ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДЕФОРМАЦИЙ НАСЫПНОГО ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МНОГОЛЕТНЕГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Д.В. Запорожец, *научный сотрудник*
Горный институт КНЦ РАН
(Россия, г. Апатиты)

DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11894

Аннотация. *В статье рассматривается опыт привлечения программного продукта для обработки результатов многолетнего геодезического мониторинга на примере насыпного гидротехнического сооружения горного предприятия – дамб хвостохранилища. Привлечение в процесс обработки современных программных продуктов позволяет выполнять совместную обработку измерений, выполненных разными методами, повысить скорость и производительность камеральной обработки полевых данных, визуализировать деформационные процессы, происходящие в дамбах и дают возможность оперативной и комплексной оценки состояния дамб с учетом геометрической и атрибутивной информации.*

Ключевые слова: *гидротехническое сооружение, геодезический мониторинг, автоматизация камеральной обработки данных, расчет деформаций, деформационная поверхность, визуализация, программные средства.*

Гидротехнические сооружения в целом и их отдельные элементы испытывают различного вида деформации вследствие разных причин. Инструментальными наблюдениями возможно получить количественную информацию о проседании или смещении заложенных реперов. Однако если учесть, что наблюдения включают в себя большой объем данных очень сложно провести комплексный анализ и выявить наиболее подверженные деформациям участки ГТС. Для этой цели был произведен автоматизированный анализ данных многолетнего геодезического мониторинга с применением программного продукта «CREDO расчет деформации».

Основной целью инструментальных наблюдений является определение величин деформации для оценки устойчивости сооружения и принятия своевременных профилактических мер, обеспечивающих безаварийную работу ГТС. Технология мониторинга деформаций основана на последовательном накоплении и обработке плановых координат и высотных отметок специальных осадочно-деформационных марок, закрепляемых на объекте. Для определения возможных деформаций на дамбах хвостохранилища установлены грунтовые марки в количестве 26 штук, а также семь опорных пунктов.

Для комплексного анализа данных геодзического мониторинга была применена программа CREDO Расчет Деформаций. Программа Расчет Деформаций предназначена для обработки результатов многократных (циклических) геодезических наблюдений за деформациями и осадками участков земной поверхности, зданий и сооружений, включая визуализацию и статистический анализ деформационных процессов.

Исследуемый объект ввиду конструктивных особенностей и пространственного расположения состоит из двух насыпных дамб, на каждой из которых установлены контрольные репера и опорные пункты: 9 контрольных реперов и три опорных пункта на северной дамбе; 8 реперов на гор+121м, 9 реперов на гор+129м и 6 опорных пункта расположенных на южной дамбе хвостохранилища.

На первом этапе обработки для контрольных реперов выполняется анализ деформаций и осадок, для опорных пунктов – анализ устойчивости высотной сети контрольных пунктов, основанного на принципе неизменной отметки наиболее устой-

чивого репера сети. Расчет устойчивости опорных пунктов выполняется отдельно для плановой и для высотной опорной геодезической сети. Данный расчет устойчивости показал пригодность измерений для дальнейшего анализа деформаций.

На втором этапе после автоматизированной обработки по данным измерений были построены графики и отчетные документы, содержащие информацию о текущем состоянии объекта и динамике осадочно-деформационных процессов. На рисунке 1 представлен график абсолютных осадок для линии реперов северной дамбы, в графике показаны изменения высотного положения марок по линии профиля по результатам наблюдений в разных циклах.

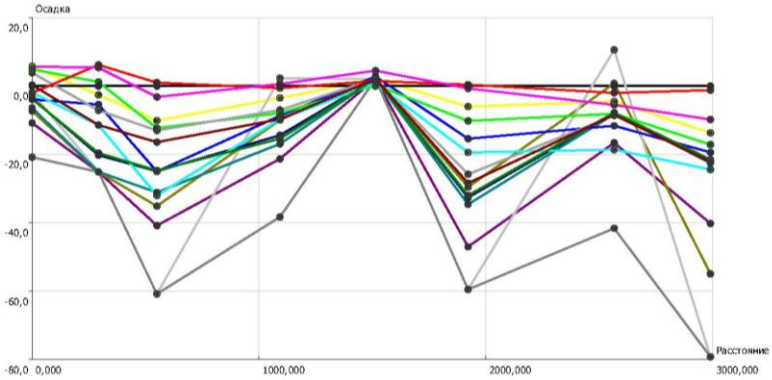

Рис. 1. График абсолютный осадок

В основе решения задачи интерпретации данных наблюдений лежит модель деформационной поверхности, описывающей отклонение точек объекта в текущем цикле относительно начального цикла. Исходными данными для ее построения являются плановые положения марок и их текущие отклонения.

