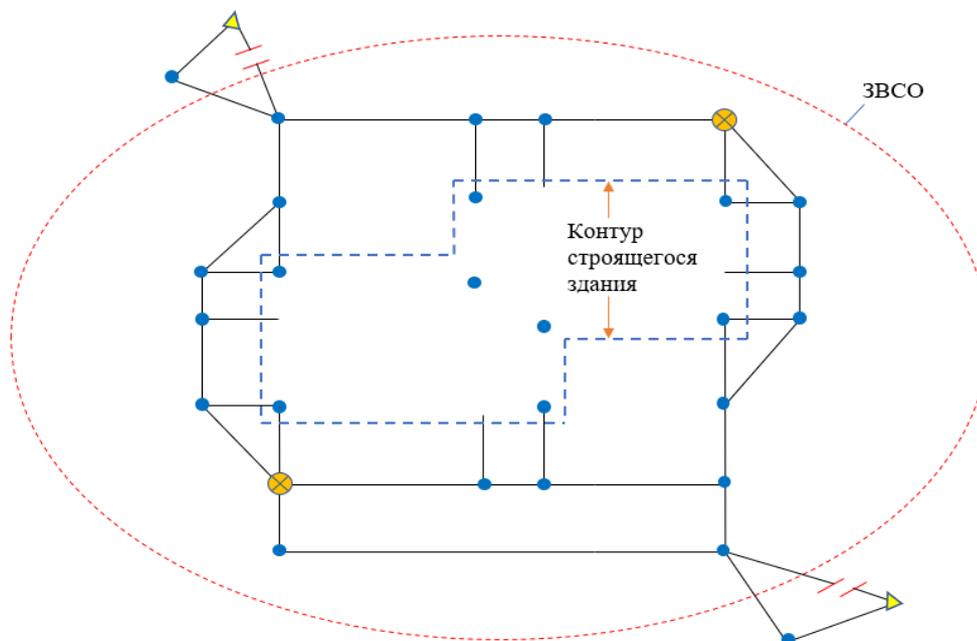


Рисунок 3.11 – Деформационная сеть (зеленым цветом показаны стабильные элементы, красным - смещенные)

Таким образом, при наличии ЗТН применение традиционного способа наблюдений за деформациями с расположением исходных реперов на отстоянии 50 - 100 м от строящегося объекта может привести к неправильной их оценке. Дело в том, что в соответствии со схематичным графиком распределения вертикальных смещений (см. рисунок 3.7) смещения в квазиоднородном грунтовом массиве (земной поверхности) распределяются (убывают) по квазилогарифмическому закону, в то время как при наличии ЗТН смещения могут распределяться весьма сложно (см. рисунок 3.7). Говоря проще при не учете ЗТН и расположении исходных реперов в пределах зоны влияния от строящегося объекта, исходные реперы будут смещаться и поэтому отметки марок будут ложными.

Теперь рассмотрим следующий весьма важный вопрос. При наличии ЗТН и тем более выявлении смещений основания здания или сооружения необходимо выполнить корректировку координат пунктов геодезической разбивочной основы (ГРО).

Следует заметить, что в [103] рекомендуется знаки геодезической разбивочной основы в процессе строительства наблюдать и проверять инструментально не реже двух раз в год (в весенний и осенне-зимний периоды). Таким образом, в условиях ЗТН возникает необходимость дополнительно выполнять проверку ГРО по мере возведения здания [31].



Рисунке 3.12 – Схема ГРО с учетом ЗТН (▲ - Пункты ГГС, ● - Пункты ГРС)

Передача координат на пункты ГРС (геодезическая разбивочная сеть или ГРО - геодезическая разбивочная основа) следует выполнять с пунктов ГГС (Государственной геодезической сети), расположенных вне зоны влияния от строящегося объекта (ЗВСО) либо с пунктов ГРО (внешняя) также расположенных вне ЗВСО, как показано на рисунке 3.12.

Таким образом, при наличии ЗТН производство разбивочных работ в ходе строительства объекта необходимо соразмерно с производством геодезических наблюдений за деформациями оснований строящегося объекта выполнять и корректировку разбивочной основы. Соразмерность подразумевает проведение работ в зависимости от этапов строительства. Например, при возведении каждого этажа выполняют цикл наблюдений за деформациями здания или сооружения и одновременно корректируется разбивочная основа.

3.2 Выводы по главе 3

По результатам проведенных исследований вытекают два важных научно-практических результата.

Геодезические наблюдения за осадками зданий и сооружений при применении традиционной методики в условиях наличия зоны тектонических нарушений следует выполнять с расположением исходных реперов за расчетной зоной влияния строящегося объекта, либо использовать способ наблюдений со свободных станций единой деформационной сети.

При наличии зоны тектонических нарушений необходимо выполнять проектирование и корректирование геодезической разбивочной основы с учетом расчетной зоны влияния строящегося объекта.

ГЛАВА 4 ПРОВЕРКА РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ВО ВЬЕТНАМЕ С НАЛИЧИЕМ ЗОНЫ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

4.1 Выбор и описание объектов проектирования

Во введении было указано на чрезвычайную актуальность настоящей работы для повышения безопасности строительства различных объектов во Вьетнаме. Показано наличие множества геологических разломов. В этой связи объекты выбраны в столице Вьетнама (рисунок 4.1).

