



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
Механики Сплошных Сред
Уральского отделения Российской академии наук

ЭВОЛЮЦИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СООРУЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Гусев Георгий Николаевич,

заведующий лабораторией интеллектуального мониторинга ИМСС УрО РАН, г. Пермь, к.т.н.

Цветков Роман Валерьевич,

научный сотрудник лаборатории интеллектуального мониторинга ИМСС УрО РАН, г. Пермь, к.т.н.

Проблематика и актуальность

При строительстве и эксплуатации сложных и ответственных инженерных сооружений важным фактором является обеспечение их механической безопасности. Особенно остро данная проблема связана со строительными объектами, которые возводятся и эксплуатируются в условиях техногенного воздействия различного рода.

Актуальными задачами строительства и научно-технического сопровождения инженерных сооружений, как точечных объектов, так и целых массивов зданий в виде кварталов городов, становятся оценка и мониторинг деформированного состояния, а также постоянная диагностика несущих конструкций сооружения на всех этапах жизнедеятельности. Важным аспектом в решении этих задач является умение отслеживать эволюцию деформационного состояния сооружений в системах «здание – фундамент – грунтовое основание».

Краткая справка об Объекте

Основной задачей исследования изначально являлось определение причин возникновения неравномерных осадок фундаментных конструкций ТРК «Семья» в г. Пермь, в последствии, повлекших за собой повреждение основных несущих конструкций сооружения и признание части его непригодным к эксплуатации.

Торгово-развлекательный комплекс площадью 70 000 м² состоит из **шести блоков – «А», «В», «С» (блоки первой очереди) и «D», «D1», «D2» (блоки второй очереди)** разделенных деформационными швами. Комплекс был введен в эксплуатацию в 2003 г. В 2009 – 2010 гг. вдоль длинной его стороны по ул. Революции (Рис.1) на глубине 25-30 метров велось строительство Главного разгрузочного коллектора г. Перми. Диаметр ствола коллектора составил 6 м. Проходка и строительство как самого коллектора, так и разгрузочных шахт велись по технологии, которая предусматривала водопонижение по всем водоносным горизонтам в зоне строительства. Водопонижение было осуществлено из двух скважин, которые находились в непосредственной близости от блока «С» ТРК. Откачка проводилась в объеме до 160 м³ воды в сутки на протяжении нескольких месяцев. Понижение уровней грунтовых вод по данным измерений произошло на 6-8 м по двум горизонтам. Осушение активной толщи аллювиальных грунтов привело к развитию неравномерных осадок по все площади ТРК и сопряженной с ней территории автопарковки, которая попала в зону развития депрессии. Величины осадок свободной земной поверхности составили порядка 20 см.

В 2010 г. основные несущие конструкции блоков первой очереди стали накапливать деформации, которые привели к образованию дефектов в несущих конструкциях сооружений. В связи с конструктивными особенностями сооружений виды дефектов и их величины существенно различались. Наиболее пострадавшими от развития незапланированных неравномерных осадок стали блоки первой очереди – «А», «С» и «В». Блок «В» в 2010 г. был признан аварийным, выведен из эксплуатации и демонтирован. В 2012 г. был спроектирован, построен и в 2014 г. введен в эксплуатацию новый блок «В» на месте старого сооружения. Блоки «А» и «С» были отремонтированы и частично усилены.

С 2010 г. по настоящее время специалистами лаборатории интеллектуального мониторинга ИМСС УрО РАН ведется научно-техническое сопровождение данного Объекта в рамках комплексного мониторинга всего ТРК.

История формирования проблемы

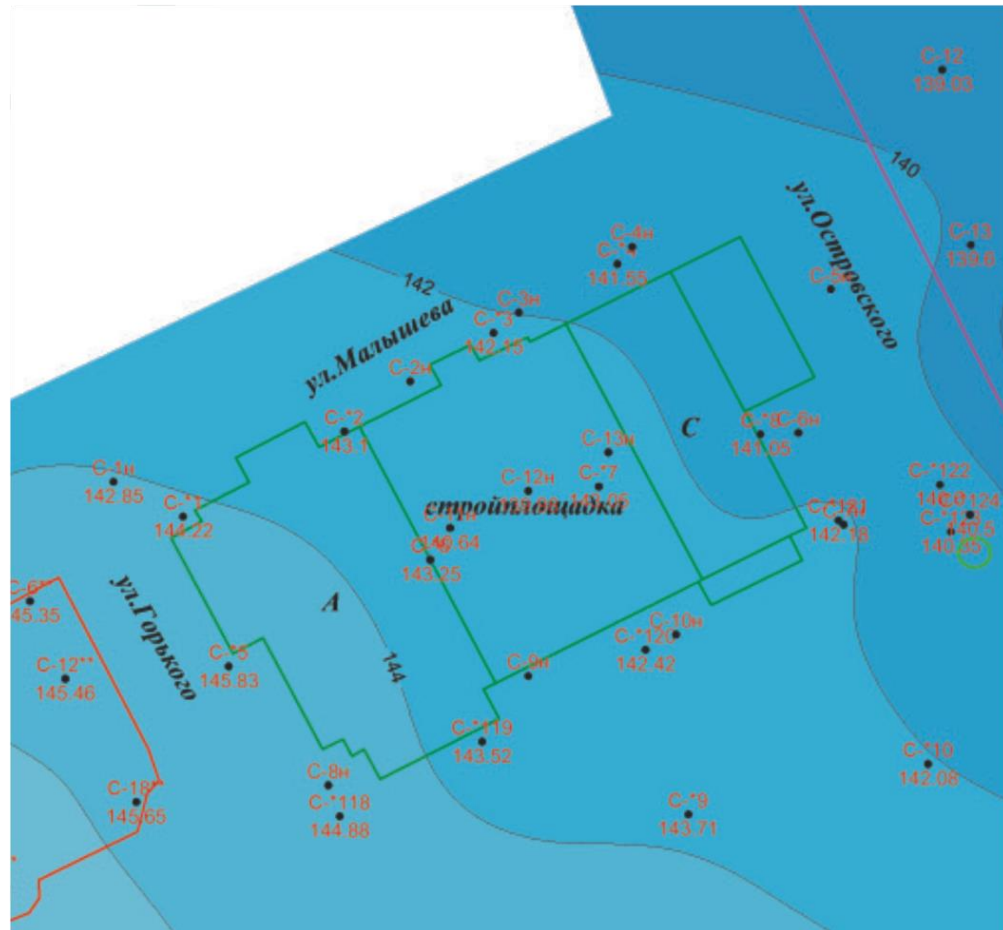


Рис. 2 Карта гидроизогипс (м. абс.) для четвертичного комплекса пород в естественном режиме. Составлена по материалам изыскательских работ 2001-2007 г.г. [11], **C-12** – номер изыскательской скважины, **142.08** – абсолютная отметка установившегося уровня (м).

