

РЕЦЕНЗИЯ

на публикацию исследований К.В. Гарголиной и А.Е. Качаева на тему:
*«Прогнозирование устойчивости берегового укрепления в период половодья
методом математического планирования эксперимента»*

Актуальность темы исследования

Рецензируемая статья посвящена одной из ключевых проблем инженерной гидротехники — обеспечению надёжности и безопасности береговых укреплений малых рек в период весеннего половодья. Особую значимость данной теме придаёт тот факт, что значительная часть берегозащитных сооружений в малых городах России была построена в середине XX века и в настоящее время характеризуется выраженными деградационными процессами. Объект исследования — Комплекс берегозащитных сооружений на реках Согожа и Пертомка в г. Пошехонье Ярославской области, эксплуатирующийся с 1957 года, — является типичным примером такого рода сооружений. В условиях изменения климата и учащения экстремальных паводков проблема прогнозирования устойчивости подобных конструкций приобретает особую остроту, что делает тему статьи безусловно актуальной и своевременной.

Научная новизна

Научная новизна работы заключается в применении метода математического планирования эксперимента (полный факторный план второго порядка 3^3) для прогнозирования устойчивости берегового откоса, укрепленного железобетонными плитами, при совместном воздействии гидродинамических, геометрических и прочностных факторов. Авторами впервые для рассматриваемого объекта построены полиномиальные регрессионные модели второго порядка, позволяющие количественно оценить влияние уклона откоса, подъёма уровня воды и угла внутреннего трения грунта на коэффициент устойчивости и максимальное смещение откоса. Особого внимания заслуживает выявление критических сочетаний параметров, соответствующих переходу сооружения из устойчивого состояния в состояние предельного равновесия, что ранее для данного объекта не выполнялось.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость работы состоит в развитии методического подхода к оценке устойчивости берегоукреплений на основе многофакторного регрессионного анализа. Полученные математические модели адекватно описывают исследуемый процесс (верификация выполнена по критериям Фишера и Стьюдента) и могут быть использованы при обосновании проектных решений для реконструкции гидротехнических сооружений аналогичного типа.

Практическая ценность работы не вызывает сомнений. Разработанные зависимости позволяют инженерным службам прогнозировать состояние берегового укрепления при различных сочетаниях гидрологических и геомеханических параметров, выявлять наиболее опасные сценарии развития аварийных ситуаций и своевременно обосновывать мероприятия по повышению надёжности сооружений. Результаты исследования могут быть непосредственно применены при планировании реконструкции не только

объекта в г. Пошехонье, но и аналогичных берегозащитных сооружений в других регионах.

Методология и достоверность результатов

Методологическая база исследования заслуживает высокой оценки. Авторами корректно применены методы математической статистики: использован полный факторный план второго порядка, выполнена проверка адекватности модели по критерию Фишера и значимости коэффициентов по критерию Стьюдента. Обоснован выбор факторов варьирования и интервалов их изменения на основе результатов инженерно-геологических изысканий и анализа конструктивных особенностей сооружения.

Графическая интерпретация полученных результатов в виде поверхностей отклика выполнена на высоком профессиональном уровне и позволяет наглядно оценить характер влияния каждого фактора и их взаимодействий. Представленные уравнения регрессии и графические зависимости не противоречат физическим представлениям о механизмах потери устойчивости откосов, что подтверждает достоверность полученных результатов. Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, что свидетельствует о высоком уровне их организации и научно-методическом обеспечении.

Структура и содержание статьи

Статья имеет чёткую логическую структуру, включающую введение с обоснованием актуальности, постановку цели и задач, описание методов исследования, развёрнутую основную часть с анализом результатов и обоснованное заключение. Материал изложен последовательно и аргументированно. Иллюстративный материал (рисунки, таблицы, диаграммы) соответствует содержанию и способствует лучшему восприятию результатов.

Введение содержит содержательный обзор проблемы и убедительное обоснование необходимости применения методов математического планирования эксперимента. Особо следует отметить качественную физическую модель разрушения берегоукрепления в период половодья (рис. 3), которая наглядно демонстрирует механизм потери устойчивости: от повышения уровня воды и увеличения гидродинамического давления через размыв основания и образование пустот к смещению плит и разрушению конструкции.

В основной части корректно представлены исходные данные для планирования эксперимента, полученные в результате выполнения муниципального контракта, что подтверждает связь исследования с практическими задачами. Анализ поверхностей отклика выполнен глубоко и всесторонне, с выделением наиболее и наименее благоприятных сочетаний факторов.

В заключении сформулированы обоснованные выводы, полностью соответствующие полученным результатам. Авторы справедливо отмечают, что поверхности отклика имеют нелинейный характер, а характер изменения функций определяется совместным воздействием рассматриваемых факторов, что подтверждает целесообразность использования полиномиальных моделей второго порядка.

Замечания и рекомендации

В порядке дискуссии можно высказать следующие замечания, не снижающие общей высокой оценки работы:

1. В статье не приведены фактические значения критериев Фишера и Стьюдента, а лишь указан факт их применения. Для повышения воспроизводимости результатов желательно было бы указать расчётные и табличные значения этих критериев.

2. При описании уравнения для коэффициента устойчивости $K_{уст}$ автор использует термин «приближенная формула», не раскрывая подробно, какие именно допущения при этом принимаются. Рекомендуются в будущих работах более детально описать методику расчёта $K_{уст}$.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение

Рецензируемая статья Гарголиной К.В. и Качаева А.Е. представляет собой завершённое научное исследование, выполненное на высоком методическом и профессиональном уровне. Работа отличается актуальностью, научной новизной, практической значимостью и достоверностью полученных результатов. Авторами успешно решена важная научно-техническая задача прогнозирования устойчивости берегового укрепления в период половодья с учётом совместного воздействия геометрических, гидрологических и прочностных факторов.

Полученные результаты могут быть рекомендованы для использования проектными и эксплуатационными организациями при обосновании реконструкции берегозащитных сооружений и планировании мероприятий по повышению их надёжности в период половодья.

Статья соответствует требованиям, предъявляемым к научным публикациям, и может быть рекомендована к опубликованию в рецензируемом научном журнале ВАК «Системные технологии».

РЕЦЕНЗЕНТ

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры строительства и
городского хозяйства
ФГБОУ ВО «БГТУ им. В.Г. Шухова»

Подпись **Е. И. Назаренко** заверяю:

Е. И. Назаренко