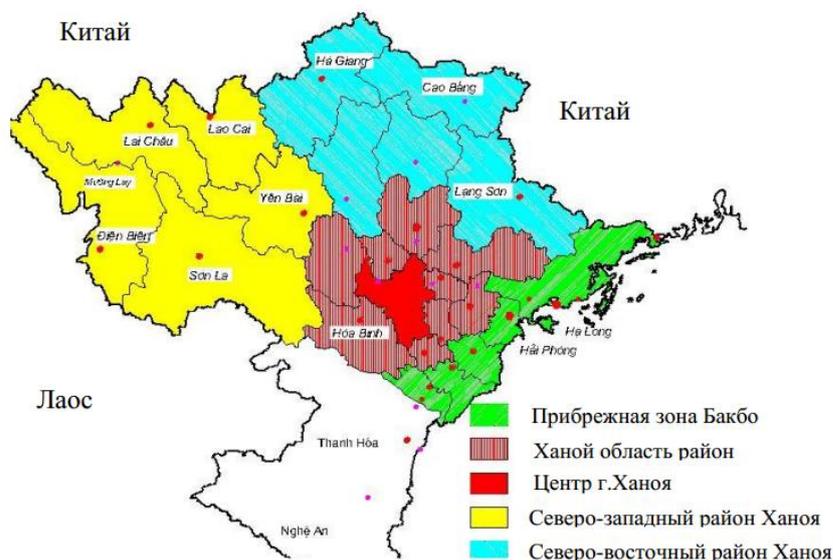


Рисунок. 4.1 – Географическая карта Ханойской области

В Ханое ведется интенсивным строительством, которое особенно наблюдается в последние годы. Ханой крупный политический, культурный, научный и экономический центр. Город имеет 1000-ю историю образования и развития, площадь 3.348,5 кв. км и население 7.657.374 чел. Географические координаты Ханоя и его окрестности: широта от $20^{\circ}53'20''$ до $21^{\circ}23'20''$, долгота от $105^{\circ}43'40''$ до $105^{\circ}56'30''$.

Ханой расположен в дельте Красной реки, где зафиксирована целая система разломов (ЗТН, см. главу 1), таких как Шонгхонг, Шонгтяй, Шонгло, Виньнинь. Эти ЗТН изучали многие ученые и установлено различное влияние

этих разломов на жизнедеятельность, включая здоровье, растительный и животный мир.

Город Ханой имеет много микрорайонов, высотных зданий, исторических памятников культуры, крупных промышленных зон и др, расположенные на или рядом с ЗТН. Эти области проявляют себя разнообразно, однако от них исходит опасность в виде возможных землетрясений, оседаний земной поверхности, оползней и др. В этой связи оценка влияния ЗТН для прогнозирования возможной опасности при строительстве зданий и сооружений, способствует повышению безопасности и в этой связи является очень важной задачей в развитии города.

На рисунке 1.5 (см. главу 1) приведена территория, в которой находится Ханойская область, заключенная между разломами Шонгхонг, Шонгтяй, Шонгло, Виньнинь.

Выбраны проектируемые объекты, которые расположены вблизи разломов (ЗТН). На примере этих объектов планируется весь комплекс мероприятий по учету ЗТН, разработанный в предыдущих главах. В рамках мер предусматривается: оценка зоны влияния строящегося объекта с учетом ЗТН; выбор схемы геодезических наблюдений; обработка данных и определение вертикальных смещений; рекомендации по корректированию ГРО.

4.2 Проектирование наблюдений за деформациями с учетом зоны тектонических нарушений при строительстве Здание Донгтау N5 Тхиньлет – Хоангмай – г. Ханой, Вьетнам

Объект исследования расположен на районе Тхиньлет – Хоангмай – г. Ханой, Вьетнам. Для возведения жилого комплекса «Здание Донгтау N5 Тхиньлет – Хоангмай – г. Ханой» была произведена откопка котлована глубиной 4 м, размерами в плане 52 x 25 м, здание имеет 9 этажей.

С 2014 года этот район стал опасным для проживания и проведено переселение жителей здания Донгтау из за значительных неравномерных осадок. В 2016 году в кондоминиуме N5 произошел обвал жилых домов,

зданиях *N4*, *N6*, *N7* и *N10* также столкнулись с серьезным проседанием, обвал погружения глубиной от 20 - 40 см (рисунки 4.2, 4.3).



Рисунок 4.2 – Здание Донгтау *N5* Тхиньльет – Хоангмай, г. Ханой



Рисунок 4.3 – Обвал и осадки здания Донгтау *N5* (<https://baomoi.com/can-canh-chung-cu-n5-dong-tau-sut-lun-nguy-hiem-chet-nguoi/c/20097930.epi>)

Рассмотренные модели (см. главу 2) вполне соответствуют данному объекту.

В [23, 97] требования к проведению инженерно-геологических изысканий необходимо проведение геологических работ по выявлению ЗТН. геодезические наблюдения за движениями земной поверхности следует выполнять в районах развития современных разрывных тектонических смещений и техногенных деформаций земной поверхности, в районах строительства крупных и уникальных сооружений, а также в процессе геодезического контроля за поведением указанных сооружений в процессе их строительства и эксплуатации.

В [95] геодезическую разбивочную основу (ГРО) на строительной площадке или вблизи объекта строительства следует создавать в виде сети закрепленных знаками геодезических пунктов в местах, обеспечивающих их сохранность на весь период строительства с учетом удобства, определения положения здания (сооружения) на местности и обеспечивающих выполнение дальнейших построений и измерений в процессе строительства с необходимой точностью. Следовательно, в случае подвижек земной поверхности необходимо проводить систематические измерения с целью корректировки координат пунктов ГРО.

Схема наблюдения деформации здания Донгтау N5 с учетом ЗТН

Метод наблюдения деформационных осадки для зданий и сооружений, расположенных в ЗТН (разлом Шонгтяй). Объектом наблюдения является здание Донгтау N5. На рисунке 4.4 показан снимок территории в (Google Earth). Здание находится в опасной зоне (расселения) города Ханоя, расположенной между разломами Шонгтяй, Виньнинь, Шонгло.

Здание расположено в 200м от разлома Шонгтяй справа. По данным исследований зона влияния составляет 192 м. Вместе с тем очевидно, что сам разлом позиционируется в 200 м, однако ЗТН (зона тектонической нарушений) безусловно больше. Этому свидетельства деформаций зданий и их приход в аварийное состояние.

Наблюдения в соответствии с разработанной методикой проектируются по традиционной технологии нивелирования 2-го класса с вынесением исходных реперов за зону влияния строящегося здания (см. рисунок 4.4).



