

Исмаилова К. Дж.

кандидат технических наук

**Кыргызский национальный аграрный университет имени К.И. Скрябина
720005, ул. Медерова, 68, г. Бишкек, Кыргызская Республика**

Курманов Б.

магистрант

**Кыргызский национальный аграрный университет имени К.И. Скрябина
720005, ул. Медерова, 68, г. Бишкек, Кыргызская Республика**

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ФАКТОРОВ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПЛОТИН

Аннотация. В статье рассмотрено влияние температурных факторов на устойчивость и деформационное поведение откосов грунтовых плотин. Представлены механизмы температурного воздействия, включая промерзание–оттаивание, морозное пучение, изменение прочностных характеристик грунтов и температурно-индуцированные напряжения. Приведены методики исследования, включающие полевые наблюдения, лабораторные испытания. Рассмотрены формулы расчёта коэффициента устойчивости откосов с учётом температурных эффектов. Полученные результаты показывают, что температурные процессы оказывают определяющее влияние на напряжённо-деформированное состояние грунтовых массивов, формирование потенциальных поверхностей скольжения и долговечность плотинных сооружений. Сделан вывод о необходимости обязательного учета температурных факторов при проектировании, расчётах и эксплуатации гидротехнических сооружений для предотвращения деформаций и обеспечения их надёжной работы.

Ключевые слова: плотина, температурные условия, промерзание грунтов, устойчивость откосов, деформации откосов, коэффициент устойчивости, фильтрационные процессы, напряжённо-деформированное состояние.

Исмаилова К. Ж.

Техника илимдеринин кандидаты

**К.И. Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университети
720005, Медерова көчөсү, 68, Бишкек, Кыргыз Республикасы**

Курманов Б.

магистрант

**К.И. Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университети
720005, Медерова көчөсү, 68, Бишкек, Кыргыз Республикасы**

ПЛОТИНАЛАРДЫН ДЕФОРМАЦИЯЛЫК ПРОЦЕССТЕРИНЕ ТЕМПЕРАТУРА ФАКТОРЛОРУНУН ТААСИРИ

Аннотация. Макалада топурак плотинасынын жантаймаларынын туруктуулугуна жана деформациялык жүрүм-турумуна температуралык факторлордун таасири каралат. Температуралык таасирдин механизмдери, анын ичинде тоңуу-эрүү, үшүктүн көтөрүлүшү, кыртыштын бекемдик мүнөздөмөлөрүнүн өзгөрүшү жана температуралык стресстер келтирилген. Изилдөө ыкмалары, анын ичинде талаа байкоолору жана лабораториялык изилдөөлөр көрсөтүлөт. Температуралык эффектилерди эсепке алуу менен жантаймалардын туруктуулук коэффициентин эсептөө үчүн формулалар каралат. Алынган натыйжалар температуралык процесстер топурак массаларынын чыңалуу-деформациялык абалына, потенциалдуу жылма беттердин пайда болушуна жана плотина конструкцияларынын туруктуулугуна чечүүчү таасир этээрин көрсөттү. Деформацияларды болтурбоо жана алардын ишенимдуу иштешин камсыз кылуу үчүн гидротехникалык курулмаларды долбоорлоодо, эсептөөдө жана эксплуатациялоодо температуралык факторлорду эске алуу зарыл деген тыянак чыгарылды.

Негизги сөздөр: *дамба, температуралык шарттар, кыртыштын тоңушу, эңкейиштин туруктуулугу, эңкейиштин деформациясы, туруктуулук коэффициенти, фильтрация процесстери, чыңалуу-деформациялык абал.*

Введение. Грунтовые плотины относятся к числу наиболее распространённых гидротехнических сооружений и играют ключевую роль в водохозяйственных системах, обеспечивая регулирование стока, защиту территорий от наводнений, водоснабжение, выработку электроэнергии и ирригацию земель. Надёжность и безопасность таких сооружений определяются устойчивостью их откосов, которые испытывают воздействие большого числа факторов природного и техногенного происхождения. В отличие от многих других инженерных конструкций, плотины работают в условиях постоянного контакта с водой, а значит — под действием гидростатических, гидродинамических, фильтрационных и температурных нагрузок, которые оказывают комплексное влияние на состояние грунтового массива. Температурные условия являются одним из наиболее значимых факторов, определяющих напряжённо-деформированное состояние откосов плотин. Сезонные и суточные колебания температуры, глубина промерзания, скорость оттаивания, разность температур между верховым и низовым откосами, а также изменение температуры воды в водохранилище приводят к сложным физико-механическим процессам в грунте. Эти процессы влияют на структуру, влажность, прочность и деформационные свойства грунтов, определяя их способность сопротивляться внешним нагрузкам. Особенно значимо влияние циклов *промерзания–оттаивания*, которые могут существенно изменять физико-механические характеристики грунтов. Водонасыщенные грунты при замерзании увеличиваются в объёме, вызывая явление морозного пучения, а при последующем оттаивании испытывают просадку, связанную с разрушением структуры и ослаблением межчастичных связей. Такой процесс сопровождается изменением фильтрационных свойств, ростом порового давления, локальным разуплотнением материала откоса и снижением его устойчивости. В результате появляются дополнительные напряжения, приводящие к деформациям, смещениям, возникновению трещин и потенциальной опасности формирования поверхностей скольжения.

