

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2025-49-100-103>

ТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДА РАСЧЕТА УЩЕРБА ОТ ПРОРЫВА НАСЫПНОЙ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ ПРИ СТИХИЙНОМ ПАВОДКЕ

Качаев А.Е., Турапин С.С.

*Всероссийский научно-исследовательский институт орошения и
сельхозводоснабжения «Радуга», Коломна, Россия*

Ключевые слова: технический анализ, расчет ущерба, стихийные паводки, геотехнические параметры, моделирование прорыва, гидрометеорологические условия.

Аннотация. В исследовании анализируются параметры методов расчета ущерба от прорыва грунтовых плотин при стихийных паводках. Проведен сравнительный анализ моделей, выявлены их преимущества и ограничения, предложены пути усовершенствования. Результаты способствуют повышению точности оценки ущерба и эффективности гидротехнической защиты, а также могут быть использованы при оценке экономических параметров ущерба.

TECHNICAL ANALYSIS OF THE PARAMETERS OF THE METHOD FOR CALCULATING DAMAGE FROM A BREAKTHROUGH OF AN EMBANKMENT DAM DURING A NATURAL FLOOD

Kachaev A.E., Turapin S.S.

*All-Russian Research Institute of Irrigation and Agricultural Water Supply
"Raduga", Kolomna, Russia*

Keywords: technical analysis, damage calculation, natural floods, geotechnical parameters, breach modeling, hydrometeorological conditions.

Abstract. The study analyzes the parameters of methods for calculating damage from the breakthrough of earth dams during natural floods. A comparative analysis of the models is carried out, their advantages and limitations are identified, and ways of improvement are proposed. The results contribute to increasing the accuracy of damage assessment and the effectiveness of hydraulic protection, and can also be used to assess the economic parameters of damage.

Введение. Прорыв насыпных грунтовых плотин в условиях стихийных паводков представляет серьёзную угрозу для населённых пунктов, инфраструктуры и окружающей среды. Эффективное разграничение и минимизация ущерба требуют точных методов оценки потенциальных последствий. Важным аспектом этой работы является развитие и совершенствование методов расчёта ущерба, основанных на технических параметрах прорыва. В данной статье проводится аналитический анализ параметров метода оценки ущерба, его надёжности и применимости в условиях быстроменяющейся гидрометеорологической ситуации [1].

Актуальность исследования обусловлена растущей частотой и интенсивностью природных стихий, влияющих на устойчивость гидротехнических сооружений в условиях изменения климата. Недостаточная точность существующих методик оценки ущерба усложняет проведение

своевременных мер по предотвращению и минимизации ущерба в случае прорыва. Поэтому разработка усовершенствованных методов технического анализа параметров прорыва является важным направлением для повышения надежности гидротехнических систем и защиты населения [2].

Цель исследования – проведение технического анализа параметров, рассчитываемых в методе определения ущерба от прорыва насыпи грунтовой плотины при стихийных паводках с возможностью установления их эффективности и выявления возможных путей усовершенствования методики.

Методы исследования. В работе используются следующие методы: 1) анализ существующих моделей оценки ущерба, основанных на гидравлических параметрах прорыва и геотехнических характеристиках насыпи; 2) моделирование прорыва на базе численных методов (например, конечных элементов), с учетом динамических процессов; 3) статистический анализ исторических данных инцидентов прорыва плотин при стихийных паводках; 4) сравнение результатов моделирования с реально зарегистрированными аварийными ситуациями для проверки точности методик [3].

В методике расчета ущерба от прорыва грунтовой плотины рассматриваются различные параметры [4], которые позволяют определить характер воздействия прорыва, масштаб повреждений и потенциальные последствия для окружающей среды и населённых пунктов. Ниже перечислены основные параметры, которые обычно учитываются.

1. Гидравлические параметры прорыва: высота водяного столба (глубина прорыва) – влияет на силу струи и зону воздействия; скорость течения воды – определяет уровень разрушения и скорости распространения потока; объем прорывной воды – зависит от объема накопленной воды в плотине и скорости прорыва; длительность прорыва – влияет на сумму накопленных повреждений и разрушений инфраструктуры.

2. Геотехнические параметры насыпи: плотность грунта – влияет на устойчивость насыпи и ее разрушение; механические свойства грунтов (коэффициент трения, прочность, модуль упругости) – определяют сопротивляемость конструкции; влагосодержание и порозность – воздействие воды может изменять эти параметры и снижать устойчивость; геологический состав – влияет на скорость разрушения и распространения прорыва.

3. Геометрические параметры: длина и ширина поврежденной части насыпи – влияет на масштаб разлома и зону воздействия; высота плотины – определяет объем воды, который может быть высвобожден; конфигурация и уклон насыпи – влияет на скорость и распространение потока воды.

4. Метеорологические/гидрометеорологические параметры: интенсивность и продолжительность паводка – влияет на объем резервуарной воды; осадки и текущие гидрометеороусловия – могут усугублять ситуацию и ускорять прорыв.

5. Коэффициенты безопасности и вероятностные параметры: коэффициенты безопасности – характеризуют запас прочности насыпи;

вероятность прорыва – определяется на основе анализа состояния сооружения и условий окружающей среды.

6. Параметры воздействия: расстояние до населенных пунктов и инфраструктуры – определяет границы ущерба; гидродинамические параметры зоны воздействия – скорость и направление потока; время достижения потоком опасных зон – критически важный фактор для оценки рисков.