Рисунок 4.4 – Снимок местности и схема расположения марок вокруг здания Донгтау N5 (1-8 деформационной репера) (материалы Google Earth)

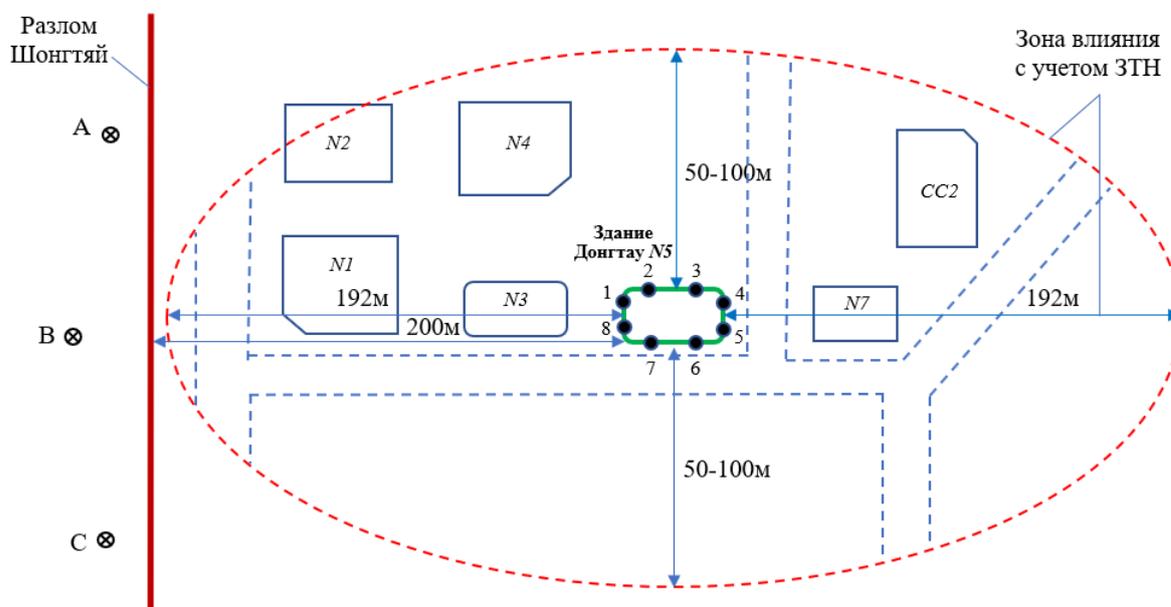


Рисунок 4.5 – Схема наблюдения за вертикальными смещениями здания Донгтау N5

в зоне влияния с учетом ЗТН (⊗: А, В, С - Исходные репера; ●: 1-8 - Деформационной репера)

4.3 Наблюдения за деформациями сооружений с учетом зоны тектонических нарушений «Мост Дуонг района Йенвьен - Жалам – г. Ханой»

Мост Дуонг является автомобильным и железнодорожным мостом, пересекающим реку Дуонг, на старой национальной автомагистрали 1А, соединяющий Дукжанг - Лонгбьен с Йенвьен - Жалам, г. Ханоя. У моста тогда было 5 пролетов, 2 абатмента и 5 столбов. Мост был перестроен в 1981 году, длина моста составляет 225м.



Рисунок 4.6 – Мост Дуонг в районе Йенвьен – Жалам и Дукжанг – Лонгбьен, г. Ханой

В октябре 2017 года появилось много трещин, в результате чего устой моста Дуонг получили трещины шириной 10 – 20 см, длиной около 300м. При этом рядом находится жилой район. Мост Дуонг расположен между двумя основными разломами на севере Вьетнама, такими как разлом Шонгтяй, Шонгло, Виньнинь. Данное ЗТН можно квалифицировать как активный разлом. В прошлом зафиксированы подвижки по его сместителю при (см. главу 1)

землетрясениях (см. рисунок 1.16). Объект исследования находится в 200 м от разломов Шонгло справа. В этом районе зафиксированы такие проявления как оседания земной поверхности, эрозия берегов реки и т.д (рисунок 4.7).



Рисунок 4.7 – Оседание при устои моста Дуонг и жилого комплекса

Схема наблюдения деформации моста Дуонг с учетом ЗТН



Рисунок 4.8 - Снимок моста и схема расположения марок вокруг моста Дуонг в ЗТН (1-10 деформационной репера) (материалы Google Earth)

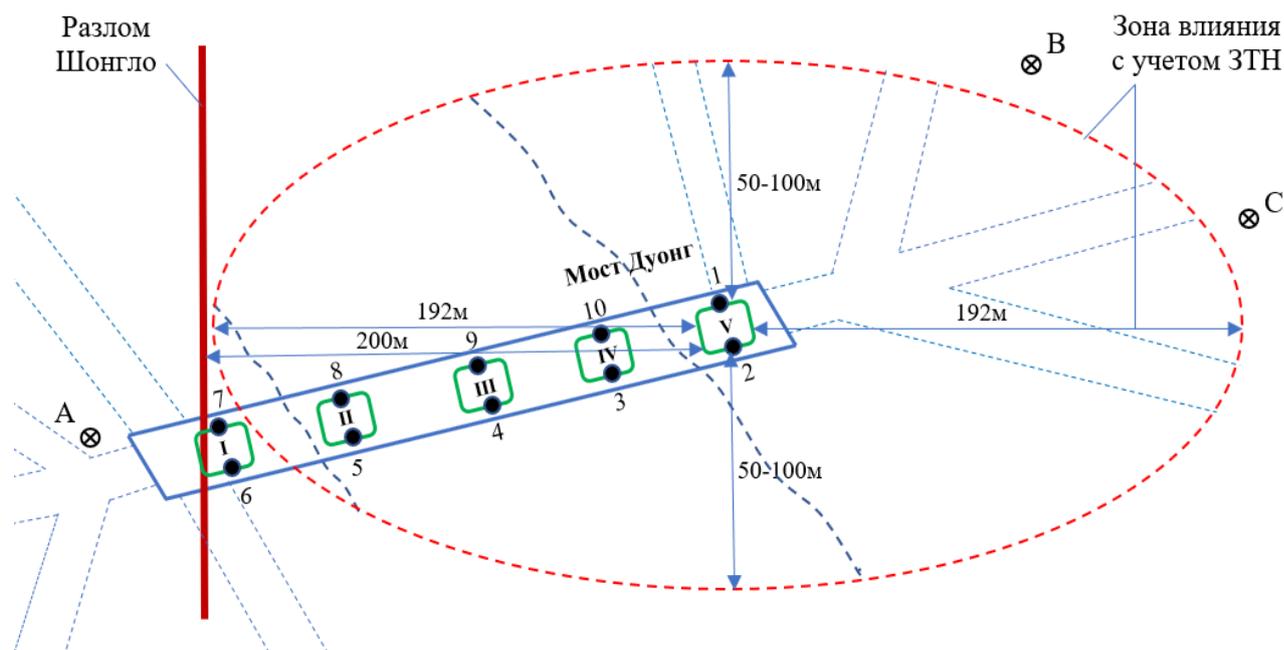


Рисунок 4.9 – Схема наблюдения вертикального смещения моста Дуонг в зоне влияния с учетом ЗТН (I-V столбы моста; \otimes : A, B, C - Исходные репера \bullet : 1 - 10 - Деформационной репера)

Наличие ЗТН и зафиксированные негативные проявления деформационного процесса, обуславливают проведение геодезических наблюдений, которые возможно проводить по двум вариантам:

- первый – это традиционная схема с тремя исходными реперами, однако размещать их необходимо за зоной влияния, от строящегося объекта (см. рисунки. 4.5 и 4.9).

