

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

Кафедра "Основания и фундаменты"

Конспект лекций
по дисциплине:
"Геотехнический мониторинг"
для аспирантов по направлению
08.06.01 - Техника и технология строительства,
профиль подготовки:
"Основания и фундаменты, подземные сооружения"

Лектор:
к.т.н., доцент

М.Б. Мариничев

Краснодар, 2015 г.

Лекция 1. Геотехнический мониторинг. Объекты исследования, методы исследования

Под мониторингом понимается контроль возможных деформационных процессов при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

Цели функционирования мониторинга:

- оценка воздействия строительного и эксплуатационного процесса на объект;
- контроль характера и интенсивности протекания деформационных процессов, опасных для объекта;
- формирование информации об опасных процессах для оперативного принятия решений по охране объекта.

Задачи мониторинга:

- проведение метрологически обеспеченных регулярных измерений деформационного процесса на площадке;
- проведение первичной обработки измерительных данных, накопление и архивирование их в базах данных;
- оценка состояния объекта охраны и возможного негативного развития контролируемых опасных деформационных процессов;
- формирование набора выходных документов, характеризующих техногенную ситуацию и тенденции ее развития (сводок, бюллетеней, картограмм);
- распространение выходных документов среди пользователей данной информации (соответствующие службы и руководители предприятий);
- обеспечение информационного взаимодействия с другими службами и предприятиями, а также с государственными и ведомственными службами, контролирующими развитие процессов.

Требования к функционированию мониторинга:

Для эффективной поддержки принятия решений по безопасности функционирования многоквартирного жилого дома все функции мониторинга должны выполняться с необходимой степенью оперативности, а результаты мониторинга должны представляться пользователям в виде, удобном для анализа и принятия решений.

Этапы проведения:

Мониторинг обеспечивает контроль и наблюдение за опасными процессами на всех этапах строительства.

Выделяются следующие этапы проведения мониторинга:

- строительный этап;
- эксплуатационный этап.

Строительный этап мониторинга проводится в период строительства объектов с целью получения и сбора информации о возможном негативном влиянии строительства. На этом этапе осуществляются контроль и наблюдения за возможной активизацией и развитием деформационных процессов под воздействием техногенных факторов, возникающих при строительстве.

Данные, полученные на строительном этапе мониторинга, как и данные, получаемые после завершения строительства, вводятся в базы данных, формируя массив исходных данных об опасных процессах, развитых на контролируемой территории. Эти данные используются далее при проведении мониторинга на этапе эксплуатации.

На этапе эксплуатации объектов мониторинг обеспечивает контроль за опасными деформационными процессами. Работы на данном этапе проводятся с помощью метрологически обеспеченных регулярных измерений деформационного процесса на площадке, а получаемая информация вводится в базы данных мониторинга.

Объектами мониторинга на строительном этапе, являются опасные деформационные процессы в зоне возможного влияния строительства.

Контроль проводится обслуживаемыми измерительными геодезическими средствами. Все данные, полученные на строительном этапе, заносятся в базы данных и представляются в виде таблиц высотных отметок и осадок реперов.

Контролю подлежат осадки зданий и сооружений, горизонтальные смещения зданий и сооружений.

Мониторинг осадок зданий и сооружений на строительном этапе предусматривает контроль за положением осадочных марок и реперов всех объектов.

На этих участках контроль осуществляется посезонно, до 4-х раз в год. Для процессов, активизация которых характеризуется сезонностью, контроль осуществляется в соответствии с сезонностью. При необходимости, при активно развивающихся процессах, наблюдения могут проводиться с повышенной частотой: до одного раза в месяц.

При этом частота наблюдений на них определяется количеством процессоопасных сезонов (до 4-х раз в год) или этапами строительства здания (0%, 25%, 50%, 75%, 100% этапа строительства здания или сооружения). В

случае обнаружения сдвижений и деформаций период наблюдений может быть сокращен вплоть до 1 недели.

- Мониторинг зданий и сооружений предусматривает организацию комплекса инструментальных наблюдений.

- Мониторинг включает периодические наблюдения (не реже 1 раза в месяц) за вертикальными и горизонтальными смещениями существующих зданий и сооружений и проводится в течение 2 лет.

- Инженерно-геодезические наблюдения проводятся для определения:

- - величины деформаций;
- - относительной разности осадок и кренов;
- - измерения вертикальных осадок и горизонтальных смещений существующих зданий и сооружений.

- Система наблюдений включает два вида деформационных марок - исходные и деформационные.

- Исходные репера в необходимом количестве устанавливаются в цокольной части капитальных зданий или группы грунтовых реперов и центров, за пределами зоны влияния деформационных процессов в «стабильных» зонах, или используются ближайшие к строительству репера государственной геодезической сети. Количество опорных реперов определяется по отдельно разработанному проекту на проведение геотехнического мониторинга, исходя из местных условий стройплощадки, расположения вокруг нее зданий и сооружений и прочих помех, но не менее 6-и штук.

- Деформационные марки для определения вертикальных перемещений фундаментов существующих зданий и сооружений устанавливаются в нижней части несущих конструкций по всему периметру наблюдаемых зданий или сооружения, в том числе на углах, стыках конструкций, по обе стороны осадочных или температурных швов, в местах примыкания продольных и поперечных стен, опорах канатной дороги.

Учитывая возможные вертикальные перемещения системы исходных реперов, предусматривается контроль их устойчивости. При выполнении каждого цикла наблюдений следует выполнять взаимное нивелирование реперов. Эти измерения позволяют своевременно выявить осадку сместившегося репера и учесть её величину при определении осадок наблюдаемых объектов.

Лекция 2. Периодичность наблюдения за деформациями, используемое оборудование

По результатам мониторинга составляется отчет, который представляется заказчику, генеральному проектировщику и организации проводящей научно-техническое сопровождение. Отчет должен содержать:

- планы расположения деформационных марок и датчиков и их номера;
- графики развития осадок;
- графики деформаций прилегающей территории;
- деформации, осадки, крены зданий и сооружений;
- фотографии трещин, заколов, дефектов (при их наличии);
- рекомендации по изменению проекта мониторинга (при необходимости).

В случае выявления в ходе мониторинга критических деформации, или других опасных явлений необходимо незамедлительно информировать об этом заказчика, генерального проектировщика и организацию, проводящую научно-техническое сопровождение, с целью принятия мер по предотвращению аварийных и чрезвычайных ситуаций.

1 ЭТАП. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА МОНИТОРИНГА

Изучение горно-геологических условий площадки строительства

На данном этапе необходимо детальное изучение гидрогеологических условий площадки строительства, анализ геологических изысканий и результатов мониторинга природных процессов, влияющих на состояние естественных грунтовых оснований.

Цель анализа гидрогеологических условий – установление причин возникновения возможных сдвижений и деформация строящегося здания, прогнозирование величины возможных деформаций, выявление преобладающих (главных) видов деформаций, выбор мест заложения опорных реперов.

Организация геодезического мониторинга

На этом этапе определяются наиболее оптимальные места установки рабочих реперов для определения вертикальных и горизонтальных сдвижений. Определяется число рабочих реперов. Устанавливается класс нивелирования и определяется точность выполнения измерений.

