

ПРОБЛЕМЫ

ПОСТАНОВКИ И РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИЙ АЭС

Докладчик:
начальник отдела АО «Атомэнергопроект»
Курсин Анатолий Николаевич

Геодезический мониторинг.

Основные термины и определения

Геодезическим мониторингом называется система геодезического сбора, регистрации, хранения и анализа геометрических параметров исследуемого объекта для определения положения этого объекта в пространстве и во времени.

Объекты геодезического мониторинга - вертикальные и горизонтальные смещения, ассоциируются с деформациями исследуемого объекта, могут включать:

- геодезические знаки геодинимических полигонов и опорных геодезических сетей
- деформационные геодезические знаки установленные на зданиях и сооружениях
- отдельные фиксированные точки технологического оборудования

Основные свойства геодезического мониторинга

- повторность геодезических измерений
- унифицированность и сопоставимость методов геодезических измерений
- возможность регуляризации и нормализации результатов геодезических измерений

Основные требования организации геодезического мониторинга:

- использование единой , или при совершенствовании, сопоставимой методики геодезических измерений;
- единая система хранения и обработки полевых материалов;
- единая система анализа и прогноза геодезических данных

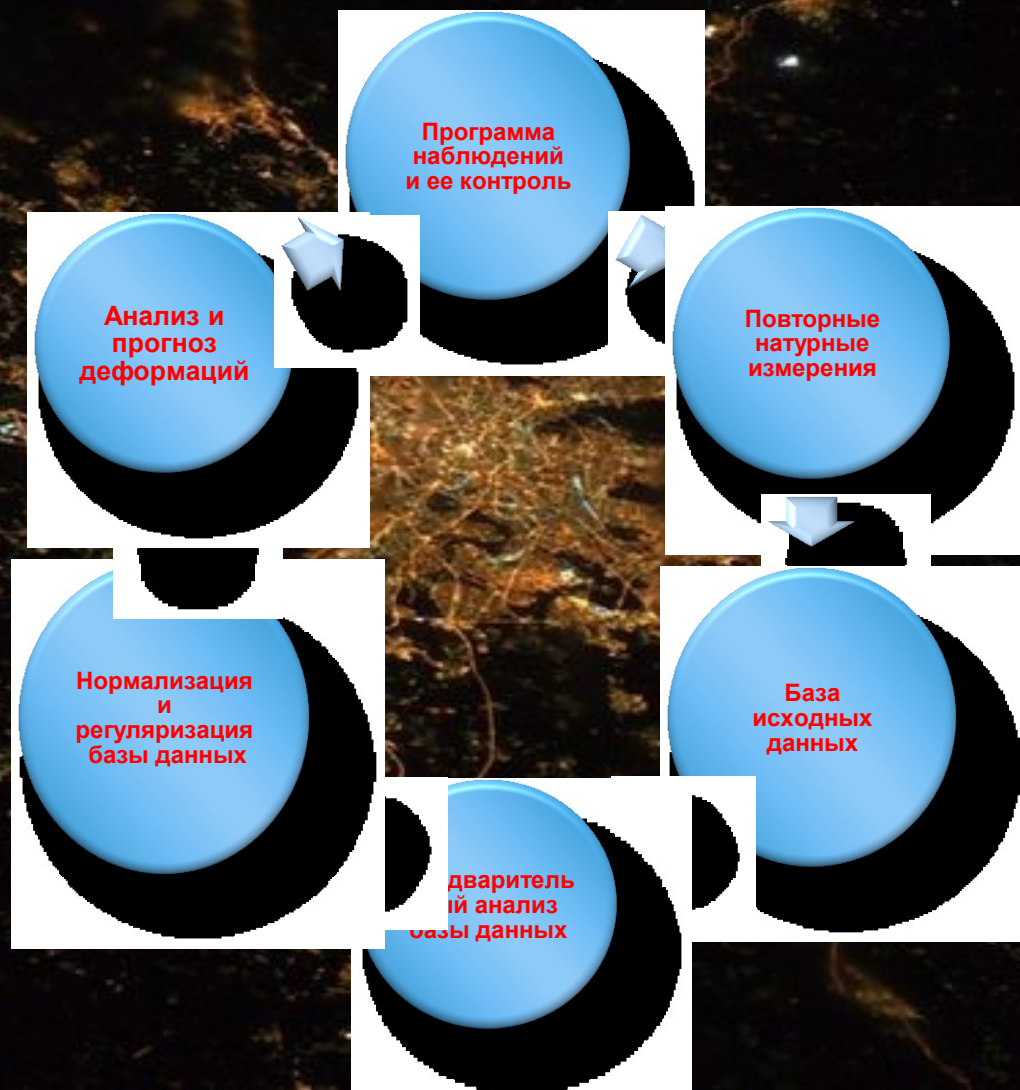
База данных геодезического мониторинга - основа:

- для хранения исходных данных
- предварительной обработки данных
- системой анализа обработанных геодезических данных
- системой статистического прогноза поведения наблюдаемого объекта.