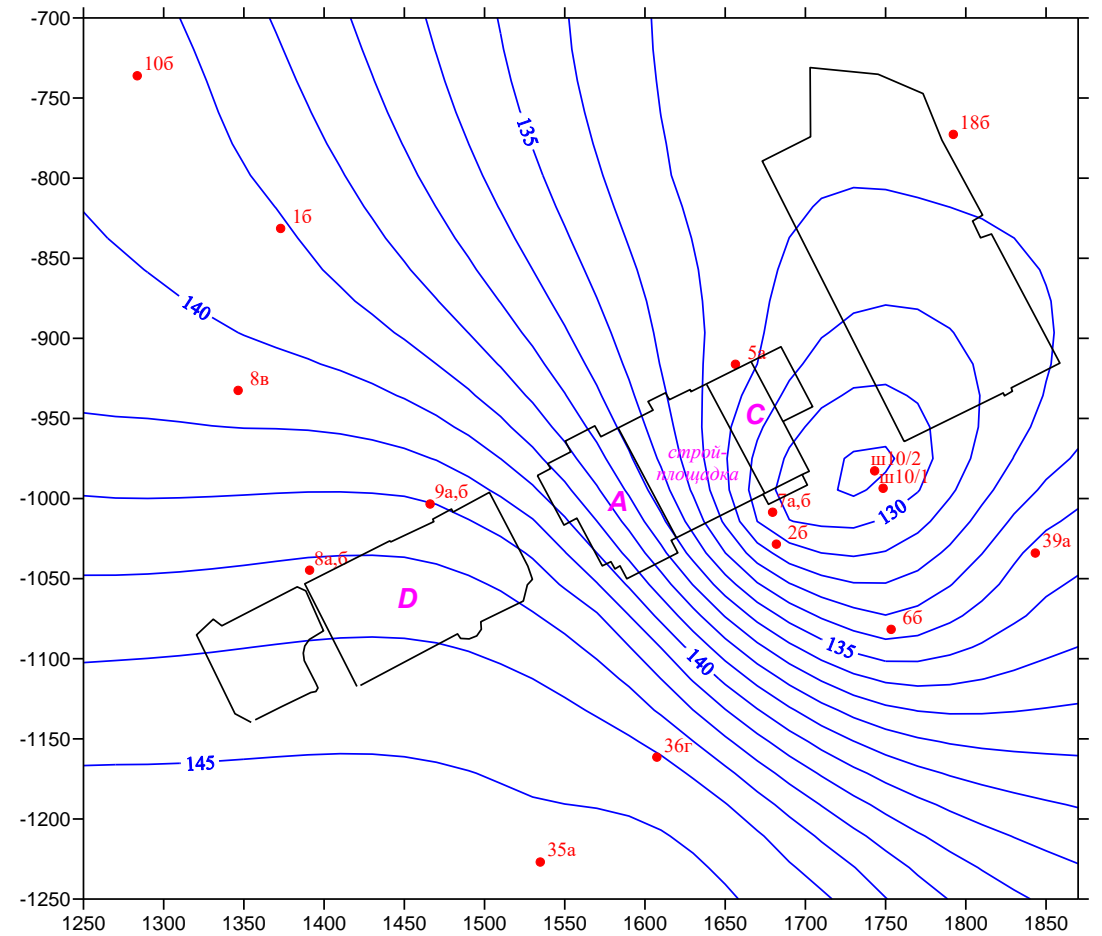


Рис. 3 Карта пьезоизогипс (м. абс.) в районе ТРК «Семья» на 11.01.2012

История формирования проблемы

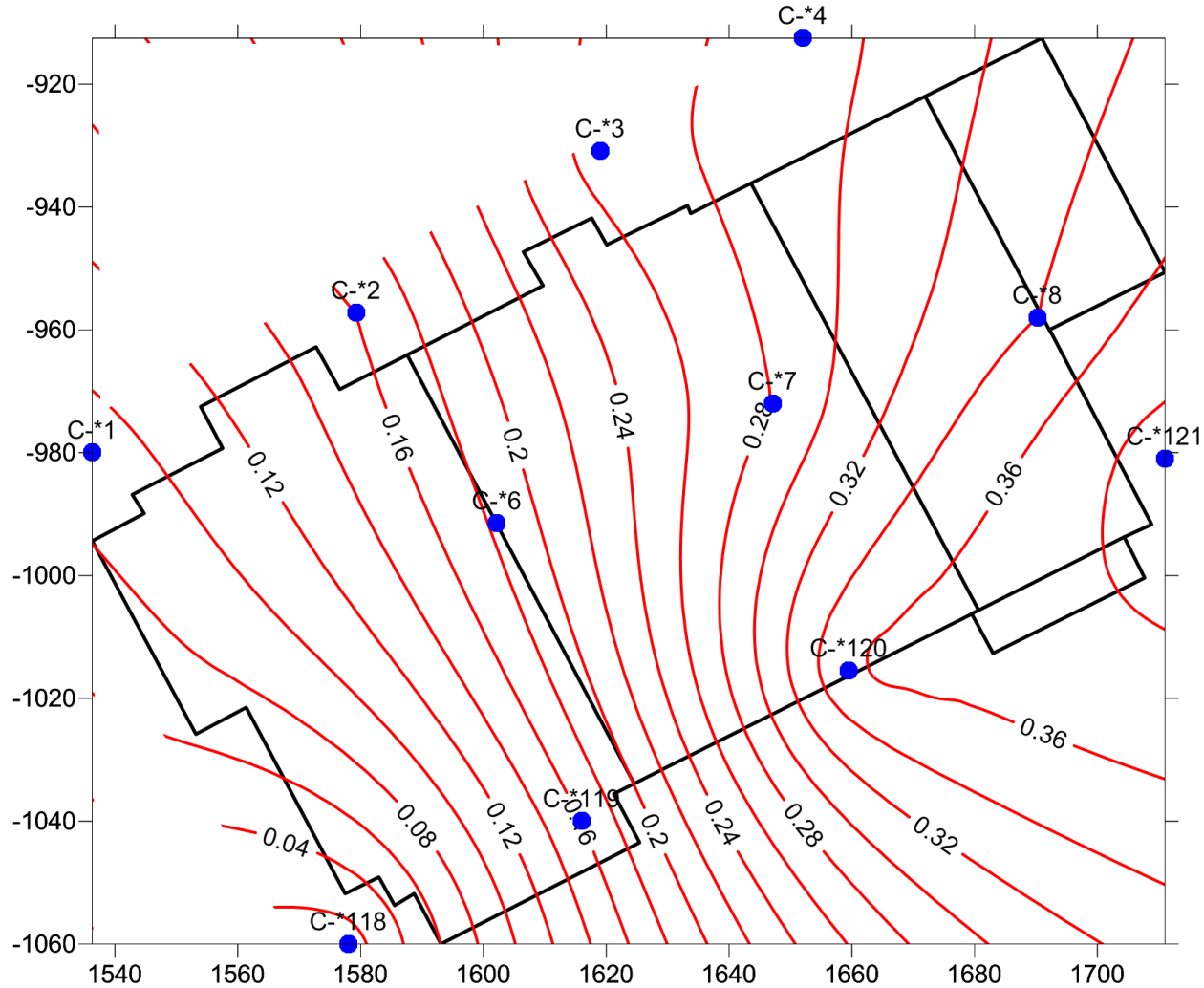


Рис. 3 Схема распределения осадков земной поверхности при снижении уровней подземных вод на территории корпусов А, В и С ТРК «Семья» (прямое использование данных лаборатории по модулям деформаций).

