

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидат технических наук
Афони́на Дми́трия Андре́евича на диссертацию
Аль Фатин Хасан Джамил Ибрахим на тему:
«Геодезические наблюдения за деформациями плотин с учетом результатов
моделирования деформированного состояния и влияния уровня воды
водохранилища», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 25.00.32 - Геодезия

Актуальность избранной темы

В связи с возможными тяжелейшими последствиями аварий на плотинах, они считаются опасными объектами. Несмотря на совершенствование мер охраны, количество аварий на плотинах в мире постоянно растет. В этой связи развитие геодезических методов наблюдений за деформациями следует считать важной научно-практической задачей.

В диссертации рассмотрены три актуальных вопроса. Первый посвящен учету влияния уровня воды в водохранилище на деформации плотины при организации порядка (графика) геодезических наблюдений. Дело в том, что существующие геодезические методики наблюдений акцентируются на точности наблюдений, но в части порядка наблюдений не увязаны с уровнем воды водохранилища. Второй связан с разработкой определения для конкретного случая интервала размещения на плотине деформационных марок. Мы можем с очень высокой точностью выполнять наблюдения, но если места установки деформационных марок не отвечают деформированному состоянию плотины, то эти усилия напрасны. Третий вопрос касается технологии наблюдений и оценки деформаций. Речь идет о создании деформационной сети и выбора наиболее устойчивых (стабильных) ее пунктов, от которых следует вести отсчет всех смещений. Представленные вопросы составляют актуальность настоящей диссертации.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Первое научное защищаемое положение. Периодичность геодезических наблюдений за деформациями плотины следует увязывать с уровнем воды водохранилища, который характеризует степень опасности напряженного состояния, и автор выделяет при этом три режима наблюдений по уровням верхнего бьефа: опасный, уровень выше среднего, предупредительный (интервал средних уровней) и неопасный (от нижней отметки интервала среднего уровня).

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-130 от 12.05.22
АУ УС

Автором последовательно решены следующие задачи. Выполнен анализ деформаций плотины Дукан в Ираке на протяжении 12 лет. Эти деформации сопоставлены с уровнями воды и построены зависимости, которые показали однозначную связь: выше уровень – больше горизонтальные радиальные деформации. Данные статистические выводы дополнительно в диссертационной работе были теоретически обоснованы. В этой связи автором разработан программный комплекс «Плотина» (получено авторское свидетельство) реализующий метод конечных элементов для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) плотины. Для подготовки данных и моделировании напряженно-деформированного состояния в ПК «Плотина» построена с использованием ГИС-технологии 3D модель плотины Дукан. При этом использовались топографические карты дна водохранилища. Использование цифровой модели позволяет с одной стороны оперативно определять объемы воды по текущему уровню водохранилища, и с другой – использовать модель для расчета ее деформированного состояния. В результате многовариантного моделирования, построены зависимости смещений от уровня воды в водохранилище согласующиеся с фактическими данными о деформировании плотины Дукан. На основе этих исследований разработаны порядок проведения геодезических наблюдений, учитывающий три уровня воды в водохранилище: неопасный (1 раз в год), предупредительный (нормативный, 2 раза в год) и опасный (не менее 1 раза в квартал). Таким образом, положение можно считать доказанным.

Второе положение. Деформационные марки на поверхности плотины необходимо располагать соответственно прогнозным концентрациям деформаций, которые определяются на основе предварительного расчета смещений по разработанной программе, использующей алгоритм метода конечных элементов.

На основе конечно-элементной модели плотины Дукан в ПК «ПЛОТИНА» помимо моделирования уровней воды, определены концентрации горизонтальных, квазирадиальных деформаций. Показано, что наименьшие их значения наблюдаются у заделки (прибрежных зонах), а максимальные в средней части плотины. Кроме того, смоделированы зоны разрушения (неупругих деформаций) плотины, которые также располагаются в средних частях плотины. Фактические данные также подтверждают расчетные данные. Таким образом, модельные выкладки и фактические наблюдения позволяют распределить деформационные марки на плотине Дукан в зависимости от ожидаемых величин смещений. При организации наблюдений за смещениями обычно принимают интервал, равный 20 м. В

диссертационной работе автор рекомендует принять в средней части плотины (красной зоне) интервал между марками равным 15 м, а у заделки плотины (зеленая зона) 25 м. Таким образом, второе положение также следует признать доказанным.

Третье положение. Точность прогнозирования деформационного процесса плотин повышается при использовании разработанной методики проведения геодезических наблюдений за смещениями, включающей, заложение деформационных марок в местах их априорных концентраций, периодичность замеров с частотой, соразмерной уровню воды в водохранилище, а также с применением модифицированного способа оценки стабильности исходных пунктов.