- второй – можно использовать схему свободной деформационной сети, методика наблюдений по которому изложена в работе [80].

По результатам этих оценок, в случае обнаружения движением земной поверхности, возникает необходимость в корректировке ГРО. Следует заметить, что в соответствии с [8] ГРО на строительной площадке или вблизи объекта строительства следует создавать в виде сети закрепленных знаками геодезических пунктов в местах, обеспечивающих их сохранность на весь период строительства.

4.4 Выводы по главе 4

В настоящей главе выполнена прикидка, разработанной методики геодезических работ на объектах строительства, которые находятся вблизи с ЗТН. Все объекты приурочены к районам столицы Вьетнама городу Ханюю.

Во Вьетнаме остро стоит вопрос о контроле деформаций при строительстве зданий и сооружений. Проведенный анализ при выборе объектов реализации разработанной методики показал чрезвычайную необходимость ее внедрения.

Выбраны наиболее важные объекты, на которых необходимо использование авторского подхода. Первый объект это здания Донгтау N5 и второй мост Дуонг. Оба объекта находятся в столице Вьетнама.

Показаны схемы влияния строящегося объекта, которые определяют весь комплекс геодезических работ. В первую очередь запроектировано проведение геодезических наблюдений за деформациями здания Донгтау N5 и далее - мост Дуонг. Помимо этого, необходимо корректирование ГРО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований автором диссертации разработана методика геодезических наблюдений при строительстве зданий и сооружений в условиях наличия зон тектонических нарушений.

Основные выводы состоят в следующем

1. Обосновано качественное и количественное отличие деформационного процесса в основании строящегося здания, сооружения при наличии зоны тектонических нарушений.

2. Показано на основе моделирования напряженно-деформированного состояния грунтового массива, что при строительстве зданий, сооружений вблизи зоны тектонических нарушений размер зоны влияния строящегося объекта может увеличиваться в 2 и более раз от нормативных значений в зависимости от нагрузки на основание и свойств грунтового массива.

3. Разработана методика учета зон тектонических нарушений при геодезических наблюдениях за осадками их оснований, включающая построение зон влияния строящегося объекта, проектирование расположения исходных реперов за этой границей и непосредственное выполнение наблюдений по традиционной методике или с применением способа наблюдений со свободных на станциях и построением единой деформационной сети.

4. Разработаны принципы проектирования и корректирования геодезической разбивочной основы в условиях наличия зон тектонических нарушений, которые состоят в построении опорной сети за границей ЗТН и корректировании ГРО соразмерно этапам возведения объекта.

5. Работа имеет практическую направленность и имеет конкретно поставленную цель геодезического обеспечения наблюдений за зданиями и сооружениями с учетом ЗТН для Вьетнама. Вместе с тем разработки, представленные в диссертации, базируются в основном на результатах отечественных исследований и в этой связи актуальны и для России.

6. Перспективы дальнейших исследований состоят в уточнении параметров зон влияния строящихся объектов в условиях наличия ЗТН на основе исследований по результатам натурных данных, что послужит развитию методик геодезического обеспечения для неоднородных грунтовых массивов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахманов, Р. Ф. Гидроэкология Башкортостана / Р. Ф. Абдрахманов. - 2005. - 344 с
2. Абдылдаев, Э. К. Метод конечных элементов при решении прикладных задач / Э. К. Абдылдаев. - Алматы.: Полиграфия-сервис. – 2011. –111с.
3. Абрамович, О. К. Необходимость геодинамического районирования городских территорий на примере г. Гомеля / О. К. Абрамович. – М.: Изд-во ИГиРГИ. - 2000. – 46-47 с.
4. Азаров, Б.Ф. Современные методы геодезических наблюдений за деформациями инженерных сооружений / Б. Ф. Азаров // Ползуновский вестник. – Барнаул. – 2011. – № 1. – С. 19-29.
5. Азаров, Б.Ф. Современные методы геодезических наблюдений за деформациями инженерных сооружений / Б. Ф. Азаров. – № 1. – 2011, 19-29 с.
6. Алехин, В.И. Неотектоническая активность и проницаемость трещинных структур гранитного массива Каменные Могилы / В.И. Алехин, В. Э. Тобиаш, П. В. Койнаш, М. В. Пристинская // Наукові праці ДонНТУУ Серія гірничо-геологічна. – 2002. – Вип.45. – С. 107-112.
7. Алехина, В.И. «Разломы земной коры как зоны экологического риска» / В.И. Алехина. (Геолого-мінералогічний вісник. - 2004. - №1)
8. Ассане, А.А. Геодезические методы анализа высотных и плановых деформаций инженерных сооружений и земной поверхности / А. А. Ассане. Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК). – Москва. – 2007. – С. 26.
9. Атлас. Геологія і корисні копалини України / Атлас. - КИЇВ: ИГН НАН України. – 2001. – 168с.
10. Афонин, Д. А. Оптимизационная модель выбора схемы плановой геодезической разбивочной сети на застроенной территории / Д. А. Афонин // Геодезия и картография. – 2011. – № 9. – С. 16-22.
11. Афонин, Д. А. Проектирование геометрических параметров

наземного лазерного сканирования при контроле деформаций зданий и сооружений в условиях плотной застройки / Д. А. Афонин, М. Я. Брынь, Е. Г. Толстов // Геодезия и картография. – 2013. – № 2. – С. 2-7.