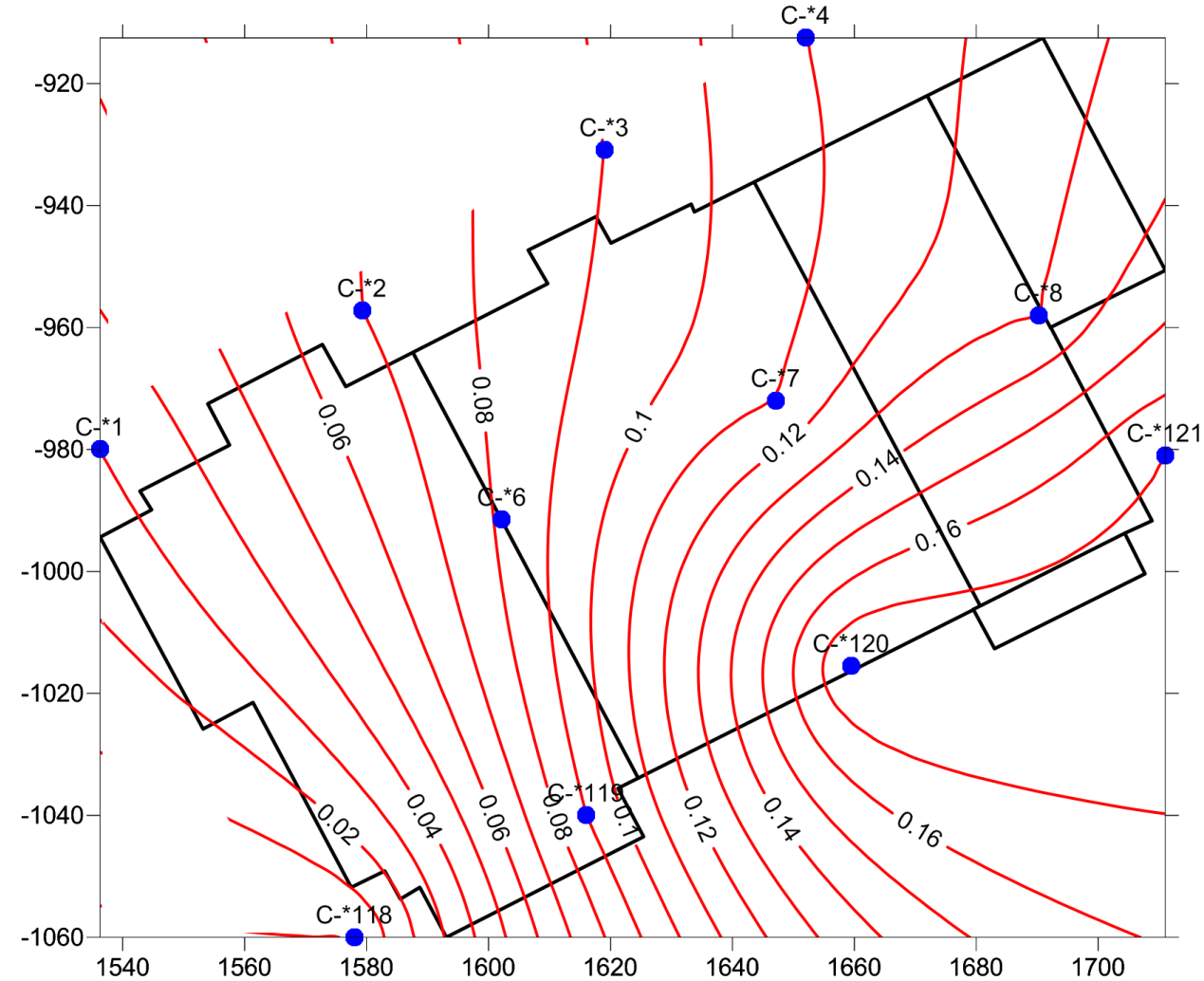


Рис. 4 Схема распределения осадков земной поверхности при снижении уровней подземных вод на территории корпусов А, В и С ТРК «Семья» (с корректировкой лабораторных определений модуля деформации).