Автором выполнено моделирование по методу МНК. точности измерений положения деформационных марок по линейным измерениям с одной до четырех станций измерений на 5 целей (марок). Моделировались разные схемы наблюдений с вариацией углов и расстояний. При этом использовался фундаментальный принцип соотношения между координатами точек (пунктов сети) и длинами линий. В среде AutoCAD строилась схема деформационной сети. Вектор измеренных расстояний моделировался с использованием паспортной точности (СКП) измерения расстояний. Использовались тахеометры с точностью измерения расстояний от $1\text{ мм} + 1\text{ ppm}$ до $5\text{ мм} + 3\text{ ppm}$. Для разных схем построены зависимости точности определения положения деформационных марок в плане, которые позволяют ориентироваться при выборе средств измерений и расположения съемочных станций. На основе этих исследований можно выполнять проектирование деформационной сети. Периодичность геодезических наблюдений определяется в соответствии с первым положением. Далее определяются места заложения деформационных марок, которые выявлены в соответствии со вторым положением.

Автором разработана методика оценки устойчивости исходных пунктов, представляющая собой модификацию известного способа А. Костехеля, заключающаяся в его обобщении на горизонтальные смещения. На плотине Дукан при анализе оценки смещений было обнаружено, что съемочные точки сети не обладали стабильностью (установлено их смещение по осям X и Y). В этой связи для плотины Дукан предлагается выполнять линейноугловые измерения с каждого из пунктов с наведением на все остальные. Определяются координаты всех пунктов. Далее вычисляются все измеренные расстояния. При повторных измерениях (следующий цикл) вычисляются разности вычисленных длин $[v]$. Пункт, для

которого полученная $\min [vv]$, считается наиболее устойчивым. Таким образом, третье положение также можно считать обоснованным.

Выводы и рекомендации, предложенные автором, базируются на обоснованных научных положениях и корректно обобщены для различных условий. Апробация результатов исследования проведена при участии в 4 международных форумах. Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 6 печатных работах, в том числе в 2 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 3 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Количество публикаций, их уровень и апробация результатов работы свидетельствуют о достаточно высоком уровне работ их известности и одобрении.

Диссертация состоит из оглавления, введения, 4 глав с выводами по каждой из них, заключения и списка литературы, включающего 145 наименования. Диссертация изложена на 113 страницах машинописного текста, содержит 33 рисунков, 14 таблицы и 2 приложений. Научные положения, выводы и рекомендации исследований, изложенные в автореферате и диссертации, соответствуют друг другу.

Достоверность исследований обеспечена необходимым объемом фактических измерений по разработанной методике наблюдений, обоснованностью теоретических расчетов, согласованностью результатов с альтернативными исследованиями, применением сертифицированного оборудования, приборов и программного обеспечения, а также контрольными замерами независимых экспертов.

Научная новизна работы

Автором разработаны: алгоритм и численно установлена связь между уровнем воды водохранилища и величиной деформаций в плотине, позволившей уточнить порядок проведения геодезических наблюдений соразмерно основному фактору опасности; конечная элементная модель плотины и по результатам моделирования получено распределение деформаций, что позволило уточнить расположение деформационных марок в соответствии с расчетными концентрациями смещений; методика геодезических наблюдений, включающая способ оценки стабильности пространственного положения исходных пунктов, а также двухступенчатую

схему определения координат деформационных марок, размещенных с нерегулярным интервалом, для условий плотины «Дукан» в Ираке.

Замечания

1. На наш взгляд наличие взаимосвязи горизонтальных деформаций плотины с уровнем воды в плотине очевидно и выполненные в работе теоретические подтверждения на основе модельных расчетов ожидаемы. Вместе с тем выявленная разность горизонтальных смещений в 0,16 мм при разности отметок в 20 м, кажется незначительной для обобщения численной зависимости на другие плотины.

2. При уровне воды выше средней отметки автор определяет частоту геодезических наблюдений «в зависимости от деформаций, не менее 1 раза в квартал», при этом математически сама зависимости не представлена. Например, как определить при каком уровне воды необходимо выполнять измерения раз в квартал, а при каком - раз в неделю?

3. Интервал наблюдений бетонных плотин, согласно государственным нормам – 2 раза в год. При этом автор для неопасного уровня воды предлагает выполнять наблюдения 1 раз в год. Возникает вопрос, насколько допустимо такое отступление от нормативных требований для таких опасных и технически сложных объектов как плотины.

4. Не достаточно обоснован выбор интервалов размещения деформационных марок в выделенных зонах. Например, почему в красной зоне рекомендуется интервал 15 м, а не 10 м.

5. В таблице 3.2 диссертации представлены результаты оценки устойчивости опорной сети плотины Дукан, но не приведены исходные данные данного анализа стабильности и не ясно выполнен он по фактическим результатам наблюдений или по модельным данным с известными модельными смещениями некоторых опорных пунктов. Кроме того, выявленные смещения не сравниваются с предельными погрешностями их определения.

6. Моделирование точности определения координат деформационных марок выполнено по линейным измерениям, при этом рекомендован электронный тахеометр со средней квадратической погрешностью измерения углов 0,5 сек (стр. 14 автореферата).

7. В работе не приводятся примеров геодезического мониторинга на отечественных объектах, что не позволяет сделать сравнения предлагаемой методики и возможно более рельефно выделить ее достоинства

Приведенные замечания дискуссионные и не снижают хороший уровень диссертации.