От профессионального составления проекта геодезического мониторинга зависит успешная реализация проекта и грамотная интерпретация результатов, выводы и рекомендации

2 ЭТАП: ЗАКЛАДКА ДЕФОРМАЦИОННЫХ МАРОК И РЕПЕРОВ

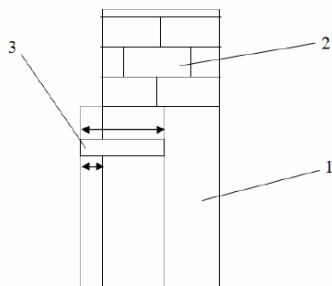
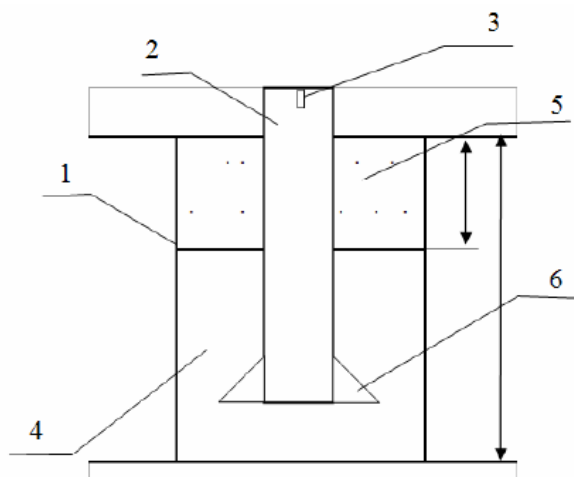


Схема заложения стеновых марок

1 – фундамент, 2 – стена здания, 3 – стеновая марка



Опорный репер

1 – скважина, 2 – грунтовый репер, 3 – отверстие, 4 – бетон, 5 – песок, 6 – ребра жесткости

3 ЭТАП: ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Обоснование стоимости выполнения измерений

Стоимость выполнения высокоточных геодезических измерений для наблюдений за сдвигениями и деформациями зданий и сооружений, в нашей компании определяется исходя из базовой ставки стоимости измерения и повышающих коэффициентов за трудоемкость работ.

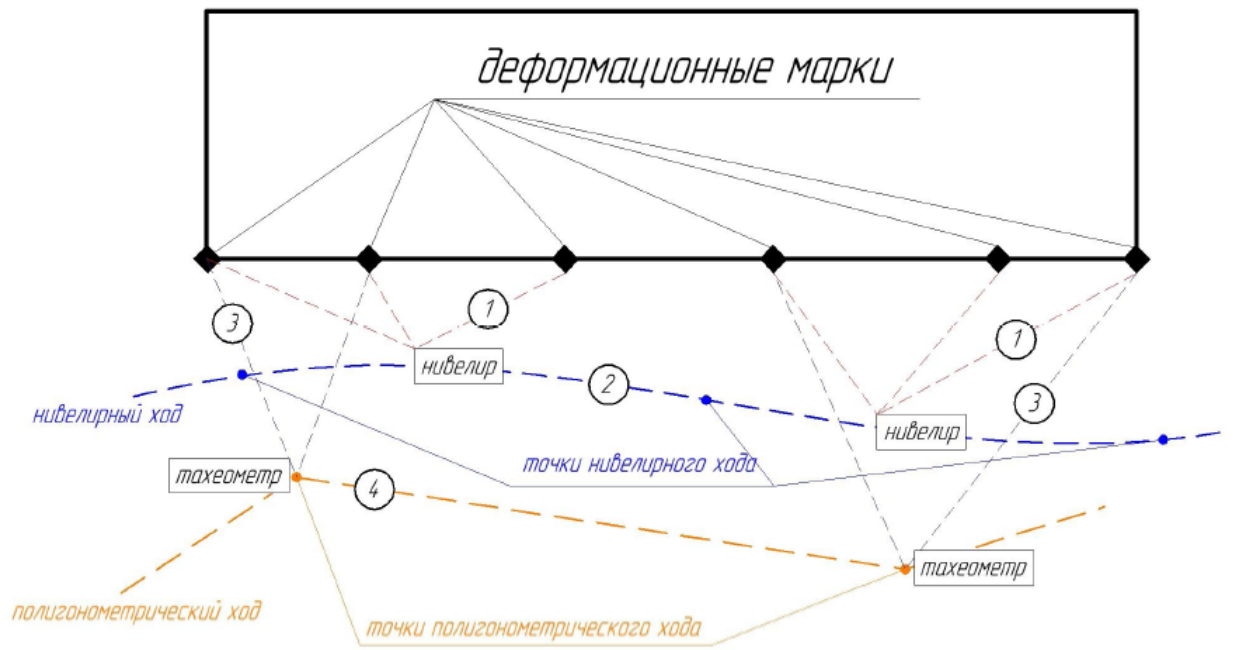
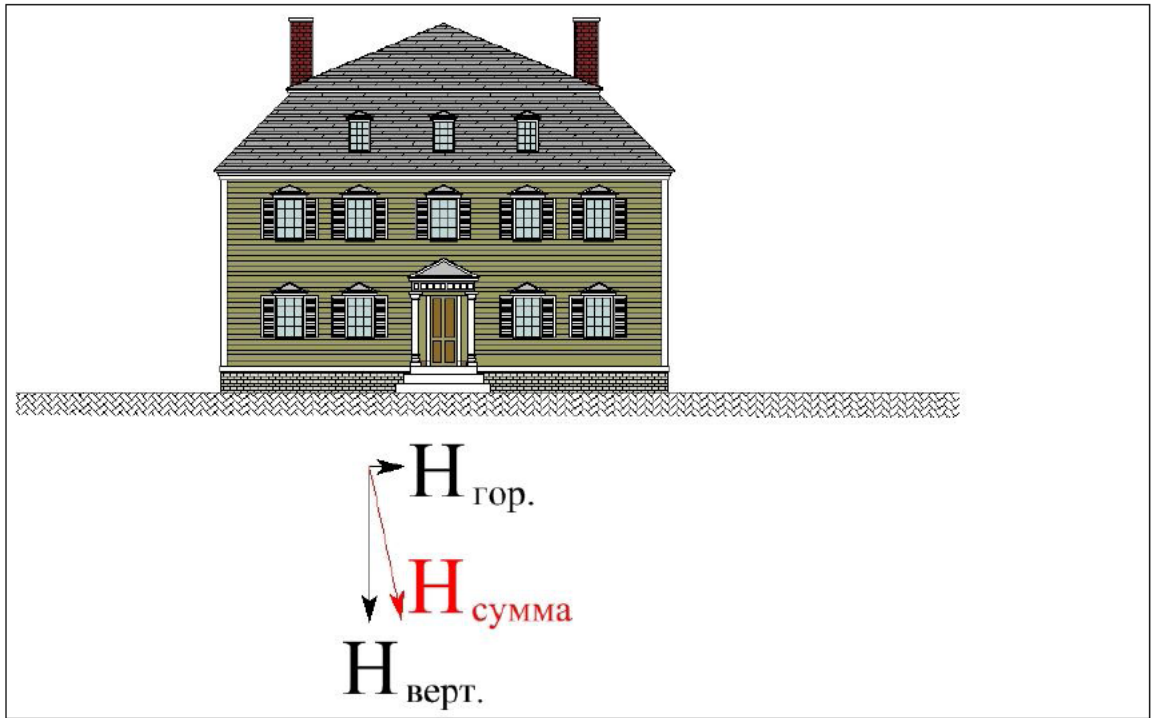
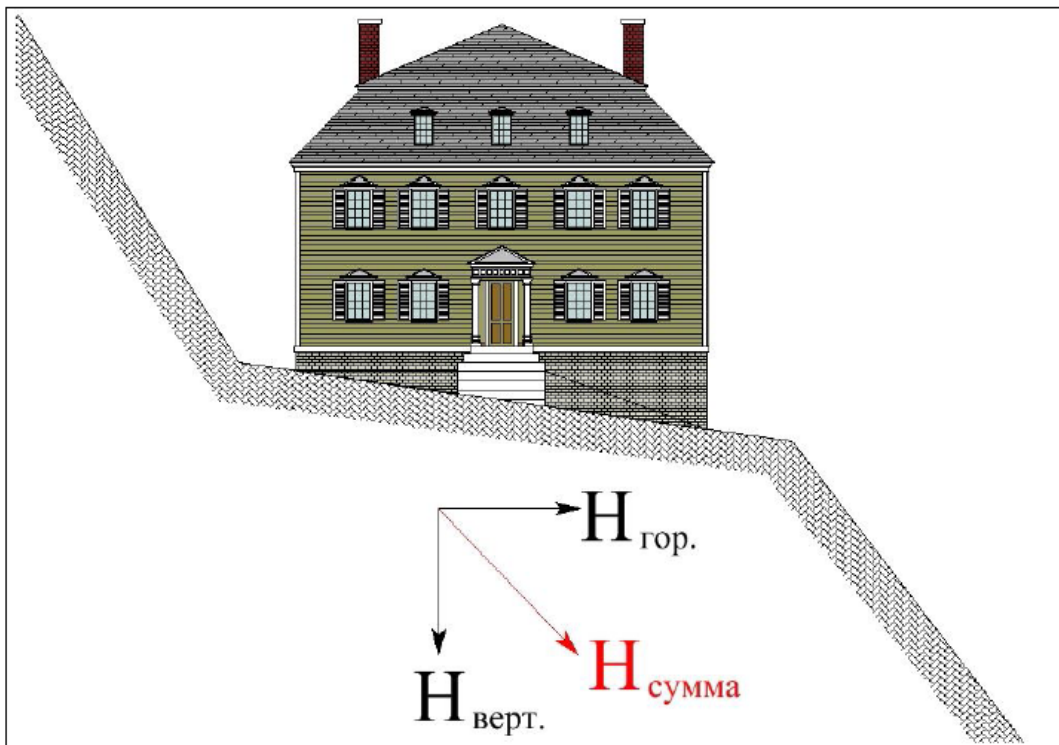


