

Научная методика составления паспорта плотины в течение ее жизненного цикла на основе инженерного сервейинга и геодезического мониторинга

Хайдар А. Н. Аль-Дами:

Доцент, Ирак, Университет Аль-Кадисия, Инженерный колледж, Факультет дорог и транспортного машиностроения, аспирант НИУ МГСУ
e-mail: Aldami.haidar@gmail.com

М. М. Железнов:

Д.т.н., профессор кафедры «Информационные системы, технология и автоматизация строительства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва);
e-mail: ZheleznovMM@mgsu.ru

Аннотация: Общественные и имущественные риски, связанные с прорывом плотин, очень высоки, из-за нахождения поселений в районах потенциального затопления, а также строительства новых плотин в далеко не идеальных местностях (на далеко не идеальных территориях).

В связи с многообразием рисков, которые угрожают конструкциям плотин и их окрестностям, необходимо выявить возможные причины и последствия обрушения плотины, после чего разработать программу повышения ее безопасности. Контроль поведения/производительности плотины необходимо начинать с первых дней строительства и продолжать в течение всего жизненного цикла.

Проведенное исследование предлагает научную методологию подготовки годовых паспортов плотин, в которых должны содержаться все данные и информация, полученные с даты создания плотины до момента выдачи паспорта. В исследовании также предложены рекомендации по типам данных и информации, которые должны содержаться в паспорте плотины, которые позволят рабочим и специалистам в области мониторинга жизненного цикла плотины, а также ответственным лицам, принимать необходимые меры и заблаговременно решать любые проблемы, которые существуют или могут произойти.

Ключевые слова: Управление жизненным циклом, плотины, Паспорт плотины, сервейинг, геодезический мониторинг.

Введение:

Плотины могут быть созданы руками человека или возникать из-за природных явлений, таких как оползни или ледниковые отложения. Большинство плотин представляют

собой искусственные сооружения, возведенные в основном из земляной насыпи или бетона [1].

Большие плотины, как правило, уникальны по своей планировке и дизайну. На этапе планирования и проектирования на все вопросы проектировщиков нет возможности ответить, кроме как посредством очень подробных и дорогостоящих полевых исследований, но существуют ограничения на такие исследования, продиктованные факторами стоимости и времени. Таким образом, проектирование основано на определенных предположениях и рассчитанных теоретических прогнозах относительно поведения конструкции в различных условиях на месте во время строительства и позже на этапе эксплуатации [2],[3].

Инженеры-строители традиционно включают приборы, такие как тензодатчики, инклинометры и экстензометры, в конструкции для измерения продолжающегося структурного движения. Этот тип инструментов дает хорошее представление о значительных относительных перемещениях внутри конструкции, но измерения обычно носят слишком глобальный характер для детального структурного анализа. Второе ограничение этого инструментария заключается в том, что измерения обычно не могут обеспечить достаточную точность для точного моделирования структурной деформации [4],[5].

Мониторинг деформации является одним из требований для отслеживания предположений и прогнозов проектировщиков с целью оценки поведения конструкций по соображениям безопасности. Процесс мониторинга может осуществляться различными методами с использованием множества имеющихся в настоящее время геодезических инструментов [6].

Измерение структурных деформаций плотин направлено на обнаружение жестких и нежестких изменений геометрической формы конструкции как на локальном, так и на общем уровне. В течение срока службы конструкция подвергается кратковременным (ежедневно/еженедельно/ежемесячно) или долгосрочным (годы/десятилетия) деформациям, которые могут изменить первоначальные условия безопасности. Чтобы разработать эффективный план мониторинга деформации, следует оценить уровень деградации конструкции с помощью подходящих датчиков, способных измерять абсолютные и относительные смещения плотины. Обычно измерения производятся на ограниченном количестве контрольных точек (КТ), правильно установленных в ключевых позициях для экстраполяции поведения всей конструкции. План мониторинга деформации должен быть разработан для анализа долгосрочной картины[7],[8].

Важность научных исследований

Важность данного научного исследования подчеркивается ежегодным проведением подготовки документа (паспорта) на плотину, в котором указывается проектная информация, данные об этапах эксплуатации в течение года, деформациях и геодезических движениях, наблюдаемых в теле плотины и ее окрестностях, чтобы дать рабочим и специалистам четкое представление о состоянии плотины, диагностике

размера ущерба, его причин, этапов развития и научных основ борьбы с этими обстоятельствами.