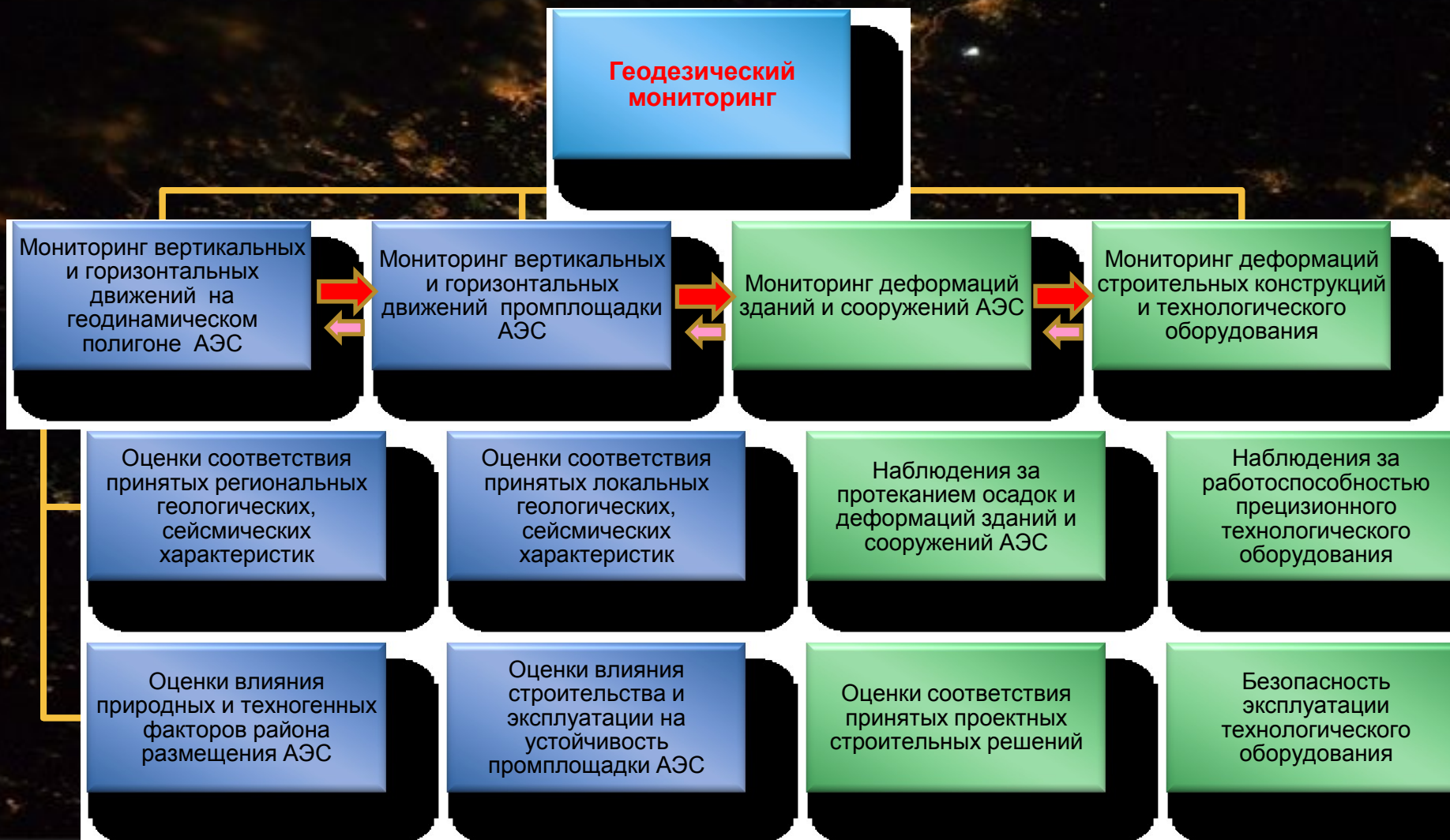
Типы базы данных геодезического мониторинга

- Объектная, объектно-ориентированная
- Иерархическая
- Функциональная
- Сетевая
- ...
- **Реляционная, объектно-ориентированная**

Постановка, цели и задачи геодезического мониторинга деформаций зданий и сооружений АЭС



Структура геодезического мониторинга



Постановка геодезического мониторинга деформаций на объектах АЭС

Цель мониторинга

Определение и оценки интенсивности осадок и деформаций инженерных сооружений и технологического оборудования. Контроль соответствия принятых проектных решений

Решаемые задачи

Оценки строительной и эксплуатационной осадки фундаментов зданий и сооружений

Определение неравномерности осадок и, связанных ней, деформаций сооружения

Анализ и прогноз протекания осадок и деформаций на ближайший период

Контроль влияния строительства и эксплуатации на соседние сооружения

Методы наблюдений

Высокоточное геометрическое нивелирование 1 и 2 класса

Высокоточное тригонометрическое нивелирование

Спутниковое нивелирование

Высокоточное спутниковое координирование

Высокоточные линейно-угловые построения

Результаты работ

Ведомости суммарных и текущих осадок и ее неравномерности, кренов и их направлений