12. Брынь, М. Я. Геодезический мониторинг деформаций вантовых мостов на основе спутниковых технологий/ М.Я. Брынь, Е. Г. Толстов, А. А. Никитичин, Б. Резник, А. И. Яценко, О.В. Евстафьев, В. А. Кучумов// известия петербургского университета путей сообщения. – 2009. N 2. – С. 120-128.

13. Буй, Х. Сбор, оценка существующих данных и дополнительное изучение районирования слабых водонасыщенных грунтов в Ханое. Отчет о научно-исследовательской работе / Научный руководитель работ проф., д.г.-м.н., Хок Буй (ректор Ханойского Горно-геологического института), отв. исполнитель доц., канд.г.-м.н., Ху Фьонг Нгуен и др. – Ханой: – 2005. – 257 с.

14. Ву, Д.Ч. Строение неоген-четвертичных отложений Ханойского прогиба и история ее развития: дисс. канд. геол.-минер. наук. / Динь Чинь Ву. – М.: – 1977.

15. Вершинина, Ю.В. Геодезическое обеспечение мониторинговых наблюдений за деформационными процессами на геодинамических полигонах нефтегазовых месторождений: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. / Ю.В. Вершинина. – Санкт-Петербург: – 2016. – 20 с.

16. Волков, В. И. Новый подход к применению маркшейдерско-геодезических наблюдений для контроля техногенных последствий разработки нефтегазовых месторождений / В. И. Волков, Н. В. Волков, О. В. Волков // Маркшейдерский вестник. – 2018. – №3. – С. 45-50.

17. Волков, В. И. Особенности геодезического контроля за вертикальными деформациями строящегося сооружения / В.И. Волков, Т.Н. Волкова, Н.В. Волков // Науки о Земле: вчера, сегодня, завтра: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2018 г.). – Казань: Молодой ученый. – 2018. – С. 911.

18. Ганьшин, В. Н. Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов / В. Н. Ганьшин, А. Ф. Стороженко, А. Г. Ильин. – М.: Недра. –1981. – 215 с.

19. Геодезические методы изучения деформаций земной коры на геодинамических полигонах: Метод. руководство / Гл. упр. геодезии и картографии при Совете Министров СССР

20. ГКИНП 02-262-02. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS.

21. Горбушина, Л. В. Иманационный метод индикации геодинамических процессов при инженерно-геологических изысканиях / Л.В. Горбушина, Ю.С. Рябоштан // Советская геология. – 1975, – №4. – С. 106-112.

22. Гост 24846-81. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. – Москва. - 1981, - 30 с.

23. ГОСТ 32868-2014 требования к проведению инженерно-геологических изысканий. – Москва. - 2015. - 62 с.

24. Грабчак, Л. Г. Проведение горно-разведочных выработок и основы разработки месторождений полезных ископаемых / Л. Г. Грабчак. – Москва. – 1997. - 578 с.

25. Губин, В. Н. Космогеология на современном этапе: региональные исследования, литомониторинг, образование / В. Н. Губин [и др.] Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. – Минск. – 2006. – С. 14-18.

26. Гудзенко, В. В. Радон у підземних водах Києва / В. В. Гудзенко, Т. О. Голиков, Г. Й. Гудзенко, О. Л. Шевченко. – Вісник Київського національного університету ІМ.Т. Шевченко. Геологія. – 2004. – Вин. 29-30. – С.101-104.

27. Гуляев, Ю. П. О геодезическом мониторинге природно-технических систем и оптимальном конструировании точности его топографо-

геодезической основы Текст. / Ю. П. Гуляев, Е. А. Васильев // Геодезия и картография. – 2001. – № 4. – С. 5-9.

28. Гуляев, Ю. П. Прогнозирование деформаций сооружений на основе результатов геодезических наблюдений: монография / Ю. П. Гуляев. – Новосибирск: – СГГА. – 2008. - 256 с.

29. Данг, В. Б. Морфология и новейшая тектоника Северного Вьетнама / Ван Бат Данг. Автореф. дисс. канд. геол.-минер. наук., – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. – 1978.

30. Дашко, Р. Э. Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга / Р. Э. Дашко, О. Ю. Александрова, П. В. Котюков, А. В. Шидловская. – СПбГУ. – 2011. – №1. – 47с.

31. Динь Тхи, Л. Х. Разработка методики создания геодезических опорных сетей при строительстве гидроэлектростанций во Вьетнаме: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ле Ха Динь Тхи. – М. – 2013.

32. Зайцев, А. К. Геодезические методы исследования деформаций сооружений/ А. К. Зайцев, С. В. Марфенко, Д. Ш. Михелев и др. - М.: Недра. – 1991. – 272 с.

33. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М: Мир. 1975. – 271 с.

34. Иванов, И. П. Инженерная геодинамика. – Санкт-Петербург / И. П. Иванов, Ю. Б. Тржцинский: – Наука. – 2001. – 411с.

35. Инструкция по эксплуатации металлических антенных опор радиоцентров и радиотелевизионных передающих станций. – М., «Радио и связь». – 1983. – 43 с.

36. Као, Д. Ч. Некоторые характеристики активно-тектонического разлома реки Красной / Динь Чьеу Као, Хыу Туен Нгуен и др // Журнал «Горно-геологические науки». – 2006. – №14. – С. 67-73.

37. Карлсон, А. А. Руководство по натурным наблюдениям за

деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами / А. А. Карлсон. – М.: Энергия. – 1980. – С. 200.

38. Кафтан, В. И. Геодезические методы решения геодинамических задач (Современные движения земной коры). Итоги науки и техники. Сер. Геодезия и аэросъемка. Т.28. / В. И. Кафтан, Л. И. Серебрякова. – М.: ВИНТИ АН СССР. – 1990. – 150 с.

39. Кафтан, В. И. Определение смещений и деформаций по данным спутниковых геодезических измерений / В. И. Кафтан, П. А. Докукин // Геодезия и картография. – 2007. – №9. – С. 18-22.

40. Кац, А. З. Сейсмическое микрорайонирование с учетом изменения параметров колебаний и напряжений с глубиной. / А. З. Кац. Сейсмическое движение грунта. Вопр. инж. сейсмологии. – М.: Наука. – 1970, вып. 13. – С. 16-30.

41. Кашников, Ю. А. Механика горных пород при разработке месторождений углеводородного сырья / Ю. А. Кашников, С. Г. Ашихмин. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр». – 2007. – 467 с. :ил.