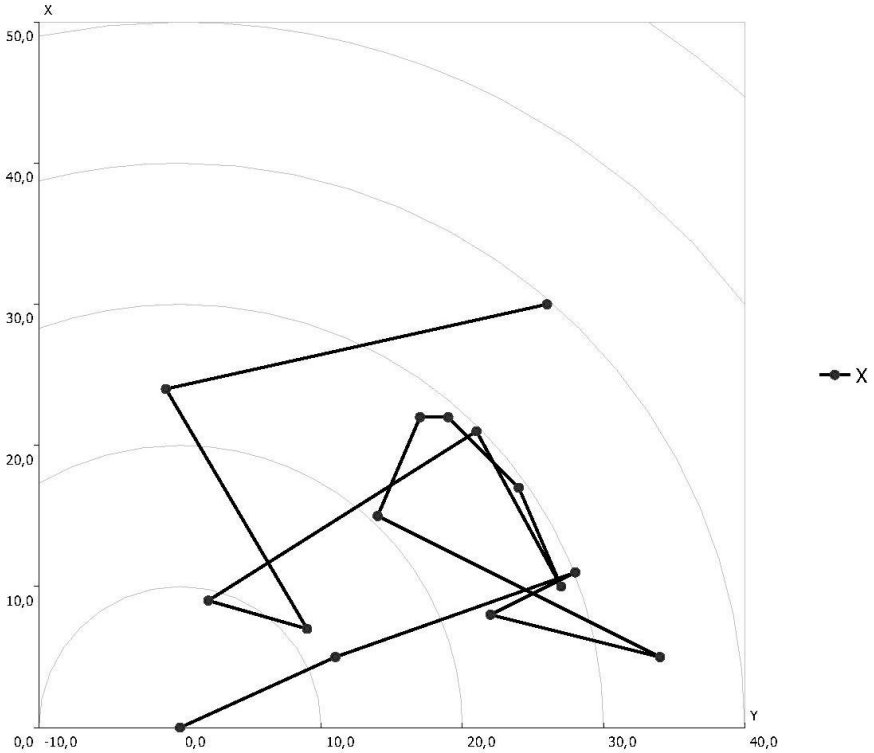

Рис. 2. График развития деформаций во времени

График строится в зависимости от установленного текущего цикла. Суммарные деформации рассчитываются по отношению к начальному циклу.

Локальное изменение площади поверхности называется дилатацией. Поскольку дилатационные процессы непосредственно предшествуют осадкам или вспучиваниям почвы, они являются объектом постоянного мониторинга.

Абсолютные значения дилатации, сжатия и растяжения представлены в виде деформационной поверхности. На созданной поверхности осадки отображались при помощи изолиний и градиентной заливки, что улучшило зрительное восприятие модели (рис. 3).

Для отображения деформационной поверхности в программе используется 3D модель (рис. 3). Что позволяет представить более полную картину пространственного состояния дамб и наглядней представить области неравномерных осадок всего хвостохранилища.