Схемы изолиний суммарных, текущих и скоростей вертикальных смещений

Ортографические проекции поверхности суммарных, текущих и скоростей вертикальных смещений

Графики накопления средней осадки, средней и максимальной относительной неравномерности осадки

Прогнозные значения средней осадки, средней и максимальной относительной неравномерности осадки, кренов и их направлений

Геодезический мониторинг ГДП АЭС



Деформационный геодезический мониторинг

Деформационный геодезический мониторинг

Наблюдения за устойчивостью опорной геодезической сети промплощадки АЭС

Наблюдения за осадками и деформациями зданий и сооружений АЭС

Наблюдения за кренами и прогибами высотных сооружений

Наблюдения за геометрией уникальных инженерных сооружений

Наблюдения за деформациями технологического оборудования

Высокоточное геометрическое нивелирование 1 и 2 разряда

Высокоточное спутниковое координирование

Высокоточные линейно-угловые измерения

Высокоточное геометрическое нивелирование 1 и 2 разряда

Высокоточные линейно-угловые измерения

Высокоточные линейно-угловые измерения

Высокоточная роботизированная тахеометрия

Комплексные инженерно-геодезические измерения

Основные методы деформационного геодезического мониторинга



Нивелирование I, II
класса и 1, 2
разряда



Высокоточные
линейно-угловые
построения



Высокоточное
спутниковое
координирование



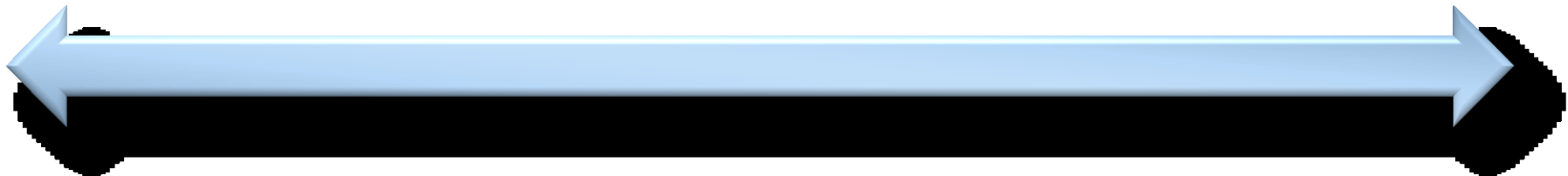
Роботизированная
тахеометрия



Лазерное
сканирование



Высокоточная
инклинометрия



Нормативно-техническая литература при организации геодезического мониторинга

Требования к постановке работ на ГДП

- РБ-019-01 Оценка сейсмической опасности участков размещения ядерно- и радиационно опасных объектов на основании геодинимических данных

ности

Размещение пунктов и реперов геодинимических полигонов

полигонах АЭС

иК, 1985
ли методами на

Закладка реперов и пунктов ГДП и опорных геодезических сетей

- ГКИНП 07-022-03 - Правила закрепления спутниковой сети. М., ЦНИИГАиК, 2001
- ГКИНП 04-122-03 - Инструкция по развитию высокоточной гравиметрической сети России

- М., Картгеоцентр

Высокоточное нивелирование 1 и 2 класса

Высокоточное спутниковое координирование

спутниковых систем ГЛОНАСС-GPS

спользованием

Высокоточные линейно-угловые измерения

- СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства
- ГКИНП-10-208-87 - Инженерные изыскания для строительства - М., ГУГК при СМ СССР, 1987

рименением

Требования к постановке работ по деформационному мониторингу ЗИС АЭС

- ПИНАЭ-5.10-87. Основания реакторных отделений атомных станции. Москва, 2001
- ПИН АЭ-5.6. Нормы строительного проектирования АС с реакторами различного типа (Минатомэнерго СССР, 1986. разработаны АЭП). Москва, 1986
- РД ЭО 1.1.2.99.0007-2011 Типовая инструкция по эксплуатации производственных зданий и сооружений атомных станций. М., 2011
- СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная версия СНиП 2.02.01-83*

Размещение деформационной геодезической сети

- ПИКИН-1-10-208-87 - инженерные изыскания для строительства - М., ГИИК при СМ СССР, 1987
- СО 153-34.21.322-2003 Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадкой фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций. М., ОРГРЭС, 2005.

Методика постановки деформационного мониторинга

- СО 153-34.21.322-2003 методические указания по организации и проведению наблюдений за осадкой фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций. М., ОРГРЭС, 2005.
- СТО 17330282.27.140.004-2008 Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Условия создания. Нормы и требования. М., ОАО РАО «ЕЭС РОССИИ», 2008

ТРЕБОВАНИЯ К ОТВЕТСТВЕННЫМ СООРУЖЕНИЯМ АЭС

станций. М., 2011

• Реакторные отделения

- ПИНАЭ-5.10-87. Основания реакторных отделений атомных станций. Москва, 2001

• Турбоагрегаты

- РД ЭО 1.1.2.05.0696-2006 Руководство по сооружению и сдаче в эксплуатацию фундаментов турбоагрегатов атомных станций. М., 2007.