42. Колмогоров, В. Г. Деформационное состояние земной поверхности Алтае-Саянской области по геодезическим данным Текст. / В. Г. Колмогоров, Е. Н. Сапегина // Вестн. СГГА. – Вып. 9. – Новосибирск. – 2004. – С. 27-30.

43. Кочетова, Э. Ф. Инженерная геодезия: Учебное пособие / Э. Ф. Кочетова. – Нижний Новгород: Волжская гос. инж.-педагогическая академия. – 2005. – С. 155.

44. Крамынин, П. И. Ускорения колебаний скальных и рыхлых грунтов при сильных землетрясениях / П. И. Крамынин, Ю. К. Чернов, В. В. Штейнберг // Эпицентральная зона землетрясений. Вопр. инж. сейсмологии. – М.: – Наука. – 1978, вып. 19. – С. 140-148.

45. Лазарев В. М. Геоэкологические проблемы оползне-опасных территорий и их решение с использованием геодезических методов / В. М.

Лазарев // Томский государственный архитектурно-строительный университет. -Томск. – 2007. – С. 406.

46. Лазаревич, Т. И. Геодинамическое районирование Южного Кузбасса - Кемерово / Т. И. Лазаревич, В. П. Мазикин, И. А. Малый, В. А. Ковалев, А. Н. Поляков, А. С. Харкевич, А. Н. Шабаров: – ВНИМИ. – Кемеровское Представительство. – 2006. – С. 181.

47. Лазерное сканирование / В. А. Середович, А. В. Комиссаров. – Новосибирск : СГГА, 2009. – С. 232–261.

48. Мазуров Б. Т. Структурное моделирование полученных по геодезическим данным сдвижений путем визуализации / Б.Т. Мазуров, А. А. Панжин, А. А. Силаева // Геодезия и картография. – 2016. – № 3. – С. 35-40.

49. Маркузе, Ю. И., Большаков, В. Д. Практикум по теории математической обработки геодезических измерений: учеб. для вузов. – М: Недра. – 1984. – С. 118-121.

50. Марфенко, С. В. Геодезические работы по наблюдению за деформациями сооружений / С. В. Марфенко. Учебное пособие. Для специальности прикладная геодезия. – МИИГАиК. – Москва. – 2004. – 36 с.

51. Машимов, М. М. Геодинамика: современные проблемы и перспективы Текст / М. М. Машимов // Геодезия и картография. – 1995. – № 10. – С. 20-30.

52. МДС 13-22.2009 Методика геодезического мониторинга технического состояния высотных и уникальных зданий и сооружений. - М.: ОАО «ЦПП». - 2010. - 76 с.

53. Министерство природных ресурсов и окружающей среды. Национальные технические стандарты по строительству высокой сетки. – Ханой: Строительной науке и технике. – 2008. – 95 с.

54. Михайлова, В. И. Разломы земной коры и их влияние на строительство и эксплуатацию инженерных сооружений / В. И. Михайлова (Белорусский национальный технический университет). – № 1. – 2009, - 6 с.

55. Мурзайкин, И. Я. Наблюдения за тектоническими подвижками в пределах существующих разломов / И. Я. Мурзайкин, Н. И. Сивакова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 2 (12).

56. Мустафин, М. Г. Контроль допустимых деформаций земной поверхности при строительстве вертикальных выработок в условиях застроенных территорий / М. Г. Мустафин, А. С. Наумов // Записки горного института. – 2012. – Т. 198. – С. 194-197.

57. Мустафин, М. Г. Моделирование геомеханического состояния пород, вмещающих горную выработку / М.Г. Мустафин. – СПбГАСУ. – СПб. – 1999.

58. Мустафин, М. Г. Моделирование разрушения массива горных пород в процессе подвигания очистного забоя с разной скоростью / М. Г. Мустафин // Записки Горного института. – Т. 171. – 2007. – С. 130-133.

59. Мустафин, М. Г. Об основных факторах, обуславливающих возникновение горных ударов с разрушением почвы выработок / М. Г. Мустафин, И. М. Петухов // Горный информ. -аналит. бюл. – 2002. – № 11.

60. Мустафин, М. Г. Особенности создания геодезических сетей сгущения во Вьетнаме / М. Г. Мустафин, Тхань Шон Чан, Мань Хунг Чан // Успехи современной науки. – 2017. – Том 9. № 4. – С. 241– 246.

61. Мустафин, М. Г. Оценка вертикальных смещений оснований зданий и сооружений на основе анализа элементов деформационной сети. М.Г. Мустафин, Х.В. Нгуен. Геодезия и картография. – 2019. Т. 80. – № 3. – С. 11-19.

62. Мустафин, М. Г. Совершенствование геодезического обеспечения в строительстве с учётом зон тектонических нарушений и применения топоцентрических координат / М.Г. Мустафин, Ш.Т. Чан, М.Х. Чан. – Геодезия и картография. – 2019. Т. 80. – № 11. – С. 2-14.

63. Мустафин, М. Г. Современное маркшейдерско-геодезическое

обеспечение эксплуатации горных предприятий / М. Г. Мустафин, Е. Н. Грищенко, Ж. А. Юнес, Г. И. Худяков // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2017. – №4. – С. 190-203.

64. Нгуен Д. Х. Геологические риски Ханоя / Динь Хое Нгуен, Тунг Бак Та // Журнал «Научная активность». – 1995. – №3. – С. 30-32.

65. Нгуен, В. Л. Основные особенности геологии и тектоники впадины Красной реки (Вьетнам): автореф. канд. дисс. геол.-минер. наук / Ван Льен Нгуен. – М. – 1996. – 20с.

66. Нгуен, Д. Д. Отчет о геологических изысканиях на территории Ханоя. Главное геологическое управление Вьетнама. Ответственный исполнитель / Дык Дай Нгуен. – Ханой: – 1996. – 178с.

67. Нгуен, Д. М. Инженерно-геологическое обеспечение освоения подземного пространства города Ханоя (Вьетнам) / Дык Мань Нгуен. Диссертация «Геология». – 2010. – 256 с.

68. Нгуен, Д. С. Каталог землетрясений Вьетнама с 114-2003гг. // Отчет института физики Земли, отв / исполнитель проф., канд. г.-м.н. Динь Суен Нгуен. – Ханой. – 2004.