История формирования проблемы

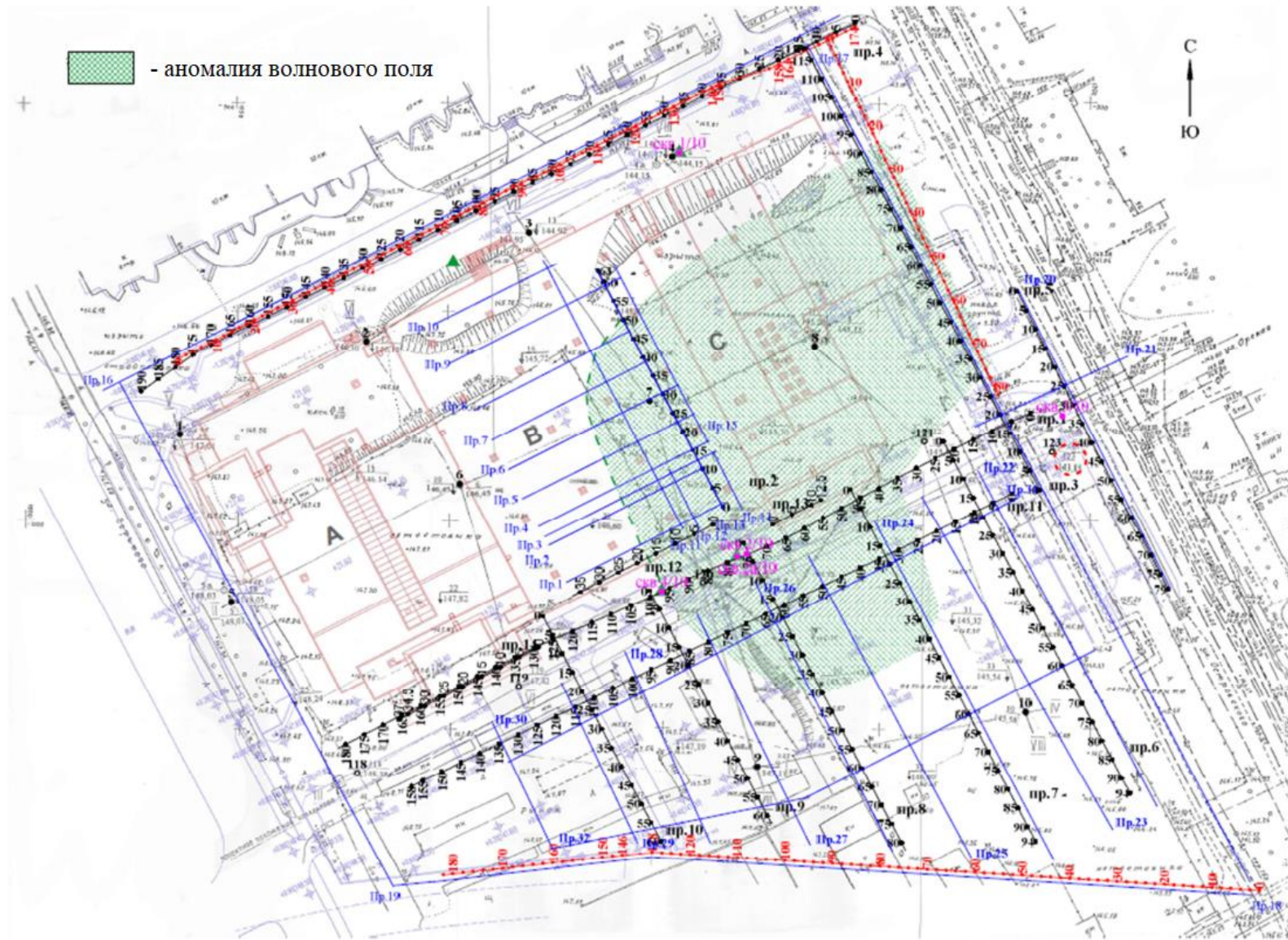
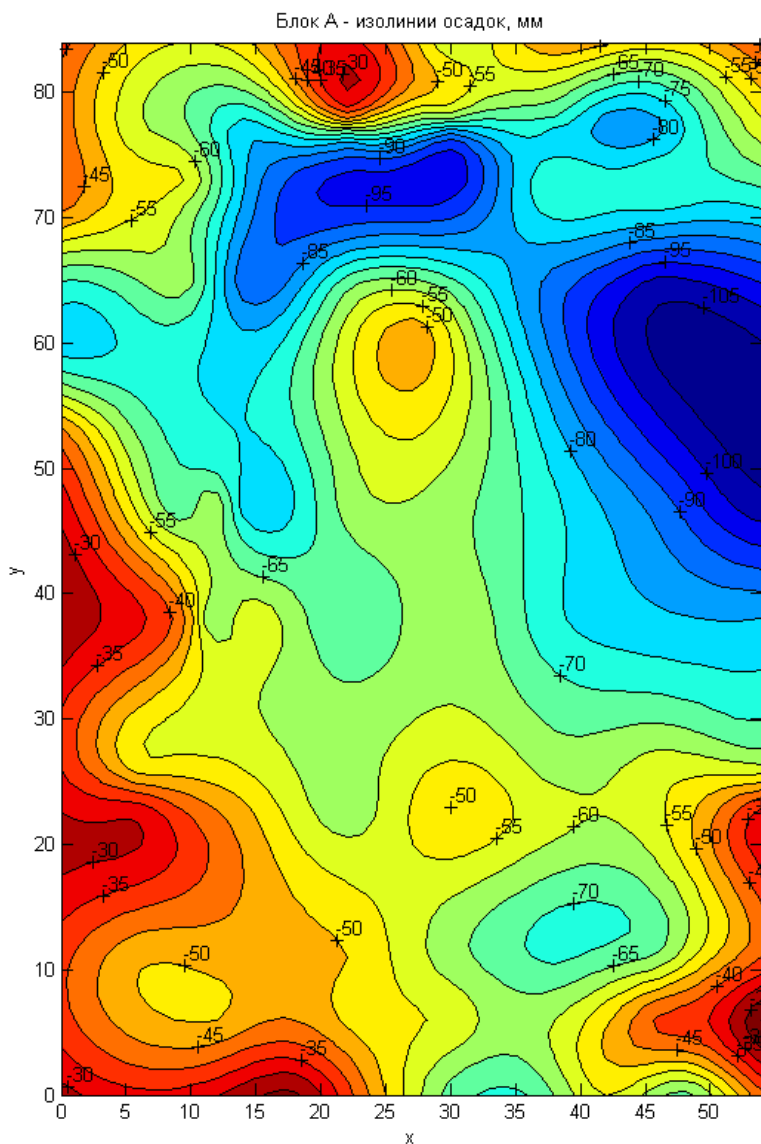


Рис. 5 Схема результатов качественной интерпретации результатов комплексного исследования проведенного в 2010 – 2011 гг.

История формирования проблемы



Демонтированный блок «В»

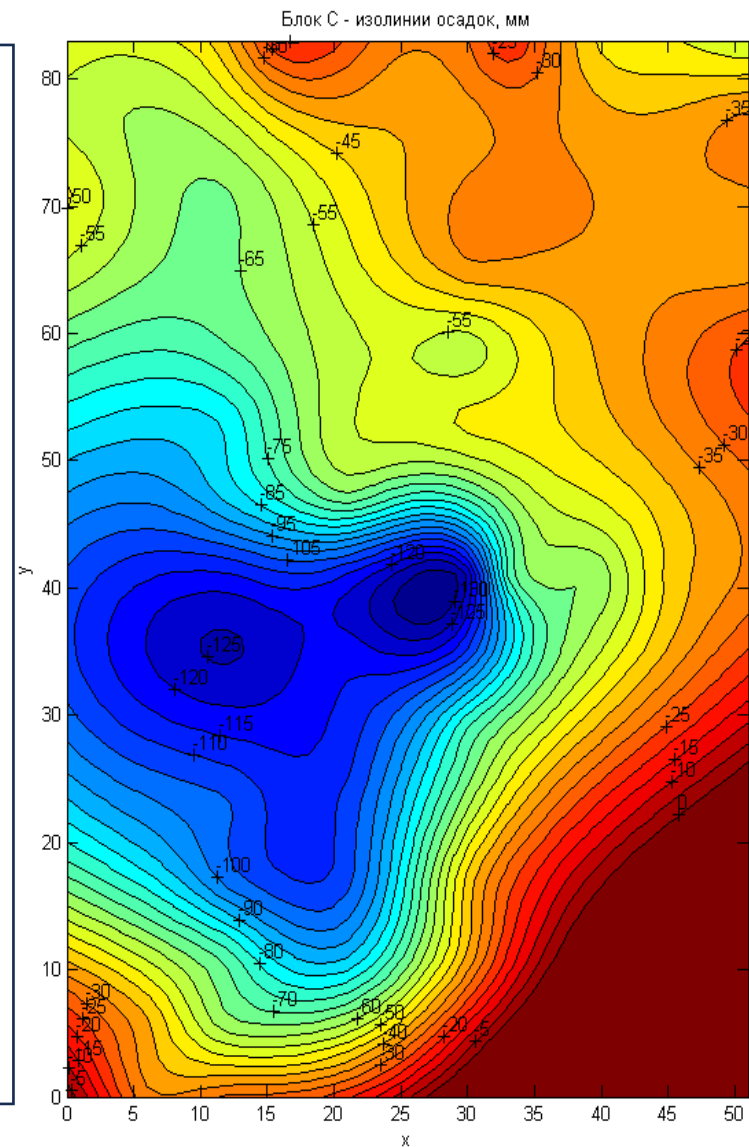


Рис. 6 Изолинии осадок фундаментной плиты блока «А» на конец 2011 г. по данным цифрового геодезического нивелирования.