Параметры деформации

Основной целью мониторинга и анализа деформаций конструкций является:

- Проверка соответствия поведения исследуемого объекта и его окружения прогнозируемому образцу, чтобы любые непредвиденные деформации могли быть обнаружены на ранней стадии.
- В случае ненормального поведения как можно более точное описание фактического статуса деформации, которое можно использовать для определения причинных факторов, вызывающих деформацию [9].

Разность координат и разность наблюдений - два основных метода, используемых для определения структурных смещений по данным съемки. Методы разности координат рекомендуются для большинства приложений, требующих длительного периодического мониторинга. Дифференциация наблюдений в основном используется для проектов краткосрочного мониторинга или для быстрой полевой проверки необработанных данных по мере их сбора [10].

1. Разность координат. Положения точек мониторинга из двух независимых съемок необходимы для определения перемещений по разности координат. Окончательные скорректированные декартовы координаты (т. е. компоненты координат) из этих двух съемок арифметически разнятся для определения смещения точек. Основное преимущество метода разности координат заключается в том, что каждую съемочную кампанию можно независимо проанализировать на наличие грубых ошибок и качество корректировки данных. Однако необходимо проявлять большую осторожность для устранения любых систематических ошибок в измерениях, например, применяя все поправки к калибровке прибора и строго следуя стандартным процедурам обработки данных.
2. Различение наблюдений. Метод дифференцирования наблюдения включает отслеживание изменений в измерениях между двумя временными эпохами. Измерения сравниваются с предыдущими съемками, чтобы выявить любые наблюдаемые изменения в положении точек мониторинга. Хотя разность наблюдений эффективна и не зависит от определения координат станции, у нее есть недостаток, заключающийся в том, что геодезист должен собирать данные в идентичной конфигурации и с помощью инструментов одного и того же типа каждый раз, когда проводится съемка [11][12].

Методика создания документа (паспорта) на плотины для управления жизненным циклом

Все сервейинг исследования и анализы ведут к окончательному представлению результатов. Годовой паспорт за жизненный цикл плотины в окончательном виде содержит натурные наблюдения, подтверждающие анализ, отчет о выводах.

Формат паспорта должен включать следующие стандартные компоненты в соответствии с методологией, показанной на рисунке 1.

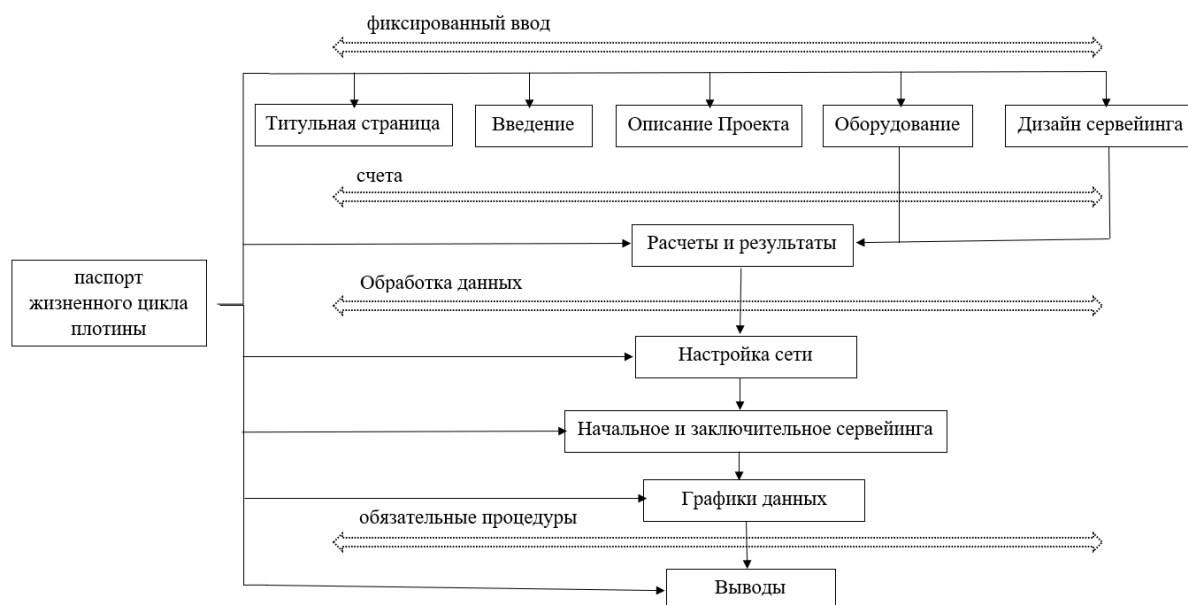


Рисунок 1. Методика формирования паспорта плотины.