69. Нгуен, Д. С. Совершенствование карты по сейсмическому микрорайонированию центральной части Ханоя и его окрестностей с масштабом 1:25000. Отчет о научно-исследовательской работе. Научный руководитель работ института физики земли, отв / исполнитель проф., канд. г.-м.н. Динь Суен Нгуен. – Ханой: – 1994. – 117 с.

70. Нгуен, Н. Т. Дополнительное изучение и совершенствование сейсмического микрорайонирования территории Ханоя в масштабе 1:25 000, составление каталога данных сейсмических воздействий на основания сооружений в Ханое. Отчет о научно-исследовательской работе, отв. исполнитель доц., канд. г.-м.н. Ханой: – 2004. – 140 с.

71. Нгуен, Н. Т. Оценка сейсмической опасности территории Северного Вьетнама и детальное сейсмическое районирование Ханойского

прогиба: дисс. канд. геол.-минер. наук / Нгок Тху Нгуен. – Л.: – 1987. – 163с.

72. Нгуен, Х. В. Анализ и пути развития методов оценки устойчивости опорных реперов при наблюдениях за оседаниями земной поверхности / Х. В. Нгуен, М. Г. Мустафин // Естественные и технические науки. – 2017. – № 5 (107). – С. 89-96.

73. Нгуен, Х. В. Особенности организации мониторинга вертикальных смещений деформационной сети во Вьетнаме / Хыу Вьет Нгуен, Мань Хунг Чан, Тхань Шон Чан // Актуальные вопросы науки: Материалы XXX Международной научно-практической конференции. – М. : Издательство «Спутник +». 2017. – С. 105–107.

74. Нгуен, Х. В. Пути развития способов оценки устойчивости опорной геодезической сети / Хыу Вьет Нгуен, Мань Хунг Чан, Тхань Шон Чан // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности» 01 октября 2017. Уфа. – С. 135 – 142.

75. Нгуен, Х. В. Разработка методики оценки вертикальных смещений оснований зданий и сооружений на основе анализа элементов модели деформационной сети / Х. В. Нгуен // Диссертация «Геодезия». – 2018. – 164 с.

76. Нгуен, Х. Ф. Изучение опасности землетрясений в городе Ханое. Отчет о научно-исследовательской работе, отв / исполнитель канд. г.-м.н. Хонг Фыонг Нгуен и канд. г.-м.н. Нхат Зунг Чан. – Ханой. – 2002. – 145 с.

77. Нгуен, Х. Ш. Исследование и комплексные решения для проектирования и обработок данных по высокому проседанию измерительной геометрии в гражданском строительстве / Х. Ш. Нгуен. – Вьетнам: Ханойский университет горного дела и геологии. – 2010. – 191 с.

78. Новиков, Г. Ф. Радиоактивные методы разведки / Г. Ф. Новиков, Ю. Н. Капков. – Л.:Недра. – 1965. – 759 с.

79. Нуен, Д. К. Классификация глубинных разломов: Главнейшие типы глубинных разломов Вьетнама и их возраст. ДАН СССР / Динь Кат Нуен

// Геология. – М.: – 1983. – С 276.

80. Панжин, А. А. Результаты наблюдений за деформациями породных массивов методами спутниковой геодезии / А. А. Панжин // Сборник трудов международной конференции «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли». – Новосибирск: ИГД СО РАН. – 2001.

81. Панов, Б. С. Новые методы изучения биосферы и решения геологоразведочных задач / Б. С. Панов, В. И. Купенко, В. И. Алехин // Материалы III международного совещания «Геохимия Биосферы». – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та. – 2001. – С. 113-114.

82. Панов, Б. С. О новом методе структурно-геодинамических исследований / Б. С. Панов, Ю. С. Рябоштан, Е. П. Тахтамиров, В. И. Алехин // Советская геология. – 1984. – №1. – С. 66-75.

83. Поляков, А. Н. Геодинамическое районирование шахтных полей на основе системного анализа геоинформации о строении геологической среды и земной поверхности. Санкт-Петербург / А.Н. Поляков. – ВНИМИ. – 2012. – 97-107 с.

84. Разломы района Игналинской АЭС И. Юкняпис [и др.] Проблемы экологической геологии в Прибалтике и Белоруссии. – Вильнюс. – 1990. – С. 194–197.

85. Резниченко И.Н. Утяжеление буровых и тампонажных растворов / И.Н. Резниченко. – Москва <<НЕДРА>>. – 1978. – 288 с.

86. Руководство по геодинамическому районированию шахтных полей. - Санкт-Петербург. – ВНИМИ. – 2012. – С. 114.

87. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. Стройиздат, – 1975. – 156 с.

88. Сашурин, А. Д. Влияние земных разломов на прочностные характеристики зданий и сооружений / А. Д. Сашурин, Н. А. Панжина // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – № 1.

89. Святогоров, А. А. Дистанционная диагностика зон потенциальной

аварийности инженерных сооружений (зон риска), связанных с современной геодинамической активностью / А. А. Святогоров, Н. Н. Абраменко // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. – Минск. - 2006. – С. 159–162.

90. Сейсмическое микрорайонирование Ханоя / Институт Физики и Земли. - Ханой: - Наука и техника. - 1990. - 106 с.

91. Сергеев, Е. М. Инженерная геология СССР Т3 / Е.М. Сергеев. – 1977. – 657с.

92. Сергеев, Е. М. Инженерная геология СССР Т4 / Е.М. Сергеев. – 1978. – 502 с.

93. Середович, В. А. Опыт создания геодезической разбивочной сети с применением современных измерительных систем / В. А. Середович, Ю. Н. Нагорный, В. А. Скрипников // Вести. Сиб. гос. геодез. акад. / СГТА. – Новосибирск. - 1999. – Вып. 4. – С. 15-18.

94. СНИП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений. – Москва. - 1995, - 52 с.

95. СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве. – Москва. - 2012. - 84 с.

96. СП 11-104-97. Свод правил. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. – Москва. – 1997. – 139 с.

97. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. (СНиП 11-02-96). – Москва. – 2013. – 168 с.

98. Спиридонов, В. П. Мониторинг деформаций земной поверхности, зданий и сооружений спутниковыми системами / В. П. Спиридонов, Г. Н. Бирюков // «Маркшейдерия и недропользование». - №1. - 2007. – С. 46–53.