Температурные воздействия играют важную роль не только в зонах сезонного промерзания, но и в регионах с умеренным климатом, где резкие суточные перепады температуры могут приводить к температурному растрескиванию и изменению структуры грунтов. В районах с суровыми климатическими условиями влияние низких температур становится доминирующим фактором, определяющим долговечность и устойчивость плотины. Здесь глубина промерзания, скорость отвода тепла и наличие талинных вод оказывают прямое влияние на устойчивость откосов на протяжении всего периода эксплуатации.

Материалы и методы исследования.

1. Полевые наблюдения

- мониторинг температурных полей по высоте и толщине плотины;
- измерение глубины сезонного промерзания и скорости оттаивания;
- регулярное наблюдение деформаций откосов;
- контроль фильтрации и порового давления.

2. Лабораторные испытания грунтов

- определение прочности при отрицательных температурах;
- испытания на морозное пучение;
- определение зависимости модуля деформации от температуры;
- циклические испытания «замерзание–оттаивание».

Формулы расчёта устойчивости откосов с учётом температурных факторов - классическая формула коэффициента устойчивости по методу круглоцилиндрических поверхностей:

Расчет устойчивости сооружения сводится к проверке условия

$$K_{\text{зап}} \geq K_{\text{доп}} \quad (1)$$

где $K_{\text{доп}}$ - коэффициент надежности, определяемый классом капитальности сооружения;

$K_{\text{зап}}$ - коэффициент запаса, который вычисляют по формуле:

$$k_{\text{зап}} = \frac{fN + C}{T} \quad (2)$$

где f - коэффициент трения, определяется $f = \text{tg} \varphi$

φ - угол внутреннего трения;

N - сумма вертикальных сил, действующих на плотину, определяется по формуле:

$$N = G + W_2 + W_4 - W_5 - W_6$$

где W_2, W_4 - вертикальные составляющие гидростатического давления воды со стороны верхнего и нижнего бьефов;

W_5 - давление фильтрационного потока;

W_6 - фильтрационное давление.

Основными источниками температурных воздействий могут быть:

- суточные и сезонные колебания температуры воздуха.
- температура воды в верхнем и нижнем бьефах, включая ледовые условия.
- тепловые процессы в массиве сооружения, например тепловыделение при твердении бетона (для новых сооружений).
- температура грунтов основания, включая промерзание и оттаивание.

Результаты исследований. На основе анализа полевых наблюдений и лабораторных испытаний установлено:

1. Промерзание вызывает увеличение прочности, но создаёт риск трещинообразования. Мерзлый грунт обладает повышенной прочностью, однако при последующем оттаивании прочность резко падает.

2. Морозное пучение является ключевым фактором деформации откосов. Водонасыщенные грунты при замерзании расширяются, создавая дополнительные силы, способные вызвать смещение откоса.

3. Оттаивание приводит к резкому снижению устойчивости. Коэффициент устойчивости снижается на 20–40 % по сравнению с зимними условиями из-за:
— роста порового давления;
— размораживания связей между частицами;
— повышения влажности.

4. Температурные градиенты вызывают неравномерные напряжения. Особенно опасны переходы через 0°C и резкие суточные колебания. Температурные изменения оказывают существенное воздействие на устойчивость откосов плотин, определяя их напряжённо-деформированное состояние. Учет сезонных колебаний температуры, глубины промерзания, параметров морозного пучения и изменения прочностных характеристик грунтов является обязательным при проектировании, расчётах и эксплуатации гидротехнических сооружений. Применение комплексных методов исследования и численного моделирования позволяет прогнозировать критические состояния откосов и обеспечивать их надёжность.