• Градирни

- РД ЭО 1.1.2.05.0697-2006 Руководство по сооружению и сдаче в эксплуатацию железобетонных башенных градирен атомных станций. М., 2007.

• Подкрановые пути

- РД ЭО 10-138-97. Комплексное обследование крановых путей грузоподъемных машин. М., 1998

• Сооружения общего назначения

- РД ЭО 1.1.2.09.0774-2011. Оценка технического состояния и остаточного ресурса трубопроводов, сосудов и насосов энергоблоков атомных станций
- СО 153-34.21.322-2003 Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадкой фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций. М., ОРГРЭС, 2005.

Структура и свойства ИЗЫСКАТЕЛЬСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА

Средство для хранения

Цифровых данных

Текстовых данных

Нормативных источников

Отчетной информации



Анализ и отбраковка грубых и систематических ошибок
наблюденных данных

Восстановление утраченных и дополнение необходимых данных
методами интерполяции и экстраполяции



Преобразование и приведение к сравнимому виду

Использование унифицированных алгоритмов



Анализ рядов данных: дисперсионный, корреляционно-
регрессионный анализ, исследование временных рядов, сезонная
декомпозиция

Моделирование и статистический прогноз процессов

Структурная схема базы данных

Ввод исходных данных

- Текстовые данные
- Табличные данные
- Растровая и векторная графика

Предварительная обработка (нормализация)

- Контроль грубых ошибок
- Контроль систематических сдвигов (перезакладка, очистка, переформирование и пр.)
- Контроль начальных дат и исходного цикла
- Контроль выбросов

Анализ данных (преобразованных)

- Вычисление основных характеристик
- Регуляризация данных во времени и в пространстве (интерполяция: линейная, кубические сплайны, сплайны Акимы)
- Выделение основных компонент (с использованием SSA)

Прогнозирование

- Краткосрочный прогноз (на $\frac{1}{4}$ наблюдаемого периода)
- Линейный
- Модели Хольта, Хольта-Уинтерса, Тейла-Вейджа
- Анализ сингулярных спектров (из анализа SSA)

Вывод

- Конвертирование данных в MS Office
- Использование шаблонов текста, таблиц и рисунков
- Выборка основных показателей на основном окне интерфейса

Интерфейс базы данных

окно общей информации об объекте

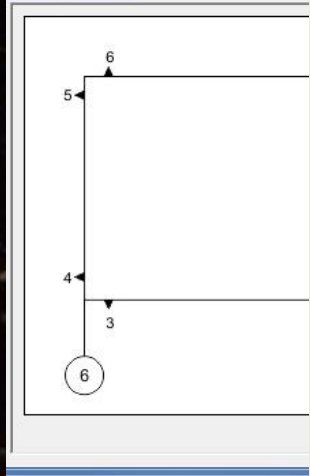
Краткая характеристика объекта
Наименование объекта (здания, строения, сооружения)
ХРИ Хранилище радиоактивных изотопов

Категория безопасности по ПИН АЭ - 5.6	II	Дата начала строительства объекта	12.04.1999
		Дата окончания строительства объекта	май 2000 г.
		Дата начала эксплуатации объекта	дек. 2000 г.

Состояние наблюдательной сети осадочных марок
По состоянию на декабрь 2011 г. существует 6 осадочных марок

Примечания
Осадочные марки выполнены из стали в серый цвет и снабжены маркировочными табличками

Средняя осадка, мм
Средняя скорость осадки, начиная с даты установки, мм/год
Относительный крен, мм/м
Максимальная неравномерность осадки, мм
Относительный прогиб



Наименование ЯРОО:
I-IimQIIIhv2

Обозначение ЯРОО на схеме:
Спецкорпус

Условные координаты геометрического центра:
Б **1237,7** А **2165,835**

Пункт наблюдения:
Пьезометр

Обозначение на схеме:
40

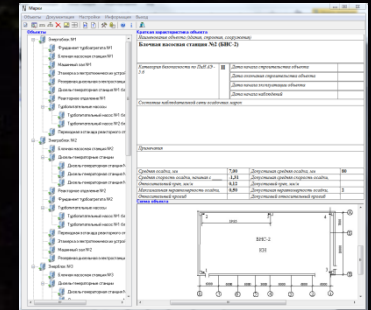
Условные координаты пункта наблюдения:
Б **1205** А **2072,4**

Виды наблюдений:
Уровень Да Нет Температура Да Нет Хим состав Да Нет

Дата установки
09.06.1992

Оценка состояния
неудовлетворительное - фильтр закольматирован

Примечание



- **Общая информация позволяет:**
- охарактеризовать объект, сроки строительства и ввода (вывода) в эксплуатацию
- оценить сохранность и достаточность геодезической сети, тип и конструкцию геодезических знаков, особые условия
- оценить деформации наблюдаемого объекта по последнему введенному циклу измерений

Интерфейс базы данных

ОКНО ВВОДА ДАННЫХ

Данные по объекту "Реакторное отделение энергоблока №1 (РО-1)