- 1- Титульная страница паспорта. На титульном листе должна быть указана сводная информация о проекте, такая как утвержденное название проекта, номер документа, дата и ссылка на исследование.
- 2- Введение. В этом разделе кратко излагаются основные результаты в абстрактной форме и представлена схема отчета по проекту с описанием цели и проведения исследования.
- 3- Описание Проекта. Включает описание сети мониторинга с использованием текста, таблиц и рисунков. как показано на рис. 2



Рисунок 2. Модель ранее изученной плотины, показывающая сеть основных и второстепенных точек, которые контролировались и утверждались при оценке состояния плотины [13].

- 4- Оборудование. Инвентаризация оборудования, использованного для проведения обследования, в том числе:
 - идентификация каждой модели прибора.
 - серийный номер.
- 5- Параметры сервейинга. В этом разделе описываются функции, используемые при разработке опросов, в том числе:
 - виды измерений
 - избыточность
 - станции измерения
 - веса наблюдения
- 6- Расчеты и результаты. Раздел результатов будет содержать следующие компоненты:
 - Сводный список из: методов обработки данных, калибровочных значений, начальных и конечных значений измерений.
 - Список окончательных координат для каждой станции вместе с соответствующими эллипсами достоверности точек.
 - Список рассчитанных позиций для самого последнего предыдущего опроса. Эти результаты также будут сведены в таблицу в цифровом виде независимо от отчета.
 - Анализ стабильности эталонной сети, показывающий результаты независимого мониторинга станций эталонной сети.
 - Сообщение о совокупных перемещениях. Окончательные отчеты будут включать рисунки, показывающие одномерные кумулятивные смещения критических точек в критических направлениях в зависимости от времени. Примеры критических кумулятивных перемещений включают движения в нисходящем и вертикальном направлениях небольшого числа точек на гребне плотины или движения в нисходящем и вертикальном направлениях небольшого числа, как показано В таблице № 1.

В таблице №1 приведена выборка значений, полученных на точках, показавших движение при наблюдениях за ранее контролируемой плотиной [13].

станция	σ_X	σ_Y	σ_Z	$\sigma d_{hor.}$	$e_{hor.}$	$\sigma d_{ver.}$	$e_{ver.}$
6	0.0015	0.0015	0.0005	0.004243	0.004158	0.001	0.00098
7	0.0015	0.002	0.0015	0.005	0.0049	0.003	0.00294
9	0.001	0.0035	0.0005	0.00728	0.007135	0.001	0.00098
10	0.006	0.0075	0.0005	0.019209	0.018825	0.001	0.00098
19	0	0	0.001	0	0	0.002	0.00196
23	0.003	0.005	0	0.011662	0.011429	0	0
24	0.0015	0.002	0.0015	0.005	0.0049	0.003	0.00294

- 7- Настройка сети. Включает табличную сводку каждой корректировки, выполненной в сетке, включая используемые имена точек или идентификационные номера точек, заданные координаты точек с точностью до 0,1 мм, стандартные отклонения координат точек с точностью до 0,1 мм и т. д.
- 8- Начальное и итоговое обследования. Окончательные отчеты о расчетных перемещениях будут включать:
 - сводку координатных данных обеих корректировок, используемых для расчета окончательных перемещений.
 - смещения сообщаются с точностью до 1 мм и соответствующее направление с точностью до 0,1 градуса.
- 9- Графики данных. Различные типы графиков сводных данных могут использоваться для интерпретации временной истории смещения конструкции.
- 10- выводы. Сравнение смещения и точности смещения с ожидаемыми значениями конструкции. Обсуждение общего качества и точности обследования, диагностика проблемы, если таковая имеется, и изложение рекомендаций и процедур, которым необходимо следовать для решения проблемы.

Вывод:

Согласно Градостроительному кодексу Российской Федерации плотины являются технически сложными и опасными сооружениями. Эта классификация принята из-за тяжести последствий аварий, вызванных обрушением или повреждением плотин, особенно гидротехнических сооружений [14],[15]. Аварии на плотинах все чаще происходят во всем мире. В связи с этим задача разработки научной методики составления паспорта плотин, позволяющего специалистам оценивать, заблаговременно выявлять и прогнозировать деформации плотин, является весьма актуальной задачей.