Рис. 7 Изолинии осадок фундаментной плиты блока «С» на конец 2011 г. по данным цифрового геодезического нивелирования.

Комплексный деформационный мониторинг

С 2010 г. специалистами ИМСС УрО РАН ведутся работы по научно-техническому сопровождению процесса эксплуатации ТРК «Семья» в рамках его комплексного деформационного мониторинга для оценки технического состояния несущих конструкций. Комплексный деформационный мониторинг включает в себя анализ данных измерений ряда параметров сооружения в совокупности с окружающим грунтовым массивом, которые характеризуют эволюцию его деформационного состояния. Специалистами ИМСС УрО РАН спроектированы, созданы и размещены различные вариации датчиков, объединенные в общую систему непрерывного дистанционного мониторинга. Оцениваются следующие данные с различных ветвей системы:

- показания ветвей автоматизированной системы гидронивелирования на основе датчиков вертикальных перемещений несущих конструкций блоков А, С и D (всего 73 гидронивелира), установленной на объекте мониторинга;
- результаты наблюдений за деформациями оснований и фундаментов сооружений на основе цифрового нивелирования в пределах объекта – 70 осадочных марок во всех 6-ти блоках (первая и вторая очереди зданий).
- результаты замеров статического уровня воды в двух горизонтах грунтовых вод в 12-ти наблюдательных скважинах, расположенных на территории всего объекта мониторинга на 2-х горизонтах грунтовых вод;
- данные показаний системы измерения вертикальных перемещений (прогибов) ж/б балок зоны «фудкорта» блока D ТРК в осях 25-26/Б-Л на отм.+9,200 м, состоящей из 27 датчиков контроля величины прогибов в балках (по 3 единицы на девять основных 18-ти метровых балок) и 15-ти гидронивелиров (по 5 единиц на опорный контур измерений, размещенный в направлении трех осей зоны фудкорта);
- данных показаний системы измерения величины раскрытия трещин в ж/б балках зоны «фудкорта» блока D ТРК в осях 25-26/Б-Л на отм.+9,200 м, состоящей из 12 точек контроля.

Комплексный деформационный мониторинг

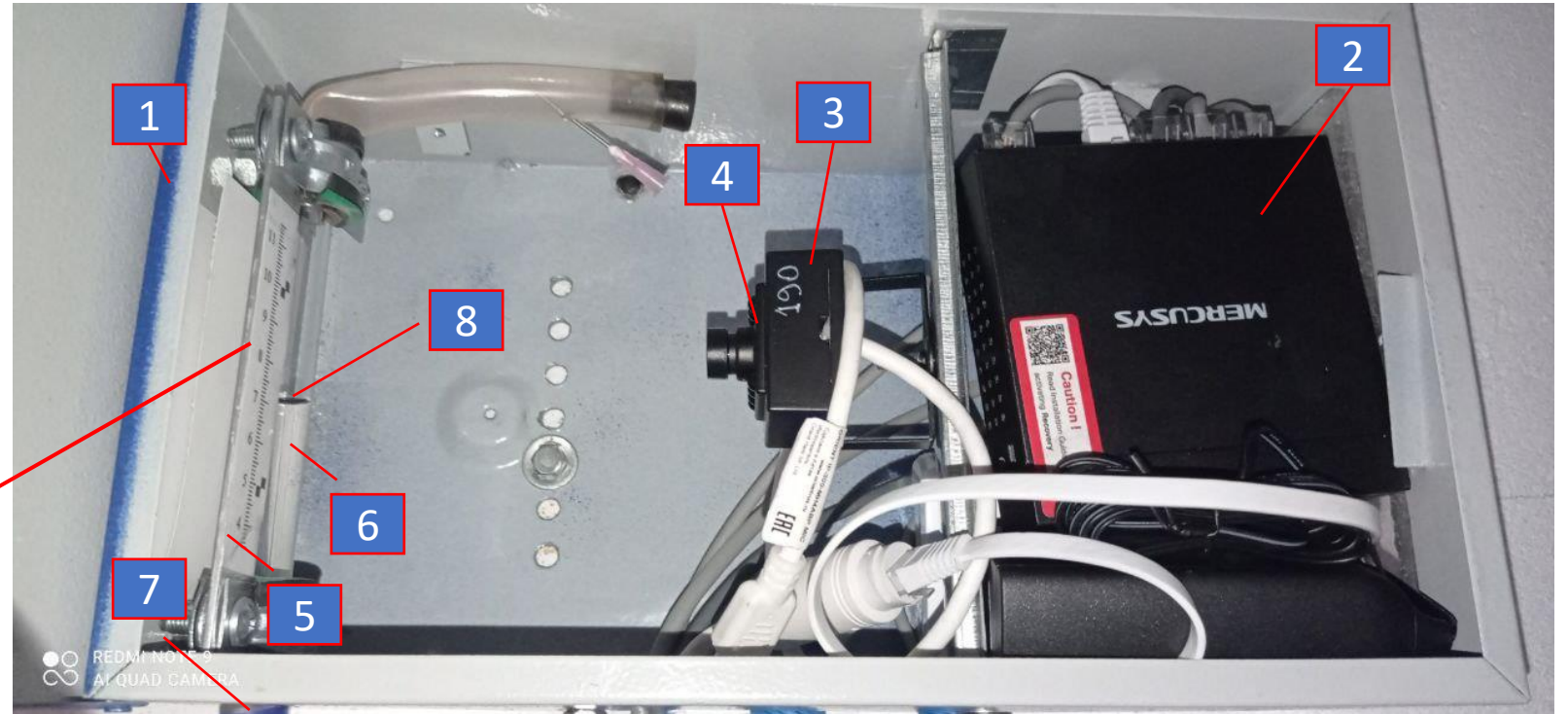
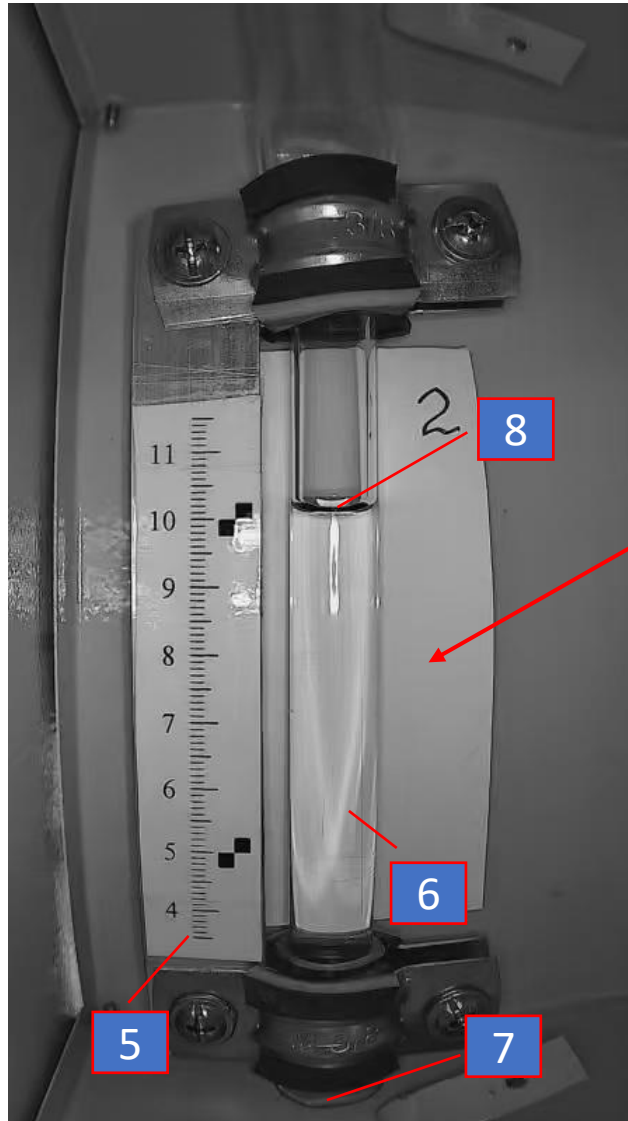