Ms Sanf Serif 100%

Исходные | Преобразованные | Суммарные | Текущие | Крены | Неравномерности

№ марок	Координат		23.07.1984	15.11.1984	15.11.1985	20.11.1986	18.12.1987	26.12.1988	27.11.1989	15.11.1990	20.11.1991	29.10.1992	27.10.1993	26.10.1994	25.06.1995	01.
	X, м	Y, м	30682	1 цикл	2 цикл	3 цикл	4 цикл	5 цикл	6 цикл	7 цикл	8 цикл	9 цикл	10 цикл	11 цикл	12 цикл	13
PO1-1	2003,22	2998,91	40497,50	40496,60	40493,10	40475,10	40459,60	40436,10	не набл	не набл	8 цикл	не набл	не набл	не набл	не набл	не
2	2021,72	2998,91	40494,60	40490,40	40486,80	40467,20	40451,40	40430,20	40418,20	40414,60	40411,70	40410,90	40406,40	40408,10	40407,70	40.
PO1-2	2021,72	2998,91	40462,50													
3	2033,31	2998,91	40510,00													
PO1-3	2033,31	2998,91	40566,00	40565,40	40561,70	40542,00	40523,40	40504,10	40492,20	40488,90	40485,60	-	-	-	-	-
PO1-5	2057,02	2998,91	40521,20	40521,20	40517,70	40498,70	40481,80	40463,50	40451,80	40448,20	40445,30	40444,50	40439,50	40441,00	40439,30	40.
PO1-6	2065,93	2998,91	40501,50	40502,60	40499,00	40479,70	40462,80	40444,60	40433,00	-	-	-	-	-	-	-
7	2067,09	3010,54	40497,90	40492,70	-	40469,60	40454,20	-	40426,90	40426,20	40421,30	-	-	-	-	-
8	2067,09	3028,13	40503,70	40498,60	-	40475,30	40461,00	40437,90	уничт	-	-	-	-	-	-	-
9	2067,09	3042,93	40530,70	40525,10	-	40502,60	40490,30	40472,50	40462,10	40459,00	40457,30	-	-	-	-	-
10	2067,09	3057,53	40546,60	40538,80	-	40516,60	40503,70	-	уничт	-	-	-	-	-	-	-
PO1-11	2061,81	3067,09	40537,60	40534,80	40530,80	40512,40	40499,50	40484,10	40474,70	40471,20	40469,40	40467,00	40467,20	40466,10	40464,20	40.
PO1-12	2044,13	3067,09	40506,60	40499,50	40496,50	40477,80	40463,60	40447,00	40437,00	40433,60	40431,70	40429,60	40429,20	40428,60	40428,00	40.
PO1-13	2032,72	3067,09	40575,90	40568,40	40565,20	40545,60	40532,10	40514,70	40504,60	40501,40	40499,80	40498,30	40496,50	40496,40	40496,50	40.
PO1-14	2021,29	3067,09	40492,60	40485,30	40482,30	40463,40	40449,60	40431,70	40421,10	-	-	-	-	-	-	-
PO1-15	2002,77	3067,09	40503,60	40500,50	40497,50	40479,60	40465,40	40445,90	40435,50	40431,40	40429,90	40428,00	40426,10	40426,20	40424,80	40.
PO1-16	1998,91	3062,98	40541,00	40538,50	40522,00	40504,30	40489,70	40469,60	40459,00	40455,20	40453,50	40451,80	40449,60	40449,80	40448,60	40.
PO1-17	1998,90	3047,49	40511,90	40507,80	40503,70	40484,80	40469,40	40448,60	40437,90	40434,10	40431,80	40430,70	40427,50	40428,60	40428,20	40.
PO1-18	1994,54	3032,39	40658,20	-	-	-	40617,20	-	40584,00	-	-	-	-	-	-	-
PO1-19	1998,91	3024,42	40523,40	40519,30	40515,40	40496,00	-	-	40447,00	40443,00	40440,60	40439,50	40436,20	40437,30	40436,90	40.
PO1-20	1998,91	3003,31	40504,70	40503,60	40500,20	40481,80	40467,30	40443,90	40432,40	40427,90	40425,30	40424,00	40420,70	40421,40	40419,50	40.
7Г	2067,09	3010,54	40759,82	-	-	-	-	40698,40	40687,50	40687,00	40681,90	-	-	40678,80	40680,90	40.
8Г	2067,09	3028,13	40504,98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40418,40	40420,50	40.
9Г	2067,09	3042,93	40531,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40454,30	40456,70	40.
10Г	2067,09	3057,53	40768,58	-	-	-	-	40712,10	40702,60	40699,20	40697,10	-	-	40694,10	40696,40	40.