В нормативных и методических документах по контролю за состоянием плотин указывается на необходимость проведения периодических замеров (еженедельно, ежемесячно, ежегодно) с целью оценки деформаций плотин. В то же время не были даны систематические правила с целью хранения, обработки и рассмотрения этих факторов и увязки их друг с другом во времени с целью выявления основной причины их возникновения, развития и появления. При этом геодезические наблюдения и методы геодезического контроля считаются одними из важнейших методов, принятых при контроле и прогнозировании деформаций плотин, но геодезические наблюдения должны быть увязаны друг с другом и с хронологией, в которой они производились.

Таким образом, предметом настоящего исследования является решение задач организации геодезических наблюдений за деформациями плотин с учетом хронологии этих наблюдений в течение жизненного цикла плотины на системной научной основе, где это исследование предложило научную методологию для выдачи годового паспорта плотины, который содержит все данные и информацию, полученные с даты создания

плотины до момента выдачи паспорта. В исследовании также предложены рекомендации по типам данных и информации, которые должны содержаться в паспорте плотины, позволяющие рабочим и специалистам в области мониторинга жизненного цикла плотины и лицам, принимающим решения, принимать необходимые меры и заблаговременно решать любые проблемы, которые существуют или могут произойти в будущем.

Литература:

- 1- Government of India Central Water Commission Central Dam Safety Organization, "Guidelines for Safety Inspection of Dams", New Delhi – 110066, pp1-220, 2017.
- 2- Huiyi Chen, "Sustainable Development in China's Decision Making on Large Dams: A case study of the Nu River Basin", Uppsala University, Uppsala, pp1-50, 2013.
- 3- Cyrille Arnould, Johan Grijsen, Joerg Hartmann, Deepa Joshi, Arnoud Keizer, Jean Roger Mercier, Robert Robelus and Jamie Skinner, "Better Decision-Making about Large Dams with a View to Sustainable Development", Advisory Report by the Dutch Sustainability Unit, Ref: 7199, pp1-21, 2017.
- 4- Merit Enckell, "Structural Health Monitoring using Modern Sensor Technology", ISSN 1103-4270, pp 1-165, 2006.
- 5- A.W.Mir, "Deformation monitoring of large dams and associated structures through geodetic measurements", NESPAK, pp1-32, 2012.
- 6- Jianguo Zhou, Bo Shi, Guanlan Liu and Shujun Ju, "Accuracy analysis of dam deformation monitoring and correction of refraction with robotic total station", Guanlan Liu, 41904170, National Natural Science Foundation of China, pp1-20, 2021.
- 7- Marco Scaioni, Maria Marsella, Michele Crosetto, Vincenza Tornatore and Jin Wang, "Geodetic and Remote-Sensing Sensors for Dam Deformation Monitoring", Sensors, 18, 3682, pp1-25, 2018.
- 8- Ashraf Abd El-Wanis Beshr, "Structural Deformation Monitoring and Analysis of Highway Bridge Using Accurate Geodetic Techniques", Engineering, 7, pp 488-498, 2015.
- 9- Ashraf Abd El-Wanis Beshr, "Monitoring the structural deformation of tanks using geodetic techniques", Department – Faculty of Engineering Mansoura University EGYPT, pp 1-275, 2019.
- 10- Simona Savšek-Safić, Tomaž Ambrožič, Bojan Stopar and Goran Turk, "Determination of Point Displacements in the Geodetic Network", Journal of Surveying Engineering, 10.1061/ASCE0733-9453, pp58-63, 2006.
- 11- Eteje Sylvester Okiemute, Ono Matthew Nnonyelu and Oduyebo Olujimi Fatai, "Monitoring and Analysis of Vertical and Horizontal Deformations of a Large Structure Using Conventional Geodetic Techniques", Journal of Environment and Earth Science, Vol.8, No.12, pp 52-61, 2018.
- 12- Mohammad Mazher-ul Alam, "Analysing Locata positioning technology for slow structural displacement monitoring application", A This thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy / The University of New South Wales, pp 1-153, 2012.
- 13- Хайдар А. Н. Аль-Дами и М. М. Железнов, "МЕТОДОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА ПЛОТИН В ТЕЧЕНИЕ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА В РЕСПУБЛИКЕ ИРАК НА ОСНОВЕ

ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ И ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ”, УДК 69.058.2, СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА Том 10 № 2 (35), 2022.

- 14- Аль Фатин Хасан Джамил Ибрахим, “ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ПЛОТИН С УЧЕТОМ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ ВОДОХРАНИЛИЩА”, Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Санкт-Петербургский горный университет, 2021.
- 15- Стефаненко Николай Иванович, “ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АРОЧНО-ГРАВИТАЦИОННОЙ ПЛОТИНЫ САЯНО-ШУШЕНСКОЙ ГЭС, Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Новосибирск, 2010.