Схема измерений деформационных марок

ВЛИЯНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СДВИЖЕНИЯ



Влияние горизонтальной составляющей – незначительное



Влияние горизонтальной составляющей - значимо

ПРОИЗВОДСТВО НИВЕЛИРОВАНИЯ



Принцип нивелирования зданий и сооружений на склоне

МЕТОДИКА ВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА ВЫСОКОТОЧНЫМИ МЕТОДАМИ НА ОСНОВЕ GPS- ПРИЕМНИКОВ

В рамках ведения геотехнического мониторинга для объектов ПНЦ «Биосфера» рами предусматривается не только стандартная методика, описанная выше, но и современные методы, основанные на использовании высокоточных приборов, позволяющих вести наблюдение дистанционно в on-line режиме.

Предполагается использование следующих видов измерительных приборов и датчиков, представленных на рис. ниже.

Датчики для производственного, эксплуатационного и диагностического мониторинга строительных объектов и сооружений.

ДАТЧИК СМЕЩЕНИЯ КJA-A/КJB-A



Датчики смещения КJA-A/КJA-B предназначены для измерений относительного смещения в швах, стыках, а также величины раскрытия трещин. Они устанавливаются на стыки бетонных плит или монтируются между плитами для мониторинга относительного смещения. Возможно водонепроницаемое исполнение данных серий датчиков, а также исполнение со встроенными термодарами.

ДАТЧИК СДВИГА KU-A



Датчики сдвига KU-A используются для измерений смещения при сдвиге между бетонной облицовкой тоннеля и грунтом. Датчик устанавливается на анкерный болт, который вворачивается в облицовку тоннеля.

ДАТЧИК РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИНЫ KG-A



Датчики раскрытия трещин KG-A устанавливаются на поверхности бетонной конструкции поперек концентраторов напряжений или трещин для измерения величины раскрытия. Датчики водонепроницаемы, что позволяет проводить долговременные измерения. Они монтируются при помощи анкерных болтов (KGF-11) или зажимного приспособления (KGF-31).

ДАТЧИК РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИНЫ KG-B



Двухкомпонентный датчик раскрытия трещин используется для одновременного измерения перемещений по двум осям: перемещение от развития трещин, а также горизонтальное смещение сдвига. Датчик устанавливается на специальную монтажную пластину. Пластина легко демонтируется, что позволяет оперативно применять данный датчик для различных задач.



ДАТЧИК РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИНЫ PI

Датчики перемещения PI широко используются для измерений величины раскрытия трещин.



ДАТЧИК РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИНЫ UB

Предназначен специально для измерений величины раскрытия трещин в металлических конструкциях.



ДАТЧИК СМЕЩЕНИЯ ГРУНТОВ KLB-A

Датчики смещения слоев грунтов измеряют относительное смещение между плоскостью закрепления датчика и исследуемыми точками (обычно используются для отслеживания осадки фундаментов строительных объектов). Датчик смещения грунтов KLB-A имеет восемь встроенных датчиков перемещения, соединенных последовательно.



ДАТЧИК СМЕЩЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ KWL-B

Датчики смещения KWL-B используется для измерения угловых отклонений, например, таких конструкций, как опоры мостов. Датчики этой серии работают на гидравлическом принципе, т.е. изменение показаний датчика зависит от изменения давления жидкости.



ТЕНЗОДАТЧИК ДЕФОРМАЦИЙ KM

Датчики механического напряжения серии KM разработаны для измерения механического напряжения и деформаций в металлических и бетонных конструкциях. Датчики этой серии обеспечивают превосходную стабильность измерений и долгий срок службы. Интегрированный термодатчик в KM-AT/KM-BT позволяет осуществлять температурное измерение в дополнение к измерению напряжения. Также доступно измерение поверхностного напряжения несущей опоры, кронштейна, шпунтовой сваи и т.д.



ДАТЧИК УСИЛИЙ НА АНКЕРНЫЙ БОЛТ КРА-А

Датчики усилий на анкерные болты позволяют производить измерения в четырех точках. С помощью этих датчиков возможно осуществление высокоточного измерения с минимальным уровнем помех.



ТЕНЗОДАТЧИК НАГРУЗКИ НА АРМАТУРУ KSA-A/KSAT-A

Тензодатчики KSA-A/KSAT-A используются для измерения нагрузки на арматуру и стальные стержни. Они монтируются путем вваривания в арматуру, образуя таким образом соединительное звено между частями арматуры. Тензодатчики нагрузки на стержень KSAT-A имеют встроенную термопару.



ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ ТК-F/КТ-А

Датчики температуры ТК-F/КТ-А имеют водонепроницаемую конструкцию и высокий класс защиты, что позволяет использовать их для измерения температуры в бетоне и грунте.



ИНКЛИНОМЕТР KB-AV/KB-AC

KB-AV/KB-AC – инклинометры, предназначенные для измерения угловых отклонений стен и фундаментов строительных конструкций. Инклинометры серии AV являются однокомпонентными, серии AC – двухкомпонентными.



ИНКЛИНОМЕТРЫ KB-V

Однокомпонентные инклинометры серии KB-V используются для измерения углов наклона конструкций при ударном воздействии, а также наклона свай при их установке. В зависимости от исполнения инклинометры серии KB-V могут измерять наклон по оси X или Y относительно поверхности установки.



ИНКЛИНОМЕТРЫ KB-DB/KB-EB

Инклинометры серий KB-DB и KB-EB предназначены для мониторинга конструкций на стадии строительства, а также для долговременных исследований. Инклинометры серии KB-DB являются однокомпонентными, а серии KB-EB двухкомпонентными.



ИНКЛИНОМЕТРЫ ЗОНДОВЫЕ KB-JE/KB-KE и KB-JF/KB-KF

Инклинометры серий KB-JE/KB-KE и KB-JF/KB-KF являются многоуровневыми, они предназначены для мониторинга оползневых явлений грунтов, а также мониторинга угла наклона подпорных стен. Инклинометры последовательно устанавливаются в специальную направляющую трубку, что позволяет измерять угол наклона на разных уровнях (до 31 уровня на глубине до 100 метров).



ТЕНЗОДАТЧИКИ СЖАТИЯ И РАСТЯЖЕНИЯ CLU-NA/CLU-NA-D/CLM-NB

Датчики широко используются для измерений усилий на сжатие и растяжение, высокая точность измерений и надежность обеспечиваются за счет простой конструкции датчика и чувствительного элемента.



ТЕНЗОДАТЧИКИ СЖАТИЯ KCE-NA

Кольцевые датчики предназначены для измерений напряжений в анкерах, вантах и стальных тросах. Датчики специализированного исполнения дополнительно оснащены датчиками температуры.



ТЕНЗОДАТЧИКИ УСИЛИЯ НАТЯЖЕНИЯ TLP-NB/TLP-NB-D

Датчик TLP-NB предназначен для измерения усилия натяжения. Он может применяться при измерении натяжения троса или веса поднимаемого краном груза. Интегрированная проушина позволяет легко закрепить монтажную скобу.



ДАТЧИК ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ DP-E

Датчики перемещения DP-E предназначены для измерения больших смещений элементов конструкций (до нескольких метров). Датчик относится к датчикам тросикового типа.



ДАТЧИК ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ OU

Датчик серии OU монтируется на колонне и предназначен для измерения поперечных деформаций, возникающих в ней.



ДАТЧИКИ ДАВЛЕНИЯ PWF-PA, PWFC-PA

Датчики обеспечивают измерение давления даже при его постоянном динамическом изменении. Широко используются для измерения давления в трубопроводах.



ДАТЧИК УСКОРЕНИЯ ARF-A

Датчики ускорения типа AR предназначены для измерения вибраций при мониторинге инженерных сооружений и строительных объектов.



ЭКСТЕНЗОМЕТР EDP-A/-B

Экстензометры предназначены для измерения относительного удлинения стальных арматурных стержней, круглых и прямоугольных стальных образцов и образцов пруткового железа. Для круглого сечения применяется экстензометр EDP-A, для прямоугольного сечения - экстензометр EDP-B.



ДАТЧИКИ ДАВЛЕНИЯ ГРУНТОВ KDA-PA/KDB-PA

Датчики давления грунтов серии KDA-PA/KDB-PA широко используются в строительстве и мониторинге при измерении давления на грунт, подпорные стены, береговые насыпи и т.д. Эти датчики имеют двойную диафрагму, которая минимизирует смещение чувствительной зоны.



ДАТЧИКИ ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ ВОДЫ KPA-PA/KPB-PA

Датчики серии KPA-PA/KPB-PA используются для измерения порового давления воды в грунте. Датчики устанавливаются на подложку и закапываются в землю. С помощью датчиков серии KPA-PA/KPB-PA можно проводить высокоточные измерения даже при значительном колебании давления грунта.

Лекция 3. Система оперативного реагирования. Геодезические работы по определению осадок объектов.

При выявлении деформаций следует выполнить ряд следующих мероприятий

1. Произвести сравнение фактической и прогнозируемой деформации.
2. При превышении фактической деформации на 5-10% от прогнозируемой следует выполнить дополнительный цикл наблюдений не позже чем через 2-3 недели.
3. При выявлении динамики деформаций необходимо оповестить представителей Заказчика, Генподрядчика.
4. Собрать группу для выработки плана мероприятий по устранению динамики деформаций.
5. Создать рабочую группу по контролю за исполнением выполнения плана мероприятий по предотвращению деформаций.
6. Выполнить дополнительные циклы наблюдений для определения наличия деформаций после проведения мероприятий по устранению динамики деформаций.
7. При уменьшении или отсутствии деформаций продолжить выполнение циклов согласно данной программе.

Измерения деформаций оснований фундаментов здания проводятся в целях:

- определения абсолютных и относительных величин деформаций;
- выявления причин возникновения и степени опасности деформаций для нормальной эксплуатации здания, принятия своевременных мер по борьбе с возникающими деформациями или устранению их последствий;
- получение необходимых характеристик устойчивости оснований и фундаментов;
- уточнения расчетных данных физико-механических характеристик грунтов;
- уточнения методов расчета и установления предельных допустимых величин деформаций для различных грунтов оснований и типов зданий и сооружений.

Измерение осадок фундаментов здания производится методом геометрического нивелирования. Измерение осадок в период эксплуатации производится с точностью, характеризующейся средней квадратической ошибкой определения осадки в слабом месте не более 1 мм (наиболее удаленной марки от исходных реперов, что обеспечивается нивелированием II класса в соответствии с ГОСТ 24846-81, при этом взаимное положение исходных реперов определяется со средней квадратической погрешностью не более 0,5 мм.

Инструментальное измерение осадок фундаментов здания необходимо начинать в период выполнения строительных работ нулевого цикла, т.е. после возведения фундаментов, так как начало наблюдений с нулевого цикла позволяет проследить первичные деформации и осадки на начальном этапе строительства. Сроки проведения измерений устанавливаются в зависимости от характеристик грунтов основания, значения измеренных величин деформаций.

При обнаружении очага интенсивных осадок фундаментов дальнейшее измерение осадок должно производиться по специально разработанной программе в зависимости от влияния деформаций на прочность и устойчивость сооружений, а также на допустимость осадок с учетом характера технологического процесса.

Следует заметить, что предлагаемая система мониторинга позволит проследить возможные деформации и сдвиги только в двух, взаимноперпендикулярных плоскостях, что не позволяет увидеть полную картину всех возможных деформаций. Выходом в данной ситуации является измерение всех геометрических элементов здания или сооружения, что даёт полное сведение о состоянии объекта.

Исходная нивелирная основа

Высотная геодезическая сеть – один из важнейших элементов геодезического обеспечения, имеющая следующее основное предназначение.