Все эти параметры определяются не только аналитическими методами расчета, но и входят в концептуальное пространство BIM-моделирования гидротехнических сооружений [5].

Результаты и обсуждение. Результаты технического анализа методики показали, что параметрические модели, основанные на гидравлических расчетах, позволяют достаточно точно оценивать повреждения при профилированных сценариях прорыва. Однако, при повышенной неопределенности входных данных, точность снижается. Модели, использующие динамические параметры прорыва (такие как скорость течения, высота паводка, зональность воздействия), дают более реалистичную оценку ущерба, особенно в условиях быстроменяющихся природных условий [6]. Обсуждение сосредоточено на необходимости повышения точности учета геотехнических характеристик и интеграции моделей с системами мониторинга, что позволит своевременно корректировать оценки ущерба.

Выводы. Исследования по данному направлению подтвердили важность развития методов технического анализа для оценки ущерба от прорыва грунтовых плотин, основанных на многофакторных моделях. Рекомендуются дальнейшее совершенствование моделей с учетом динамических факторов и внедрение систем автоматического сбора данных для повышения точности и оперативности расчетов. Это повысит эффективность профилактических мероприятий и позволит минимизировать негативные последствия чрезвычайных ситуаций.

Список литературы

1. Качаев А.Е., Турапин С.С. Обоснование необходимости разработки комплексных расчетных моделей грунтовых плотин мелиоративных систем // Наука и мир. – 2024. – №3. – С. 1-5. – doi.org/10.26526/2307-9401-2024-3-1-5.
2. Качаев А.Е., Турапин С.С. Методика численного моделирования устойчивости грунтовой плотины при экстренной сработке водохранилища // Экология и строительство. – 2024. – №4. – С. 4-13. – doi.org/10.35688/2413-8452-2024-04-001.
3. Немеровец О.В. Моделирование процессов переполнения водохранилища, размыва грунтовой плотины и развития чрезвычайной ситуации в нижнем бьефе гидроузла // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2025. – Т. 9, №3. – С. 375-388. – doi.org/10.33408/2519-237X.2025.9-3.375.
4. Черных О.Н., Бурлаченко А.В. К вопросу обеспечения безопасности гидротехнических сооружений мелиоративных систем в Енисейском бассейновом округе АПК // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2023. – №3(91). – С. 250-262.

5. Сидоренко Д.А., Качаев А.Е. BIM-технологии в строительстве: что будет дальше? // Новые технологии в учебном процессе и производстве: Материалы XXI Международной научно-технической конференции, посвящённой 35-летию полета орбитального корабля-ракеты многоразовой транспортной космической системы "Буря", Рязань, 12-14 апреля 2023 года. – Рязань: Рязанский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Московский политехнический университет", 2023. – С. 490-492.
6. Суэтина Т.А., Черных О.Н., Бурлаченко А.В. Об обеспечении безопасности гидротехнических сооружений прудов и городских прибрежных территорий Московского мегаполиса // Academia. Архитектура и строительство. – 2023. – №1. – С. 115-122. – doi.org/10.22337/2077-9038-2023-1-115-122.

References

1. Kachaev A.E., Turapin S.S. Substantiation of the need to develop complex computational models of soil dams of reclamation systems // Science and World. 2024, no. 3, pp. 1-5. doi.org/10.26526/2307-9401-2024-3-1-5.
2. Kachaev A.E., Turapin S.S. Methodology of numerical modeling of the stability of an earth dam during emergency drawdown of a reservoir // Ecology and Construction. 2024, no. 4, pp. 4-13. doi.org/10.35688/2413-8452-2024-04-001.
3. Nemerovets O.V. Modeling of reservoir overflow processes, earth dam erosion and development of an emergency situation in the downstream of a hydraulic structure // Bulletin of the University of Civil Defense of the Ministry of Emergency Situations of Belarus. 2025, vol. 9, no. 3, pp. 375-388. doi.org/10.33408/2519-237X.2025.9-3.375.
4. Chernykh O.N., Burlachenko A.V. On the issue of ensuring the safety of hydraulic structures of melioration systems in the Yenisei basin district of the agro-industrial complex // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2023, no. 3(91), pp. 250-262.
5. Sidorenko D.A., Kachaev A.E. BIM technologies in construction: what will happen next? // New technologies in the educational process and production: Proceedings of the XXI International Scientific and Technical Conference dedicated to the 35th anniversary of the flight of the orbital rocket plane of the reusable transport space system "Buran", Ryazan, April 12-14, 2023. – Ryazan: Ryazan Institute (branch) of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Moscow Polytechnic University", 2023. – P. 490-492.
6. Suetina T.A., Chernykh O.N., Burlachenko A.V. On ensuring the safety of hydraulic structures of ponds and urban coastal areas of the Moscow metropolis // Academia. Architecture and construction. 2023, no. 1, pp. 115-122. doi.org/10.22337/2077-9038-2023-1-115-122.

Качаев Александр Евгеньевич – кандидат технических наук, научный сотрудник отдела сельхозводоснабжения	Kachaev Aleksandr Evgenievich – candidate of technical sciences, research fellow of the agricultural water supply department
Турапин Сергей Сергеевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, врио директора	Turapin Sergey Sergeevich – candidate of technical sciences, leading researcher, acting director
doctor_cement@mail.ru	

Received 15.09.2025