Дефекты базы данных

Дизель-генераторная станция №1 блока 4

Файл Форматирование Нормализация данных Расчеты Представление данных Выход

Исходные Рабочий лист Преобразованные Суммарные Текущие Крены Неравномерности Прогноз

		14.09.1992	14.09.1992	22.11.1993	14.04.1994	08.11.1994	30.10.1995	24.12.1996	28.08.1997	01.04.1998												
		0	6	7	8	9	10	11	12	13												
HM1	0,0	0,0	34301,8	34299,4	34299,8	34300,7	34299,2	34301,4	34299,9	34299,8												
HM2	0,0	18,0	34301,8	34301,8	34299,7	34300,0	34301,1	34299,2	34301,8	34300,2												
HM3	12,0	18,0	34301,6	34301,6	34299,4	34300,5	34298,8	34301,4	34300,1	34297,4												
HM4	12,0	1,0	34301,9	34301,9	34299,8	34300,2	34300,9	34299,9	34299,9	34299,4												
m1	0,0	9,0	34301,8	34301,8	34299,4	34299,8	34300,7	34299,7	34301,4	34299,9												
m2	0,0	9,0	34301,8	34301,8	34299,4	34299,8	34300,7	34299,7	34301,4	34299,9												

118	119	120	121	122
06.05.2011	22.06.2011	14.07.2011	10.08.2011	13.09.2011
34639,1	34639,8	34638,5	34368,1	34637,2

Дефекты базы данных

Различные сроки начала повторных измерений

Пропуски наблюдений при повторных измерениях

Перезакладка центров и знаков в процессе измерений

Грубые ошибки (описки) в записи данных

Интерфейс базы данных

ОБЩИЙ ВИД ОСНОВНОГО ОКНА

Марки

Объекты Документация Настройки Информация Выход

Объекты

- Энергоблок №1
- Энергоблок №2
- Энергоблок №3
 - Блочная насосная станция №3
 - Дизель-генераторные станции блока 3
 - Машинный зал №3
 - Резервная дизельная электростанция №3
 - Реакторное отделение №3
 - Переходная эстакада реакторного отделения №3
 - Этажерка электротехнических устройств №3
 - Турбоагрегат ТА-3
- Энергоблок №4
 - Блочная насосная станция №4
 - Дизель-генераторные станции блока 4
 - Контрольно-измерительная аппаратура блока 4
 - Машинный зал №4
 - Резервная дизельная электростанция №4
 - Реакторное отделение №4
 - Переходная эстакада реакторного отделения №4
 - Этажерка электротехнических устройств №4
 - Турбоагрегат ТА-4
- Общестроительные сооружения
 - Здание АБК-2
 - Спецкорпус
 - Здание временного ХРИ (ВХРИ)
 - Здание НППО
 - Объединенный вспомогательный корпус, лабораторно бы
 - Здание ОГК (объединенный газовый корпус)
 - ПРК (пухорезервная котельная)
 - Здание СЗО (станция зарядки огнетушителей)
 - Здание хранения радиоактивных изотопов ХРИ)
 - Хранилище твердых радиоактивных отходов
 - Хранилище твердых радиоактивных отходов 2 (присоединен)
 - Здание АБК-1
 - РДЭС системы физической защиты
 - Здание СИОС (на полигоне)
 - Здание АКС (азотно-кислородная станция)
 - Глубинные репера

Паспорт объекта

Наименование объекта (здания, строения, сооружения)
Спецкорпус (СК)