1. Обеспечение высотной геодезической опорой строительства здания.
2. Создание точной геодезической высотной сети для систематического наблюдения за осадками и деформациями фундаментов здания.

Для целей наблюдений за осадками нивелирная сеть создается в виде высотных полигонов двух типов:

- высотные полигоны как система реперов;

- высотные полигоны как система осадочных марок.

Опорная нивелирная сеть по реперам характерна своей локальностью. Поскольку исследования осадок и деформаций основывается на относительных смещениях, которые устанавливаются относительно к предыдущим наблюдениям, то нет необходимости ее строгой привязки к Балтийской системе высот.

Схема нивелирной сети для наблюдений осадок фундаментов здания должна быть жесткой с системой внутренних узловых точек и неизменной между циклами измерений.

Измерения деформаций и осадок фундаментов производится относительно исходных реперов, заложенных в стенах зданий, осадку фундаментов которых можно считать закончившейся.

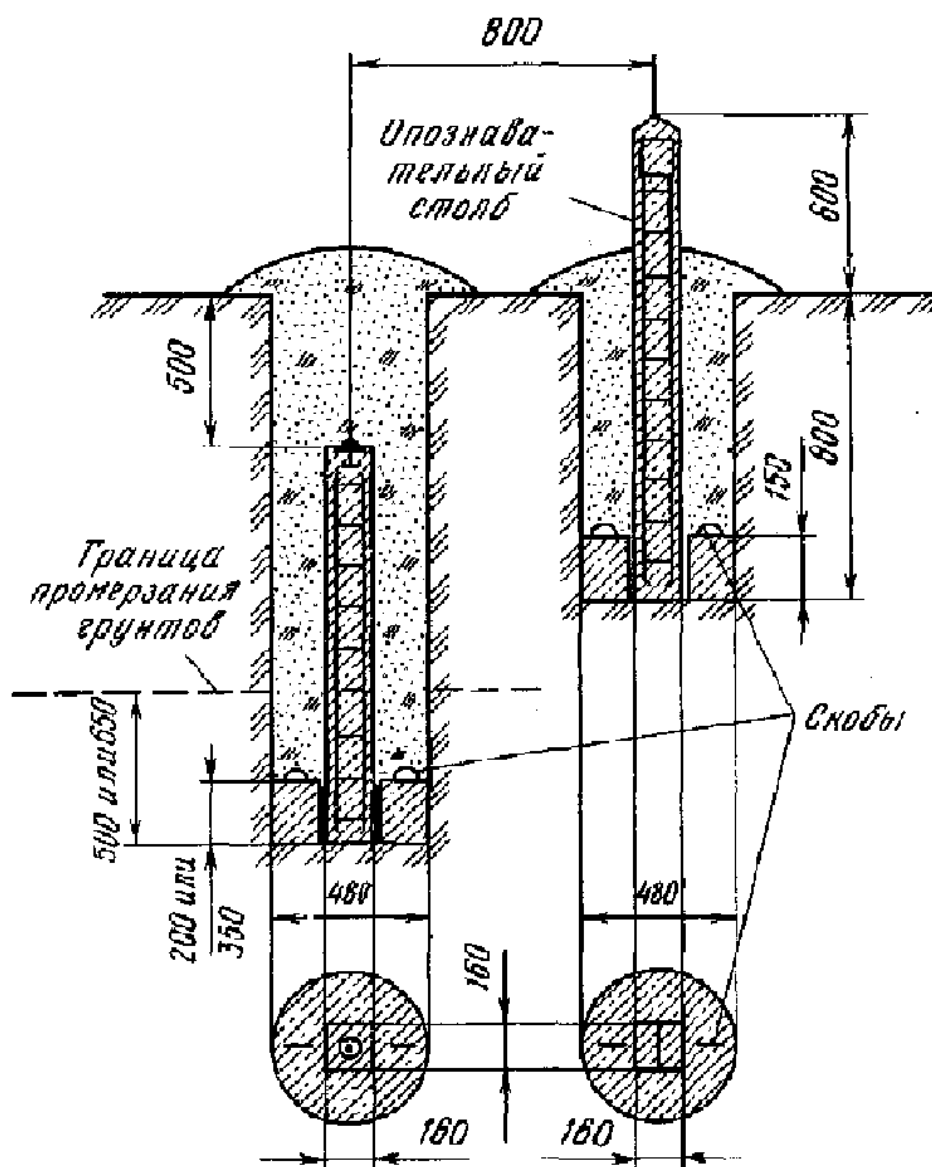


Схема закладки грунтового репера

В каждом цикле измерения вертикальных деформаций производится систематический контроль устойчивости исходных реперов.

Проект размещения осадочных марок

Осадочные марки - это геодезические знаки, установленные в нижней части несущих конструкций по всему периметру здания, на стыках строительных блоков, на несущих колоннах, на поперечных стенах в местах пересечения их с продольной осью, меняющих свое высотное положение вследствие осадки фундамента здания. Каждой марке присваивают номер.

Осадочные марки делятся на:

- стенные - устанавливаемые на вертикальных гранях конструкций;
- плитные - на горизонтальных плоскостях.

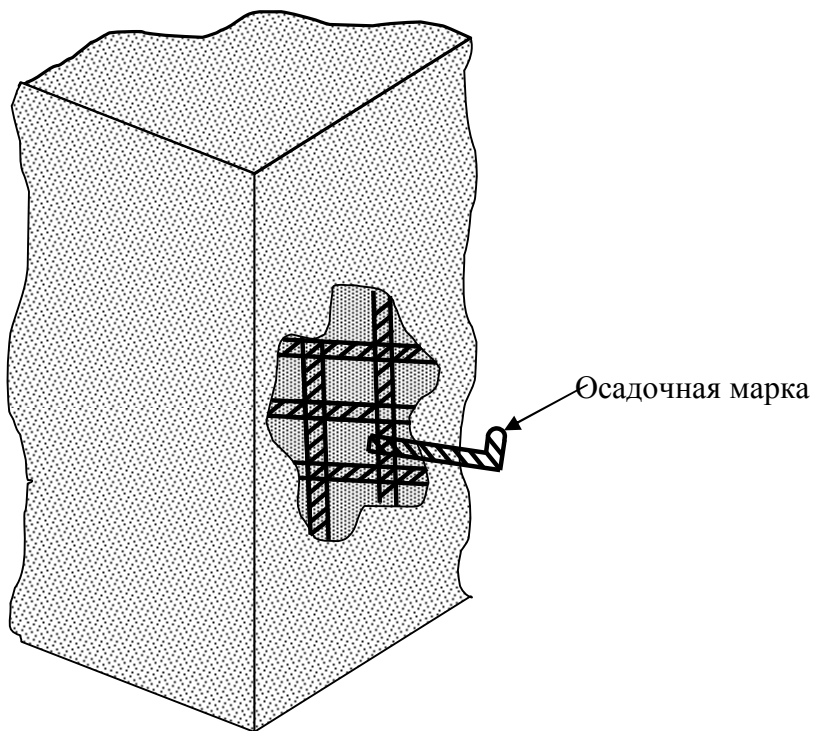


Схема установки осадочной марки

Геометрическое нивелирование при наблюдении марок

Геометрическим нивелированием II класса, определяют отметки осадочных марок, установленных на исследуемом здании. В работах такого вида преимущественно используют цифровые нивелиры, которые совмещают функции высокоточного оптического нивелира, электронного запоминающего устройства и встроенного программного обеспечения для обработки полученных данных. Их применение исключает ошибки исполнителя, ускоряет процесс измерений. Электронный нивелир DiNi фирмы Trimble сочетает удобство и простоту эксплуатации, выводит результаты на экран и позволяет сохранить их в памяти прибора, внутреннее программное обеспечение дает возможность на месте решить некоторые задачи, в частности вычисление отметок, что повышает производительность и качество выполняемых работ. В качестве реек используем рейки с RAB-кодом. При средней длине визирного луча порядка 25-30 м (на I привязочных ходах), 2-25 м (по осадочным маркам) и сравнительно небольших длинах секций, что позволяет сократить время наблюдений на станции, повысить надежность, качество и оперативность контроля измерений.