Рис. 7 На фотографиях представлен один из датчиков системы автоматизированного измерения относительных осадок методом гидростатического нивелирования: 1. Защитный короб и кронштейн из алюминиевого сплава, на котором закреплена миллиметровая шкала; 2. Коммутатор на 6 портов 10/100 Mercusys с PoE на 40 Вт; 3. ip-камера с PoE; 4. Источник инфракрасной подсветки (на камере); 5. Линейная миллиметровая шкала (ГОСТ 427-75); 6. Прозрачная стеклянная трубка, расположенная вертикально вдоль линейной шкалы; 7. Прозрачные полимерные трубки, расположенные горизонтально, соединяющие датчики в систему сообщающихся сосудов по всей ветви нивелирования. Система автоматически распознает положение мениска – (8) относительно базовых маркеров для каждого из датчиков с точностью 0.1 мм. В каждой ветви установлен базовый датчик, относительно которого производятся измерения по блоку. Положение базового датчика привязано к марке цифрового геодезического нивелирования. Таким образом показания всех ветвей увязаны в общую систему.

Комплексный деформационный мониторинг



Мониторинг неравномерных осадок сооружения

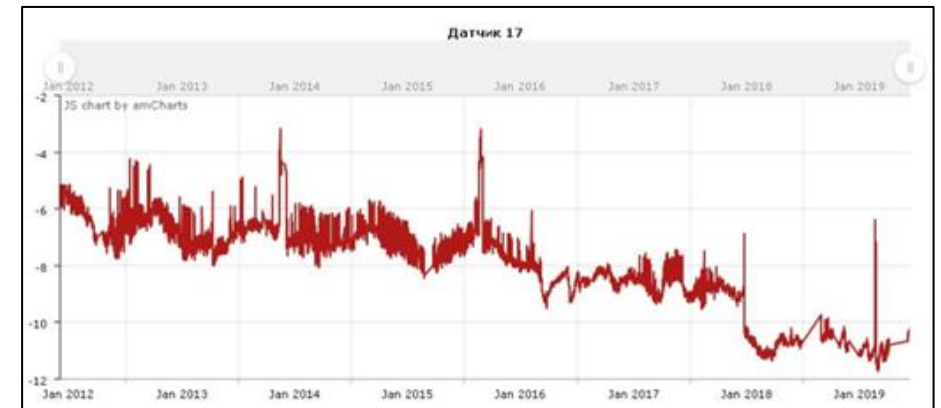
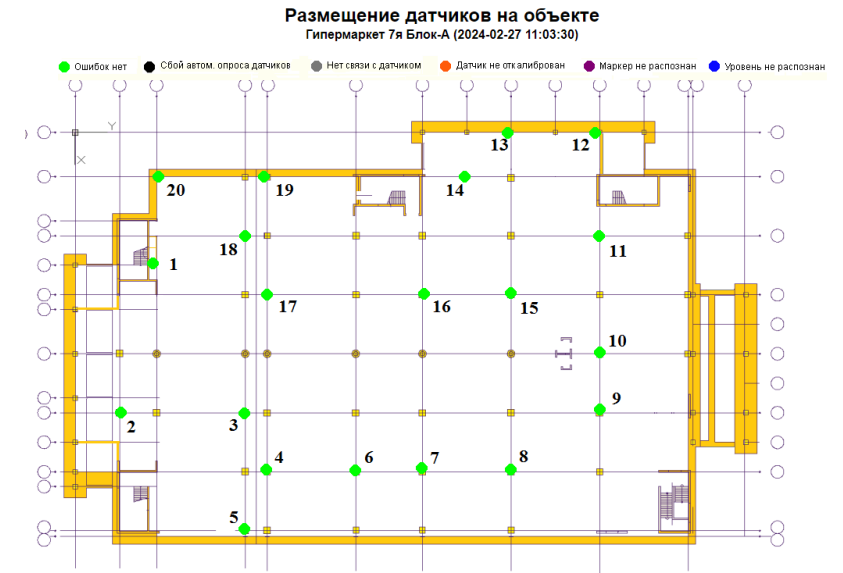


Рис. 8 Датчики гидронивелирования, расположенные в блоке «А». А также схема их расположения на несущих конструкциях в пределах этажа. Данные измерений (пример).