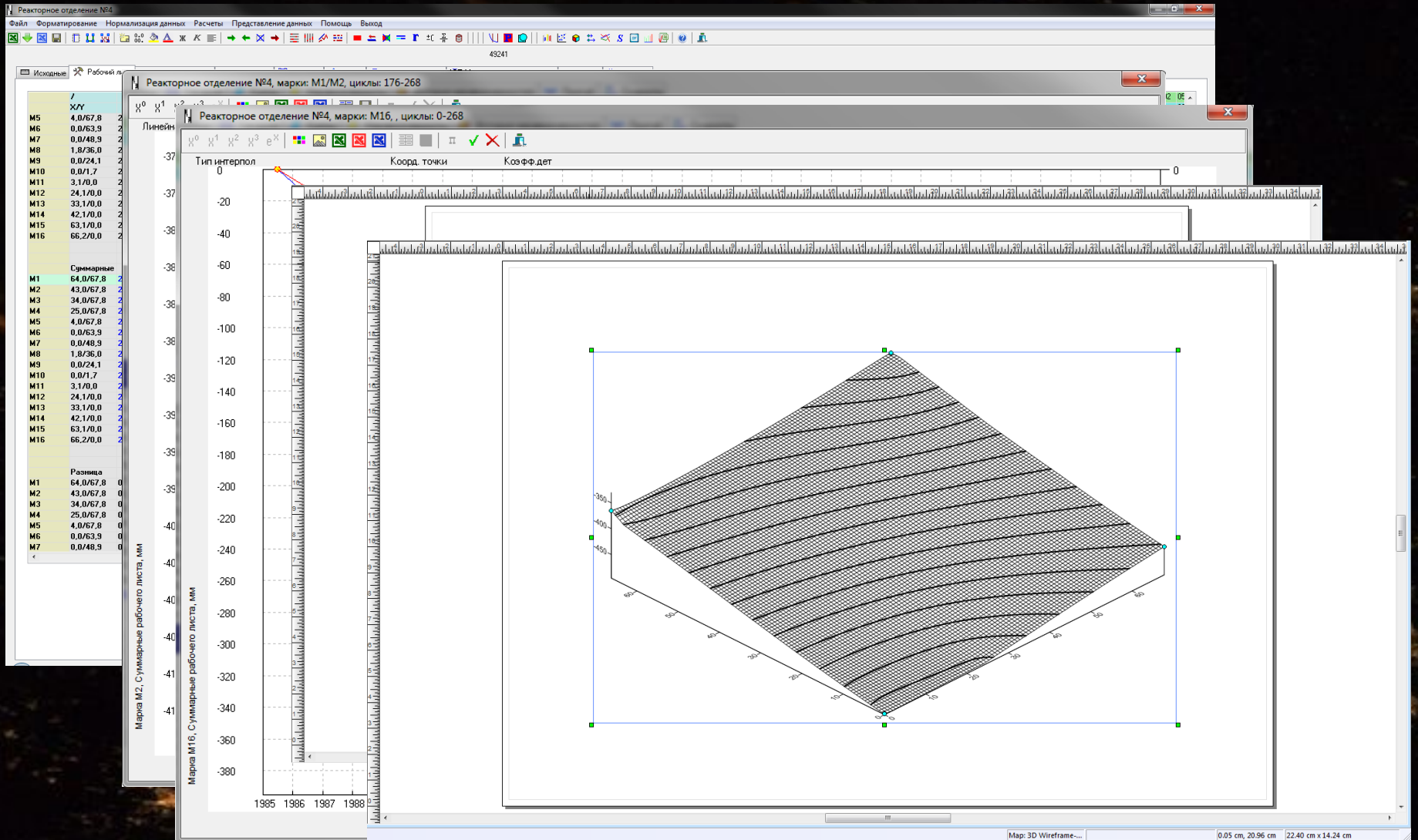
Дата начала наблюдений:	03.05.1984	Дата начала строительства объекта:	
Категория безопасности по ПИН АЗ - 5.6:	I	Дата окончания строительства объекта:	
Периодичность наблюдений:	Относительный	Максимальная	
Тип фундамента:	Дата начала строительства объекта	Дата начала эксплуатации объекта:	
Состояние наблюдательной сети осадочных марок(примечания)		Дата начала стабилизации объекта:	14.10.1988

Код объекта:	Примечание (ск)	Допустимая скорость крена, мм/м в год	Наименование объекта
Средняя осадка, мм:	14.4	Допустимая средняя осадка, мм	80
Максимальная осадка, мм:	Допустимая средняя скорость осадки, мм/год	Допустимая максимальная осадка, мм	Относительный прогиб
Год стабилизации осадки в допустимый предел:	1988	Расчетная осадка, мм	Допустимая
Средняя скорость осадки, начиная с 2002 года, мм/год:	-0.1953	Допустимая средняя скорость осадки, мм/год	1
Относительный крен, мм/м:	0.31	Допустимый крен, мм/м	2
Максимальная неравномерность осадки, мм/м:	INF	Допустимая неравномерность осадки, мм/м	
Относительный прогиб:		Допустимый относительный прогиб:	
Коэффициент СКО для скоростей:		Допустимая скорость макс. неравномерности, мм/м в год	Допустимая средняя

Схема объекта

Схема расположения контрольных марок на здании спецкорпуса 2

Интерфейс базы данных рабочий лист (предварительная обработка данных)



Нормализация и регуляризация базы данных

Отбраковка и линейная интерполяция по суммарным и текущим вертикальным смещениям

Анализ добротности измерений

- из анализа межцикловых вертикальных смещений соседних марок
- из анализа суммарных вертикальных смещений соседних марок

Восстановление пропущенных значений

- по величинам текущих и суммарных вертикальных смещений
- по функции изменения суммарной осадки во времени

Восстановление данных при перезакладке знаков

- слияние данных двух и более рядов данных в один ряд

Определение данных исходного цикла измерений

- по результатам анализа межцикловых смещений
- по результатам анализа суммарных смещений во времени

Оценка стабильности данных

- из анализа межцикловых вертикальных смещений соседних марок
- из анализа суммарных вертикальных смещений соседних марок