Высота визирного луча над поверхностью земли или пола должна быть не менее 0,5 м, неравенство плеч не более 1 м а накопление этих неравенств в секции 2 м.

– Нивелирование производят в прямом и обратном направлениях по металлическим костылям.

– Нивелиры и рейки исследуют и проверяют с целью установления их пригодности для нивелирования, приведения в рабочее состояние.

– В прямом и обратном направлениях нивелирование выполняют по одним и тем же переходным точкам; число станций в секции делают одинаковым.

– При перемене направления нивелирования рейки меняют местами.

– По каждой секции нивелирование в прямом и обратном направлениях выполняют, как правило, в разные половины дня. С меньшей строгостью это требование соблюдают осенью, а также в длительную пасмурную погоду.

Во время наблюдений на станции нивелир тщательно защищают от солнечных лучей зонтом, а при переноске с одной станции на другую – просторным чехлом из белой материи.

Через каждые две станции термометром-пращом измеряют температуру воздуха на высоте нивелира.

– Расстояния от места установки нивелира до реек измеряют стальной рулеткой.

– Рейки устанавливают на костыле в отвесном положении по уровню.

– Последовательность наблюдений на станции определяется требованиями программы для обработки результатов измерений.

– На каждой станции расхождения между превышениями и разность высот нулей реек, вычисленная и полученная из исследований, не должна быть более 0,7 мм. Если расхождение получилось более допустимого, то все наблюдения на станции переделывают, предварительно изменив положение нивелира по высоте не менее чем на 3 см.

– Контроль нивелирования по секции между смежными реперами и по участку между опорными реперами заключается в следующем.

После выполнения нивелирования по секциям в прямом и обратном направлениях сравнивают между собой два значения превышения, расхождение между этими значениями не должно быть более $5\text{мм}\sqrt{L}$.

Если расхождение получилось больше допустимого, то нивелирование по секции повторяют в одном из направлений.

Явно неудовлетворительное значение превышения исключают. Оставшиеся два значения принимают в обработку, если они не расходятся между собой больше указанных допусков и получены из нивелирования в противоположных направлениях.

В обработку включают все три значения превышения тогда, когда первоначальные не расходятся между собой более, чем на $8\text{мм}\sqrt{L}$.

При окончательной обработке сначала усредняют значения превышения из ходов одного направления, а затем – из ходов прямого и обратного направлений.

Если первоначальные и повторные значения превышения не удовлетворяют перечисленным требованиям, то первоначальные исключают и выполняют еще одно повторное нивелирование в противоположном направлении.

После выполнения нивелирования по участку между опорными реперами, сравнивают значения превышения, получившиеся из нивелирования в прямом и обратном направлениях. Нормальное

расхождение между этими значениями не должно быть больше $5_{мм}\sqrt{L}$.

- По мере завершения нивелирования по секциям регулярно составляют ведомость превышений.
- Поправки в превышения по секциям и между осадочными реперами за среднюю длину метра комплекта реек вводят по результатам эталонирования реек на компараторе.

Поправки в превышения по секциям за различие температуры реек при эталонировании и нивелировании вводят по формуле

$$\delta_h = \alpha(t_n - t_s)h,$$

где α - средний коэффициент линейного расширения реек, принимаемый равным 2×10^{-6} ;

t_s – температура реек при эталонировании;

t_n – среднее значение температуры воздуха при нивелировании;

h – превышение, м.

Для получения равноценных материалов и исключения влияния сезонного колебания отметок исходных реперов и марок, а также для упрощения последующего анализа материалов при годовых циклах необходимо производить измерения в одни и те же сроки или с незначительными отклонениями по времени от установленной даты наблюдений (до месяца).

Циклы наблюдений необходимо проводить через равные промежутки времени (по окончании возведения двух новых этажей) и в кратчайшие сроки.

Отметки деформационных точек в цикле измерений определяют относительно исходного опорного репера.

Полученные результаты обрабатывают, оценивают фактическую точность и сравнивают ее с заданной, вычисляют и уравнивают отметки, а по разности их в циклах находят осадки.

По результатам измерения превышений, вычисляют отметки марок, относительные и абсолютные осадки, а также скорость и ускорения осадок:

$$\begin{aligned} S_i^{(j)} &= H_i^{(j+1)} - H_i^{(j)} \\ S_0^{(j)} &= S_i^{(j)} + S_0^{(j-1)} = H_i^{(j+1)} - H_i^{(0)} \\ V_s &= S_i / \Delta T \\ a_s &= V_s / \Delta T \end{aligned}$$

где H – отметка марки, S_i – осадка между смежными циклами

наблюдений (относительная), S_0 – абсолютная осадка (накопленная), V_s – скорость протекания процесса, a_s – ускорение, ΔT – период времени между наблюдениями.

При обработке материалов по определению осадок здания, также вычисляют уклоны i фундамента и перекосы.

$$i_{1-2} = (\sum S_1 - \sum S_2) / l_{1-2}$$

где l_{1-2} – расстояние между марками 1,2.

Для наглядного представления о ходе осадок составляют профили осадок по продольным и поперечным осям, план кривых равных суммарных осадок, совмещенные графики осадок марок основания.

Обработка и анализ результатов наблюдений за осадками здания должны включать анализ устойчивости исходных реперов.

Результаты наблюдений каждого цикла отражают в краткой пояснительной записке, которая содержит: схему ходов и краткое описание технологии измерений, результаты уравнивания и оценки точности, ведомости отметок и осадок марок, графический материал и краткий анализ полученных результатов.

После окончания работ составляют технический отчет, который является основным документом выполняемых работ. В нем содержатся те же сведения, что и в пояснительной записке, но по всем циклам с более подробным анализом и обобщающим выводом.

Необходимый состав бригады для одного объекта:

1. Инженер 1 категории - 1;
2. Техник - 2;
3. Рабочий - 3.

Контроль нивелирования

Допустимая невязка нивелирного полигона, или хода, в т.ч. привязочного определяется по следующим формулам в зависимости от числа станций « n »:

$$f_{дон} = 5 \text{ мм} \sqrt{L} \text{ км, или } f_{дон} = 0.3 \sqrt{n} \quad (12),$$

где L – длина хода в км.

По окончании нивелирования составляются схемы ходов, на которые выписываются измеренные значения превышений и данные по оценке точности измерений.