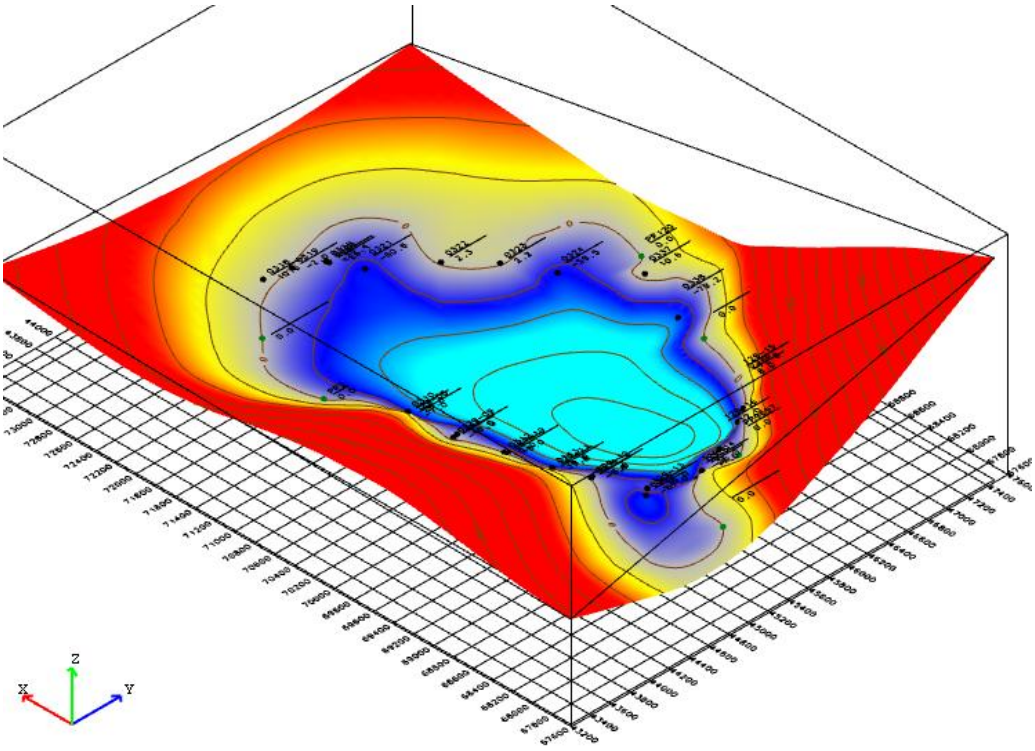

Рис. 3. 3D модель

Получаемая при мониторинге информация является исходной для анализа происходящего процесса деформаций в дамбах хвостохранилища. Анализ результатов наблюдений позволяет совершенствовать технические процессы на периоде эксплуатации хвостохранилища, своевременно устранять последствия возникновения деформации, совершенствовать методы предрасчета деформации и получать дополнительные детальные сведения о геологическом строении. Вовлечение в процесс камеральной обработки современных программных продуктов дает возможность визуализировать данные многолетних измерений, выделить участки наиболее подверженные деформациям и в комплексе оценить процессы происходящие в ГТС.

Библиографический список

1. *Новоселов Б.А.,* Новоселов Д.Б. Геодезический контроль строительства и эксплуатации главного корпуса обогатительной фабрики «Распадская» // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10 20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 66–71.

2. *НИВЕЛИР 2.1.* Руководство пользователя // Компания «Кредо-Диалог», 2013. – 87 с.

3. *Гуляев Ю.П.* Прогнозирование деформации сооружений на основе результатов геодезических наблюдений: монография. – Новосибирск: СГГА, 2008. – 256 с.

4. *CREDO РАСЧЕТ* ДЕФОРМАЦИЙ 1.0. Руководство пользователя // Компания «Кредо-Диалог», 2013. – 91 с.

VISUALIZATION OF DEFORMATIONS OF THE BULK HYDRAULIC FACILITIES ON THE RESULTS OF LONG-TERM GEODESIC MONITORING

D.V. Zaporozhets, *Researcher*
Mining Institute Kola Science Centre RAS
(Russia, Apatity)

Abstract. *The article discusses the experience of applying software for processing the long-term geodetic monitoring results on the example of a bulk hydraulic facility of a mining enterprise – a tailing dam. Involvement of modern software products in the processing allows performing joint processing of measurements made by different methods; increasing the speed and productivity of in-situ data processing; visualizing the deformation processes occurring in the dams, and providing an opportunity for prompt and comprehensive assessment of the state of dams, taking into account geometric and attribute information.*

Keywords: *hydraulic facility, geodetic monitoring; automation of laboratory data processing; deformation calculations; deformation surface, visualization, software tools.*