Нормализация и регуляризация

Отбраковка данных

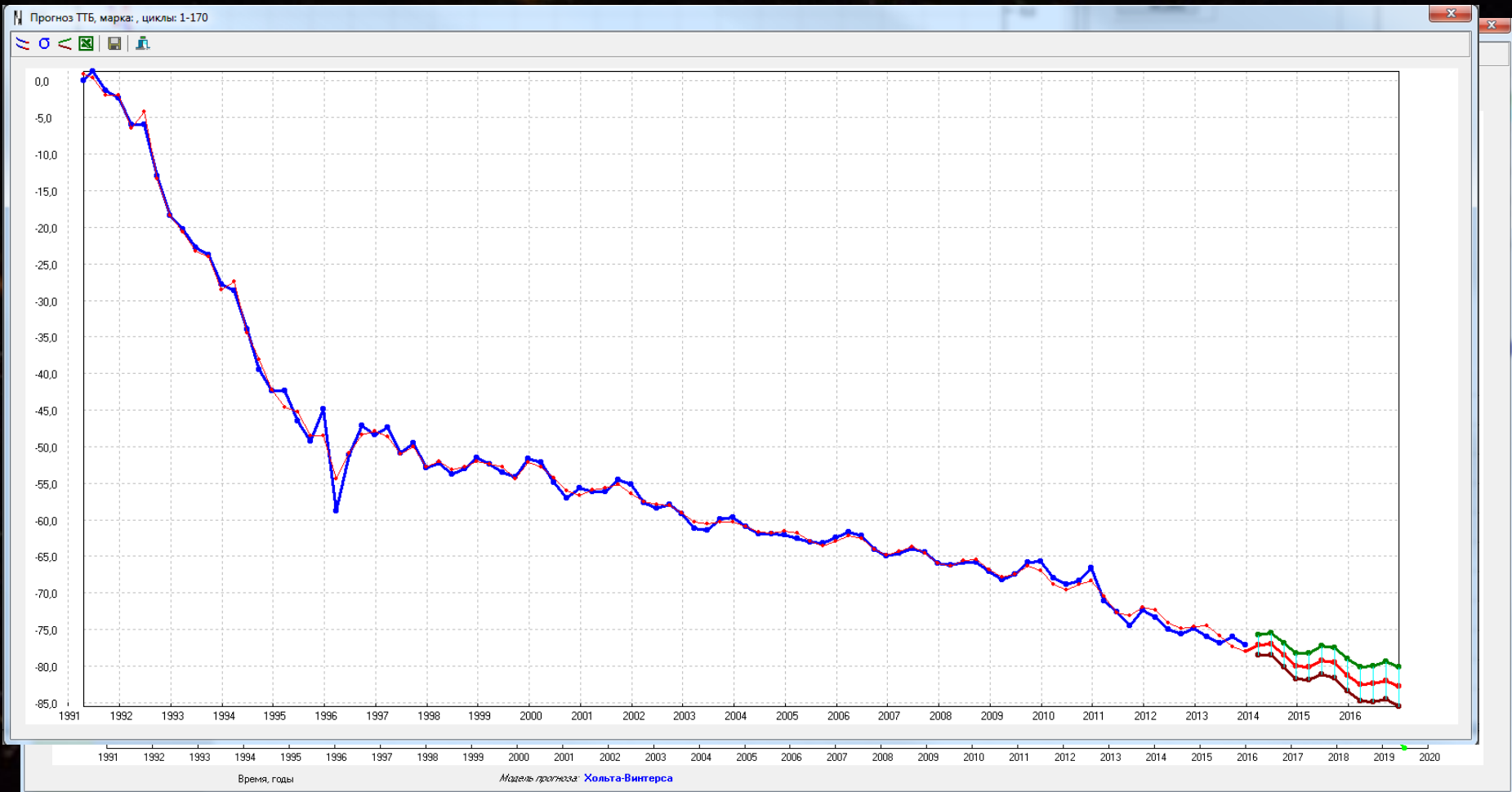
Восстановление данных

Величины перезакладки

Приведение к исходным датам

Оценки стабильности

Прогнозирование данных



Требования к БД при геодезическом мониторинге

The image displays a multi-windowed desktop environment used for geodesic monitoring data management. It includes:

- Microsoft Word:** A document window titled 'Документ1 - Microsoft Word' showing a list of document recovery options, such as 'Документ [Автосохраненный] Версия, созданная при посл... 22:07 29 апреля 2013 г.'
- Microsoft Excel:** A spreadsheet window titled 'Данба струн (version 1) (восстановлен)'. The active sheet contains a table with columns for years (1988-2021) and rows for monitoring points (e.g., e08, e09, e07, c100). The table data includes numerical values representing measurements over time.
- GIS Application:** A window titled 'Проект: Схема ГДП' showing a map with a network of points and lines. A legend in the bottom right corner defines symbols:
 - Большая точка (Large point)
 - Точка с привязкой к геодезическому пункту (Point with tie to geodesic point)
 - Точка с привязкой к геодезическому пункту (Point with tie to geodesic point)
 - Узел разрыв существующей (Existing break node)
 - Узел разрыв проектируемой (Planned break node)
 - Место размещения АЭС (NPP location)

Основные проблемы

Нормативная база

- Разночтения при определении наблюдаемых параметров
- Отсутствие требований к обработке временных рядов, статистическому анализу и прогнозированию

Организация мониторинга

- Изменение подрядчиков после торгов
- Отсутствие заинтересованности у Заказчика

Исполнительский непрофессионализм

- Слабая подготовка и отсутствие знаний в области обработки временных рядов, статистического анализа и прогнозирования.

Данные прошлых изысканий

- Умышленное и непреднамеренное уничтожение архивных материалов.
- Использование процедуры сканирования и распознавания.