В связи с высокими требованиями к точности нивелирования при наблюдении осадок последнее выполняют под условием получения наивысшей точности, что обуславливается как соблюдением технологии работ, так и умением, добросовестностью и аккуратностью исполнителя, который в конечном итоге определяет достоверность результатов измерений и имеет право по своей производственной интуиции дополнительно браковать результаты измерений, несмотря на допустимость их невязок.

Следует отметить, что геодезические измерения зачастую производятся в затрудненных условиях, где имеют место различные возмущающие воздействия. К ним относятся: высоко- и низкочастотная вибрация, рефракция и турбулентность воздуха, резкий перепад температур, высокая влажность и запыленность воздуха, значительная насыщенность оборудованием, малая степень освещенности. Рассмотрим некоторые из них.

Степень влияния низко- и высокочастотной вибрации на геодезические приборы различна, наибольшее влияние она имеет на нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования, у которых компенсатор может отклоняться от отвесного положения до 10 сек. Уровенные нивелиры также подвержены влиянию вибрации. Наиболее неблагоприятной для них является вибрация в частотой 20-60 Гц. В этом диапазоне частот под воздействием вертикальной вибрации угловое перемещение зрительных труб у некоторых нивелиров достигает 160".

Наиболее простой и эффективный метод ослабления влияния вибрации - виброизоляция. В производственных условиях при геодезических измерениях успешно применяются амортизационные прокладки под ножки штатива. Конструкция их разнообразна: войлок или резина толщиной 10-15 мм, слой войлока и резины, резина и металл и т.п.

Установлено, что применение амортизаторов из войлока лучше, чем из мягкой резины, т.к. в последнем случае прибор становится очень неустойчивым.

При низкочастотных колебаниях (движения автотранспорта, порывы ветра и т.д.) уровенные нивелиры также более эффективны, чем нивелиры с компенсатором, у которых визирная ось может отклоняться до 1° , в тех же условиях зрительная труба уровенных нивелиров изменяет свое положение на $10''$ - $20''$.

В условиях вибрации может также применяться специальная методика наведения биссектора сетки нитей нивелира на штрих рейки - попеременное касание краев штриха верхней и нижней нитью биссектора с осреднением 2-х отчетов.

Влияние турбулентности атмосферы, запыленности воздуха, слабой освещенности и т.п. учитывается путем подбора методики и условий измерений, дополнительной подсветки шкал реек.

Предварительная обработка нивелирования II класса

Предварительная обработка - оценивают фактическую точность и сравнивают ее с заданной, вычисляют и уравнивают отметки, а по разности их в циклах находят осадки.

Результаты оценки точности выписываются на схему сети.

Анализ устойчивости реперов

Высотной опорой, относительно которой определяют осадки марок, установленных на исследуемом сооружении, является сеть грунтовых реперов (не менее 3-х).

К точности определения устойчивости грунтовых реперов, от которых ведутся наблюдения за вертикальными смещениями осадочных марок, предъявляются высокие требования.

Эту задачу необходимо решать с привлечением материалов по инженерной геологии, гидрогеологии и топографии территории здания, а также материалы полевых и лабораторных исследований горных пород. Необходимо также знать плановое положение опорной сети реперов, их конструкцию, условия их заложения.

При принятии решения об устойчивости того или иного репера необходимо принимать во внимание и факторы человеческой деятельности (как полезной, так и отрицательной), техногенные и природные факторы, конструктивные недостатки в изготовлении и закладке репера.

Изменения высот отдельных реперов, между которыми уравниваются нивелирные ходы, искажают отметки наблюдаемых марок, а следовательно, и вычислении величины осадок. Поэтому в каждом цикле геодезических наблюдений необходимо контролировать высотную основу и только после тщательного анализа всех вышеперечисленных факторов и результатов геодезических измерений выбирать наиболее устойчивые реперы в качестве исходных.

Анализ устойчивости реперов основан на применении математических методов, а это предполагает обязательное использование ими определенной математической модели, имеющей свой принцип установления экстремальных изменений в высотной сети. Поэтому выбор эффективного математического способа исследования устойчивости сводится к оценке математических моделей по наперед установленным признакам, критериям как характеристикам каждой конкретной модели.

Для условий, рассматриваемых в данной работе, целесообразно установить следующие критерии выбора математических моделей:

- строгость основных математических выражений;
- простота вычислительного процесса;
- возможность проведения исследования в автономной, местной системе высот;
- возможность определения не только факта подвижности конкретного репера, но и установления величины сдвига и направления сдвига каждого репера;
- минимальный объем дополнительных геодезических работ;
- возможность применения сразу же после проведения последующего цикла.

Оценка существующих моделей по перечисленным критериям позволит определить наиболее эффективный вариант в соответствии с техническим заданием.

Для оценки устойчивости реперов рекомендуется способ, предложенный румынским геодезистом А. Костехелем, в основу которого положен принцип неизменной высотной отметки наиболее устойчивого репера. Порядок обработки таков: в начале уравнивается свободная нивелирная сеть каждого цикла. При этом предполагается, что расхождение превышений между одноименными реперами вызвано смещениями реперов.

Для каждого репера j в каждом цикле i вычисляют изменение отметки (осадка) относительно начального цикла, а для каждой пары реперов вычисляют изменений превышений или отметок в i -ом и первом циклах.

$$\begin{array}{l} \text{или} \\ \Delta H_j = H_{ji} - H_{jl}, \\ \Delta h = h_i - h_l, \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \Delta H_j = H_{ji} - H_{jl}, \\ \Delta h = h_i - h_l, \end{array}} \right\}$$

Предельная ошибка определения этой разности вычисляется по формуле:

$$\Delta S_j = t \mu_h \sqrt{2[\tau_k]}$$

где t – нормированный множитель, принимаемый равным 3,

μ_h – средняя квадратическая ошибка единицы веса,

$[\tau_k]$ – обратный вес хода.

Если $\Delta H_j \leq \Delta S_j$, т. е. при выполнении неравенства:

$$\frac{\Delta S_j}{\Delta H_j} \geq 1$$

Влияние осадки репера не превышает ошибок нивелирования, репер считается стабильным. Нестабильный репер исключается из опорных. Самый стабильный репер должен удовлетворять условию:

$$[\Delta h^2] = \min$$

где $\Delta h = h_i - h_l$. Значение Δh вычисляют для всех реперов и для каждой пары циклов $1-2, 1-3, \dots, 1-j$, принимая последовательно за исходные реперы $1, 2, 3, \dots, n$.

Если репер, взятый за исходный в первом цикле, окажется нестабильным в последующем цикле, то за исходный репер надо принимать репер удовлетворяющий условию:

$$\mu_h = \sqrt{\frac{[ff]}{nN}}$$

где f – невязка в полигоне, n – число станций в полигоне, N – число полигонов.

Данный способ показывает:

- математический аппарат, применяемый в данном способе, строг и принцип минимума суммы квадратов поправок достаточно испытан;

- вычислительный процесс по объему незначителен и сложности не представляет;
- способ применим в местной системе высот;
- позволяет, кроме устойчивости репера, установить направление и величину смещения;
- дополнительного объема измерительных работ не требуется;
- начало исследований может начинаться сразу со 2-го цикла наблюдений.

Уравнивание нивелирной сети

После выбора наиболее устойчивого глубинного репера по материалам измерений предыдущего цикла, который принимается за исходный, производится уравнивание нивелирной сети.