Комплексный деформационный мониторинг

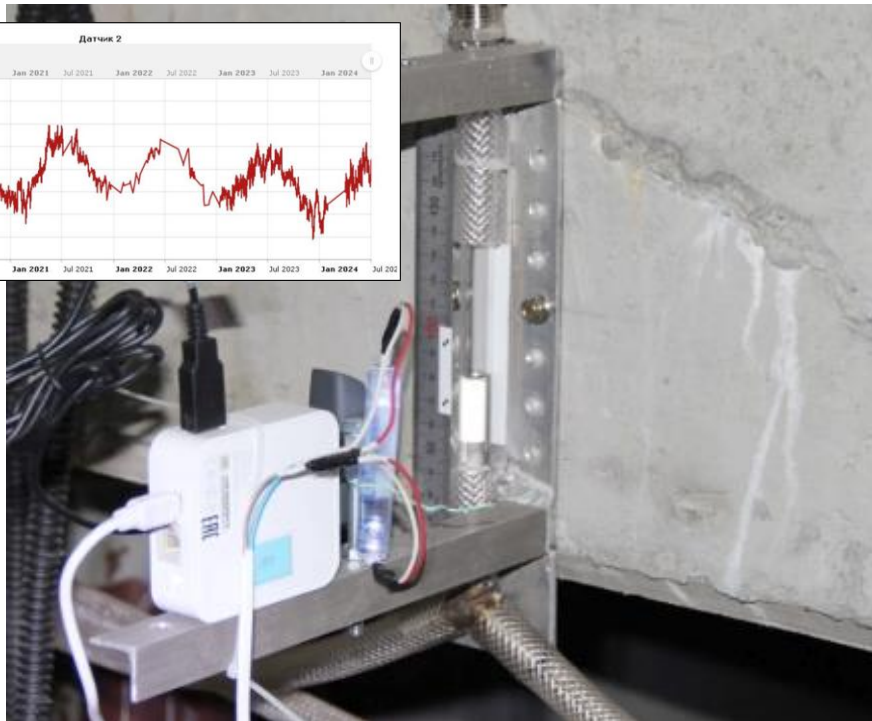
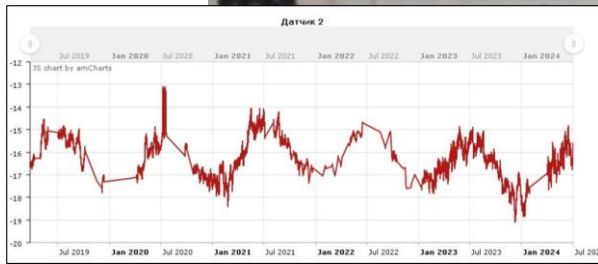
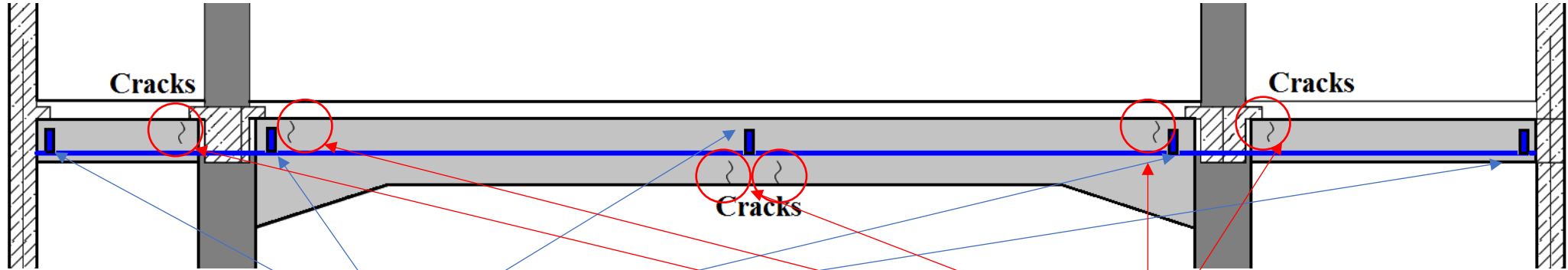


Рис. 9 Датчики гидронивелирования, расположенные в блоке «D» для контроля прогибов 18-ти метровых ж/б балок.



Рис. 10 Датчики трещиномеры, расположенные в блоке «D» для контроля величины раскрытия трещин в ж/б балках.