5. Различие температурных условий на верховом и низовом откосах создаёт дополнительные риски. Установлено:

- верховой откос промерзает меньше из-за теплоёмкости воды, что уменьшает морозное пучение,
- низовой откос подвержен глубокому промерзанию и более сильным температурным градиентам.

Это приводит к:

- асимметрии напряжённо-деформированного состояния;
- неравномерному распределению осадок;
- постепенному повороту тела плотины в сторону низового откоса;
- возникновению дифференциальных деформаций.

6. Циклы замораживания–оттаивания приводят к деградации структуры грунтов. Многочисленные циклы вызывают:

- разрушение капиллярно-плёночных связей;
- увеличение пористости на 5–25 %;
- рост коэффициента фильтрации;
- снижение долговечности и устойчивости откоса в долгосрочной перспективе.

Эффект накопления приводит к постепенному уменьшению несущей способности плотины.

Выводы. Проведённый анализ показал, что температурные условия оказывают комплексное и во многом определяющее влияние на устойчивость и деформации откосов плотин. Циклы промерзания–оттаивания, изменение прочностных свойств грунтов, морозное пучение и рост порового давления формируют дополнительные напряжения в

теле сооружения и его основании, что приводит к снижению коэффициента устойчивости, особенно в переходных температурных диапазонах. Наиболее критичным периодом является весеннее оттаивание, когда грунт утрачивает прочность, изменяет структуру и становится склонным к смещению и разуплотнению. Учет температурных факторов в инженерных расчётах и регулярный мониторинг состояния откосов позволяют своевременно выявлять потенциально опасные зоны и обеспечивать надёжность плотины на всех этапах её жизненного цикла. Полученные результаты подтверждают необходимость включения температурных воздействий в нормативные методики анализа устойчивости откосов и принятия конструктивных и эксплуатационных мер для минимизации связанных с ними рисков. Таким образом, температурные условия непосредственно определяют эксплуатационную надёжность плотин, оказывая влияние на состояние грунтовых откосов, величину деформаций, устойчивость к оползневым процессам и способность конструкции воспринимать нагрузки. Объективная оценка температурных воздействий, их учёт в расчётах, моделировании и мониторинге являются обязательными элементами инженерного анализа, направленного на предотвращение аварий и обеспечение безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений.

Список литература:

1. Исмаилова К.Д., Баялиева Ж.А., Ботоканова Б.А., Жамангапова А.К., Аскаралиев Б.О. Напряженно-деформированное состояние нагорных плотин под воздействием объемных и сейсмических сил в целях устойчивого управления водными ресурсами и аграрной безопасности. БЮЛЛЕТЕНЬ. ВЕСТНИК КНАУ, 2025
2. Исмаилова К.Д., Таалайбек у. А. Строительство селезащитных сооружений. Вестник Пространство ученых в мире №5, 2025
3. Исмаилова К.Д., Урматбек у. Э. Проектирование плотины из местных материалов. Вестник Пространство ученых в мире №5, 2025
4. Исмаилова К.Д., Ажиматов К. Оценка устойчивости и надежности гидротехнических сооружений. Вестник Пространство ученых в мире №1, 2025
5. Исмаилова К.Д., Камчыбеков А. Особенности проектирования сооружений с учетом грунтовых условий. Вестник КНАУ №2(69), 2024, С.40-44
6. Исмаилова К.Д., Абдиашим уулу Н. Анализ оценки устойчивости плотин. Вестник Пространство ученых в мире. КНАУ, №1, 2024, С.52-59
7. Исмаилова К.Д., Масалбеков Н.И., Таласбаев Н.А. Оценка напряженного геомеханического состояния плотины. Вестник КНАУ, №1(46), май, 2021
8. Исмаилова К.Д., Калыбек у. Ислам. Механические движения русловых потоков. Вестник Пространство ученых в мире. КНАУ, №1, 2023, с.78-82
9. Исмаилова К.Д., Бозгунов Б. Состояние плотин под влиянием водохранилища. Вестник Пространство ученых в мире. КНАУ, №1, 2023, с.73-77
10. Исмаилова К.Д., Бектенов Э. Учет анизотропии в грунтовых плотинах. Вестник Пространство ученых в мире. КНАУ, №2-3, 2023, с.93-98
11. Исмаилова К.Д., Окмоткулов С. Оценка устойчивости земляных сооружений. Вестник Пространство ученых в мире/2023 №5, с.36-41
12. Баялиева Ж.А., Мусалиева А.М., Алмазов Т. «Современные методы гидроизоляции гидротехнических сооружений.» Вестник КНАУ, №4 (63) 2022, стр.106-110