Критерием неподвижности ственных реперов служит предельное значение, мм

$$k \leq 2m_{ст}\sqrt{n}$$

где $m_{ст}$ - средняя квадратическая погрешность определения превышения на станции,

$$m = 0,15 \text{ мм};$$

n - число станции в ходе.

Основная задача математической обработки геодезических наблюдений за осадками и деформациями фундаментов зданий и сооружений состоит в получении надежных результатов уравнивания и их оценок.

Математическая обработка результатов нивелирования включает следующие операции:

- уравнивание нивелирных построений;
- оценку точности результатов уравнивания;
- анализ стабильности реперов высотной основы по наблюдениям последнего цикла измерений;
- вычисление окончательных высот осадочных марок и составление ведомостей осадок.

Лекция 4. Мониторинг метеорологических параметров

Лекция 5. Мониторинг снежного покрова, мониторинг камнепадных процессов, оползневых процессов

Температура воздуха в срок наблюдений, относительная влажность, среднее направление ветра, средняя скорость ветра, количество атмосферных осадков, атмосферные явления (вид, продолжительность, интенсивность)

Мониторинг опасных природных процессов и явлений – система регулярных наблюдений и контроля за развитием опасных природных процессов и явлений в окружающей среде, факторами, обуславливающими их формирование и развитие, проводимых по определенной программе, выполняемых с целью своевременной разработки и проведения мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций, связанных с опасными природными процессами и явлениями, или снижению наносимого их воздействием ущерба.

Оползневые процессы

В составе работ по створным наблюдениям, описание которых приводится в программе в составе геодезических работ, будет произведено также определение относительного смещения массива грунтов вследствие динамики верхней части разреза, которая может быть оползневыми или солифлюкционными процессами.

Периодическое точное определение координат реперов и их относительного смещения позволит точнее спрогнозировать максимальные давления на закладываемые сооружения инженерной защиты, что особенно важно при проектировании линейных защитных объектов большой протяженности.

Лабораторные работы

Проводимые лабораторные работы в рамках мониторинга природных процессов и явлений необходимы для решения следующих задач:

- 1) Определение физических свойств обломочных грунтов для определения их механической прочности на опасных гравитационных участках;
- 2) Изучение изменчивости прочности грунтов оснований в рамках геотехнического мониторинга фундаментов сооружений;

- 3) Изучение трещиноватости и процессов выветривания скальных и полускальных грунтов, служащих основаниями фундаментов в пределах площадки объектов основного назначения.
- 4) Получение корреляционных зависимостей с полевыми испытаниями грунтов для проектирования инженерно-защитных мероприятий в перспективе на основаниях щебенистых грунтов.

Химический анализ воды.

Химанализ воды проведен в специализированной лаборатории.

Основные задачи химического анализа воды:

А) Определение общей минерализации в рамках мониторинга физического выветривания грунтов. Это позволит определить роль физического выветривания подземными водами через понимание количества и состава переносимого взвешенного материала;

Б) Мониторинг качества воды, позволяющий при благоприятных условиях содержания взвеси перевести наблюдательные разведочные скважины в перспективные эксплуатационные (с учетом определения дебета опытными откачками).

Анализ водной вытяжки.

Анализ водной вытяжки из грунтов позволит оценить содержание в изменении в составе грунтов сульфатов и хлоридов. Сравнение содержания этих анионов в жидкой и твердой средах позволит определить интенсивность выветривания.

Определение механических свойств крупнообломочных грунтов.

С учетом общепринятых зависимостей прочности обломочных грунтов от физических свойств («Методика определения прочности и сжимаемости обломочных грунтов, ДальНИИС, 1989г») основными параметрами, необходимыми для оценки сезонной вариативности свойств при расчетах устойчивости на участках развития природных процессов будут:

- А) Плотность и влажность грунта и его наполнителя;
- Б) Гранулометрический состав, полученный в поле квартованием и в лаборатории просеиванием;
- В) Прочность обломков на сжатие.

Сокращенные испытания камня крупнообломочных грунтов.

Истирание обломочного материала в полочном барабане – этот вид работ необходим для оценки прочности обломков при использовании крупнообломочных грунтов в качестве обратной засыпки и в качестве оснований фундаментов. Коэффициент истираемости является основным при определении прочности обломочных грунтов, поэтому он будет определяться периодически в достаточном количестве. На показатель истираемости весьма сильно влияет морозное выветривание с перепадом температур – этот фактор приводит к растрескиванию поверхности камня, изменяя его угловатость при стороннем воздействии. Измененная окатанность приводит к общему понижению прочности массива – это особенно важно на участках техногенного воздействия на обломочный грунт динамическими нагрузками.

Лекция 6. Гидрогеологические наблюдения, экологический мониторинг естественной экосистемы

Экологические исследования в рамках производства мониторинга природных процессов проводятся по следующим направлениям:

- изучение роли техногенной нагрузки на существующий естественный природно-климатический баланс;
- долговременное комплексное изучение объекта с учетом существующих требований и инструкций по санитарно-гигиеническим оценкам состояния территорий на стадиях строительства и эксплуатации.

Основные виды работ приведены ниже.

Лабораторные работы.

Основные направления экологических лабораторных работ:

- определение веса пробы;
 - определение влажности и плотности – также для всех проб;
 - анализ водной вытяжки из грунтов;
 - пробоподготовка для выполнения анализа почва на содержание солей тяжелых металлов.
 - определение нефтепродуктов в почвах.
 - определение нефтепродуктов и фенолов в воде;
 - сокращенный химический анализ воды для определения агрессивности и жесткости;
- анализ воды поверхностной и подземной на содержание металлов, галогенов и других вредных веществ

Виды работ
Определения влажности почв термовесовым методом
Плотность влажного грунта методом режущего кольца
Анализ водной вытяжки с определением по разности суммы натрия и калия
Пробоподготовка для выполнения физико-механических исследований солей тяжелых металлов
Определение нефтепродуктов в почвах и грунтах хроматографическим методом
Определение нефтепродуктов в подземных и поверхностных

Виды работ
водах
Определение фенолов в воде
Сокращенный хим. анализ воды
Микрокомпоненты в воде: медь, кадмий, свинец и цинк
Ртуть в воде
Марганец в воде
Мышьяк в воде
Хром в воде
Стронций в воде
Поверхностно-активные вещества анионактивные
Бериллий в воде
Камеральная обработка комплексных исследований и отдельных определений физико-механических свойств дисперсных пород по данным лабораторных работ
Обработка лабораторных данных отдельных комплексов на хим. анализ грунтов и почв
Камеральная обработка химического и бактериологического состава воды
Камеральная обработка определения коррозионной активности грунтов и воды

Инженерно-экологические изыскания

Экологические исследования в рамках производства мониторинга природных процессов проводятся по следующим направлениям:

А) Изучение роли техногенной нагрузки на существующий естественный природно-климатический баланс;

Б) Комплексное долговременное изучение объекта с учетом существующих требований и инструкций по санитарно-гигиеническим оценкам состояния территорий на стадиях строительства и эксплуатации.

Основные виды работ приведены ниже.

Наблюдения при составлении инженерно-экологических карт .

Описание точек наблюдения.

Отбор проб почвогрунтов.

Отбор поверхностных вод.

Лабораторные работы.