Комплексный деформационный мониторинг

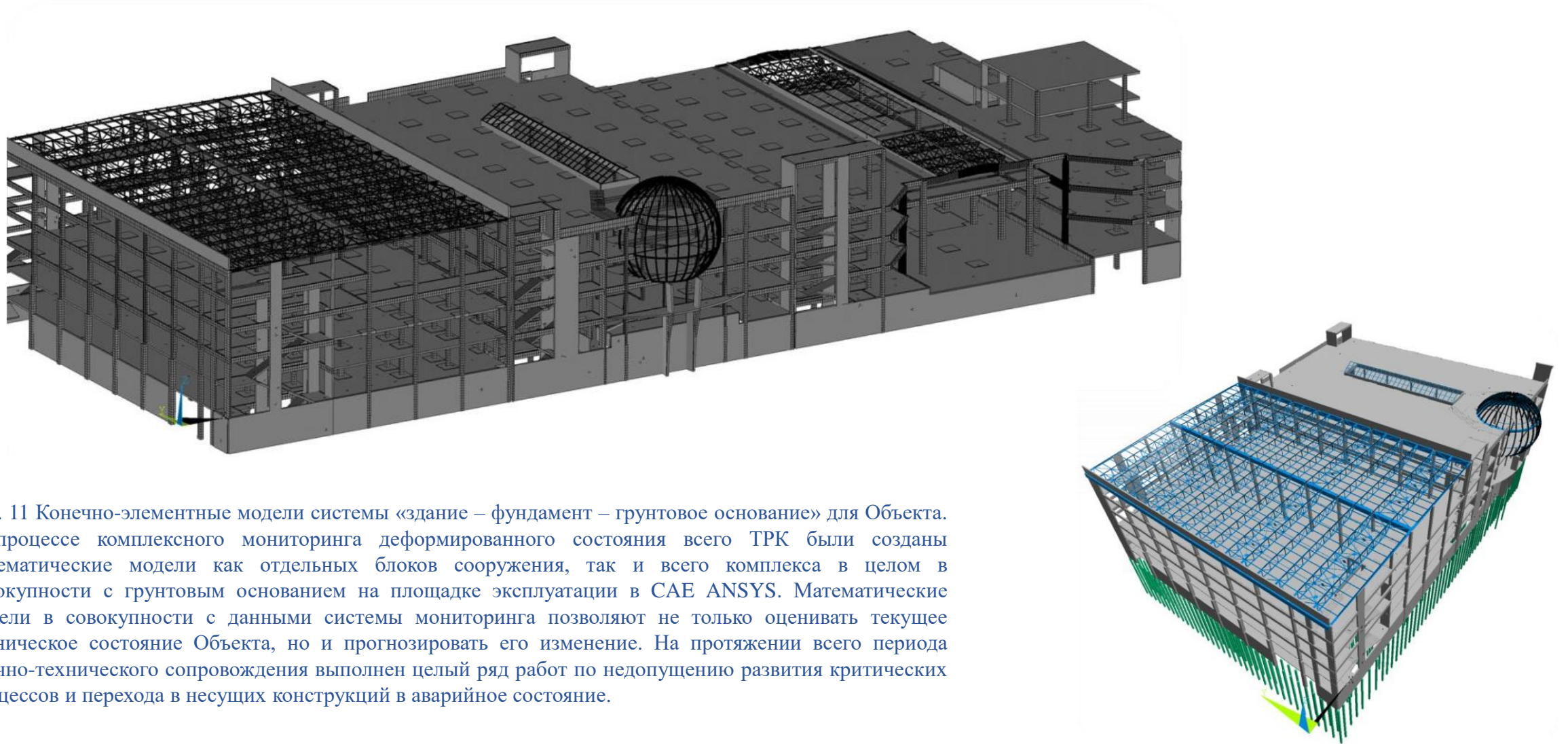


Рис. 11 Конечно-элементные модели системы «здание – фундамент – грунтовое основание» для Объекта. В процессе комплексного мониторинга деформированного состояния всего ТРК были созданы математические модели как отдельных блоков сооружения, так и всего комплекса в целом в совокупности с грунтовым основанием на площадке эксплуатации в CAE ANSYS. Математические модели в совокупности с данными системы мониторинга позволяют не только оценивать текущее техническое состояние Объекта, но и прогнозировать его изменение. На протяжении всего периода научно-технического сопровождения выполнен целый ряд работ по недопущению развития критических процессов и перехода в несущих конструкций в аварийное состояние.

Комплексный деформационный мониторинг

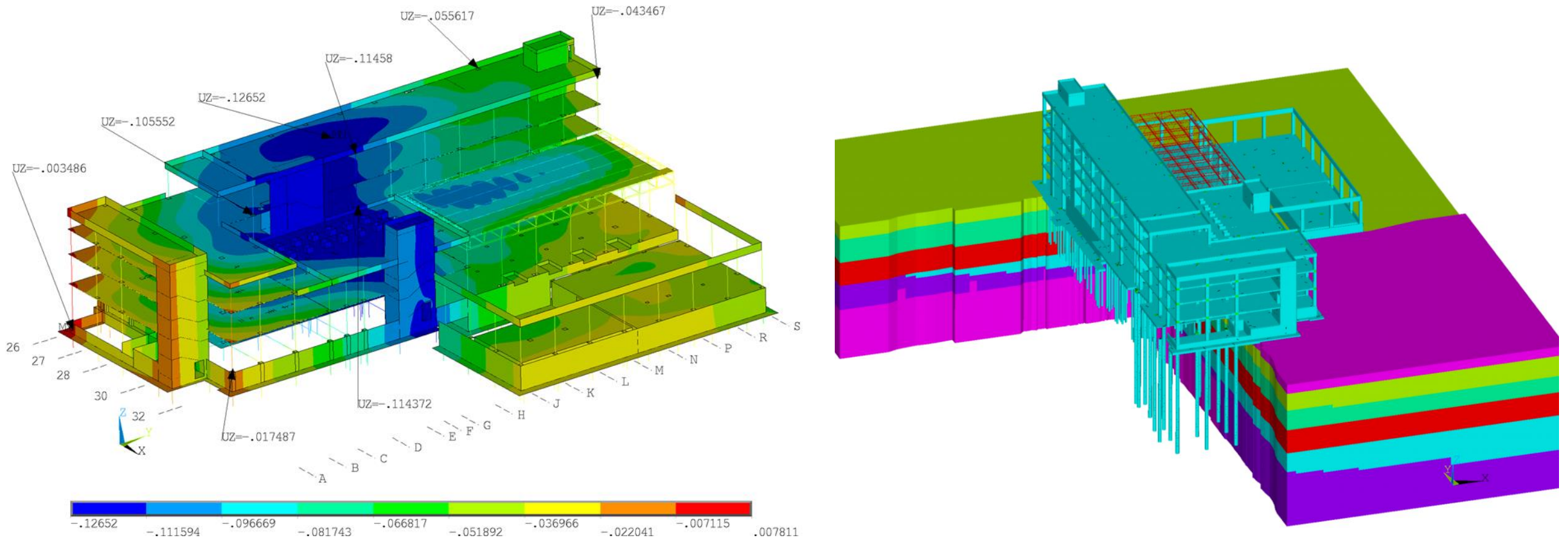


Рис. 12 КЭ модель блока «С» и результаты расчета одного из сценариев деформационного взаимодействия с грунтовым массивом и влиянием строительства Главного разгрузочного коллектора. Благодаря совокупному использованию данных проведенного комплексного исследования о причинах развития неравномерных осадок на площадке ТРК «Семья», данных комплексного мониторинга, куда входит существенный блок КЭ моделирования удалось создать уникальную систему прогнозирования эволюции деформированного состояния целого комплекса сооружений. КЭ модели были верифицированы на основе анализа данных мониторинга. По результатам мониторинга разработан регламент эксплуатации Объекта в условиях техногенного воздействия.

Заключение

С 2010 г. специалистами ИМСС УрО РАН произведен большой объем работ по анализу деформационного поведения группы сооружений, которые подверглись техногенному воздействию.

- Выявлены посредством комплексной системы мониторинга и верифицированы посредством методов конечно-элементного моделирования закономерности взаимодействия элементов в системе «здание-фундамент-грунтовое основание», которые включают в себя следующие параметры: уровни грунтовых вод в горизонтах активной толщи грунта; различные вариации нагрузок, как временных, так и постоянных на несущих конструкциях комплекса; температурные воздействия при смене времен года и поддержании заданной температуры в помещениях ТРК посредством систем обогрева и кондиционирования; вибрационное воздействие от рельсового транспорта, линии которого проходят через блок «D» ТРК по несущим конструкциям и т.д.
- С помощью методов мониторинга деформационного состояния и методов математического моделирования созданы прогнозы эволюции деформированного состояния Объекта. Часть прогнозов позволила не допустить развитие аварийных ситуаций и произвести своевременное усиление несущих конструкций и их ремонт.
- Результаты мониторинга легли в основу регламента эксплуатации сооружения.
- В связи с тем, что процессы накопления осадок продолжают мониторинг Объекта ведется непрерывно по сей день.



Благодарю за внимание!

Отвечу на все вопросы. Координаты для связи ниже.



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт механики сплошных сред
Уральского отделения Российской академии наук

ГУСЕВ

Георгий Николаевич

Кандидат технических наук
Заведующий лабораторией
интеллектуального мониторинга
<https://www.icmm.ru/cb-profile/gusev.g>

614013, г. Пермь, ул. Акад. Королёва, 1

www.icmm.ru

e-mail: gusev.g@icmm.ru

моб.: 8 922 33 11 340

тел.: (342) 237 83 84

факс.: (342) 237 84 87

Telegram: @GeorgeGusev

СВЕДЕНИЯ ОБ ОГРАНИЧЕНИЯХ: Переданная информация предназначена для прочтения только адресатом (адресатами), и может содержать конфиденциальную информацию или информацию для ограниченного доступа. Просмотр, дальнейшая передача, распространение или другое использование настоящей информации кем-либо, кроме адресата (адресатов) запрещено. Если Вы получили настоящую информацию по ошибке, пожалуйста, удалите эту информацию со всех компьютеров и свяжитесь с отправителем.