99. Столбов Ю.В. Теоретические основы и методы расчета точности разбивочных работ и геодезического контроля качества возведения зданий и сооружений / Ю.В. Столбов. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук – Омск. – 1998.

100. Столбов, Ю. В. Допуски построения строительных сеток и исследование влияния количества исходных пунктов на их точность / Ю. В. Столбов, С. В. Ляшко. Тр.Сиб.АДИ, вып. 1ч. 1. – Омск. – СибАДИ. – 1997.
101. Столбов, Ю. В. Статистические методы контроля качества строительно-монтажных работ / Ю.В. Столбов. Стройиздат. – М. – 1982.
102. Тектонофизические параметры разломов литосферы, избранные методы изучения и примеры использования С.И. Шерман. Институт земной коры СО РАН. – Иркутск. – 2009. – 89 с.
103. Тяшкевич, И. А. 40 лет развития методов дистанционного зондирования природных ресурсов в Республике Беларусь И. А. Тяшкевич Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. – Минск. – 2006. – С. 6–10.
104. Усачев, П. М. Гидравлический разрыв пласта / П. М. Усачев. – Недра. – 1986. – 165 с.
105. Фан, В. Х. Геодезические работы / В. Х. Фан, В. Х. Нго, К. Чан, К.Ф. Нгуен, К. Т. Нгуен, Х. Т. Фан, В. Т. Чан. – М.: Транспорт. – 2004. – 392 с.
106. Фан, В. Х. Оптимальный дизайн геодезической сети / В. Х. Фан, Н. Д. До. – М.: Транспорт. – 2007. – 122 с.
107. Ха, В. Х. Некоторые новые задачи тектонической активности в районе Ханое и его окрестностях / Ван Хай Ха // Журнал «Геология». – 2007. – №299. – С. 68-82.
108. Хямяляйнен, В. А. Геодинамическое районирование перспективных угольных месторождений как фактор повышения безопасности горных работ и эффективности функционирования предприятий / В. А. Хямяляйнен, В. В. Иванов, Н. Ф. Сурунов, Р. В. Бузук // "Горная книга". – Москва. – № 2. – 2007. – С. 167 - 179.
109. Чан К. Учебник по строительству зданий / К. Чан, С. Т. Хоанг, А.З. Нгуен, В.Ч. Нгуен // Институт науки и технологии строительства. – 2013. – 279 с.

110. Чан М. Х. Методика геодезических наблюдений за деформациями земной поверхности с учетом геологических разломов / Мань Хунг Чан, Хью Вьет Нгуен // Актуальные вопросы науки: Материалы XXX Международной научно-практической конференции. – М.: Издательство «Спутник +». 2017. – С. 108–111.

111. Чан Мань Хунг. Особенности создания геодезической основы и деформационных сетей при наличии геологических разрывных нарушений / Мань Хунг Чан // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности» 09 ноября 2017. Стерлитамак. – С. 59 – 61.

112. Чан Мань Хунг. Переход от геодезической высоты к нормальной на угольном месторождении "Камфа - Монгзыонг" во Вьетнаме /М.Х Чан //Сборник статей XXI международно-практической конференции "Фундаментальные и прикладные исследования", состоявшейся 15 апреля 2019 в г. Пенза. - С. 304-306

113. Чан Мань Хунг. Проектирование геодезических наблюдений за деформациями земной поверхности и охраняемых объектов с учетом геологических разломов / Мань Хунг Чан // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. № 01 (55). – С. 78-81.

114. Чан Тхань Шон. Применение спутниковых технологий в проектировании инженерных геодезических сетей в условиях ландшафтных особенностей региона Вьетнама: Дельта красной реки / Тхань Шон Чан, Хью Вьет Нгуен, Мань Хунг Чан // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. № 11 (65) часть 3. – С. 169 – 173.

115. Шерман, С. И. Разломообразование в литосфере. В 3-х томах / С. И. Шерман, К. Ж. Семинский, С. А. Борняко и др. Новосибирск: Наука СО. 1991(261с.), 1992(262 с.), 1994(263 с.).

116. Шеховцов, Г. А. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений [Текст]: монография; / Г.А. Шеховцов,

Р.П. Шеховцова; Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т –Н.Новгород: ННГАСУ. -2014. – 156 с.

117. Штейнберг, В. В. Оценка исходной сейсмичности и сейсмическое микрорайонирование района строительства гидроузла Хоабинь / В. В. Штейнберг, И. А. Ершов, Динь Суен Нгуен и др // Количественная оценка сейсмических воздействий. Вопр. инж. сейсмологии. – М.: Наука. – 1980, вып. 20. – С. 60-68.

118. Ямбаев, Х. К. Геодезический мониторинг движений земной коры: состояние, возможности, перспектива / Х. К. Ямбаев, В. Р. Яценко // ГЕОСИБИРЬ-2012. - Новосибирск: Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2012. – №10. – С. 4-13.

119. The comprehensive Urban development Programme in Hanoi Capital City of the Socialist Republic of Vietnam // Interrim Report II. // Main text. Almec corporation/ Nippon Koei co., LTD./Yachiyo engineering co., LTD., – Hanoi. – 2006. – С. 371.

120. Kuzin, A. A. Prediction of natural and technogenic negative processes based on the analysis of relief and geological structure / A. A. Kuzin, E. N. Grishchenkova, M. G. Mustafin // Procedia Engineering. – 2017. – Т. 189. – PP. 744751.

121. Mustafin, M. G. Comprehensive impact assessment development of the Coal field Campha in Vietnam to the coastal territory / M. G. Mustafin, Thanh Son Tran., Manh Hung Tran // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (2019) 698(5) (DOI: 10.1088/1757-899X/698/5/055014).

122. Mustafin, M. G. Monitoring of deformation processes in buildings and structures in metropolises / M. G. Mustafin, V. A. Valkov, A. I. Kazantsev // В сборнике: Procedia Engineering. – 2017. – С. 729-736.

123. TCXDVN 271:2002. Quy trinh ky thuat xac dinh do lun cong trinh dan dung va cong nghiep bang phuong phap do cao hinh hoc (Technical process to determine settlement of civil and industrial constructions by the method of high geometric measurement). – BXD (Viet Nam). – 2002. – 60 с.