

Амирзода Ориф Хамид - доктор технических наук, доцент, директор Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ. Адрес: г. Душанбе, ул. Айни 14а. Тел.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru

Маълумот дар бораи муаллифон: Набиев Зоҳир Аҳмадович - унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Суроға: ш. Душанбе, к. Айни 14а. Тел.: 909296329, E-mail: zohir-92@bk.ru

Аҳмадов Пайрав Мирзоназарович - унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Суроға: ш. Душанбе, к. Бофанда 5/2. Тел.: 987601762, E-mail: p.ahmadov.94@gmail.com

Шарифзода Шухрат Курбон – н.и.т., докторанти Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Суроға: ш. Душанбе, к. Айни 14 а. Тел.: 110820505, E-mail: shukhrat.s@inbox.ru

Амирзода Ориф Ҳамид – доктори илмҳои техникӣ, дотсент, директори Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Суроға: ш. Душанбе, к. Айни 14а. Тел.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru

Information about authors: Nabiev Zohir Ahmadovich - scientific applicant of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Address: Dushanbe city, 14 a Ayni str. Tel.: 909296329, E-mail: zohir-92@bk.ru

Ahmadov Payrav Mirzonazarovich - scientific applicant of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan . Address: Dushanbe city, 5/2 Bofanda str. Tel.: 987601762, E-mail: p.ahmadov.94@gmail.com

Sharifzoda Shuhrat Kurbon – candidate of technical sciences, - scientific applicant of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan Address: Dushanbe city, 14 a Ayni str. tel.: 110820505, E-mail: shukhrat.s@inbox.ru

Amirzoda Orif Hamid - Doctor of Technical Sciences, dotsent, Director of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the NAST. Address: Dushanbe city, 14 a Ayni str. Tel.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru.

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ПОТОКА В ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ТУННЕЛЯХ

*Давлатшоев С.К., Тоирзода С.Т., Шамсуллоев Ш.А.,
Мирзоева Б.М., Чакалов С.Х.*

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ

Аннотация: температурное поле земной коры изменяется в зависимости от изменения годового сезона и миграции водного потока по поверхности земли. В статье приводятся исследования по изучению изменения температуры подземных вод в основании будущей плотины Рогунской ГЭС с целью разработки метода и системы наблюдений за изменениями скорости водного потока и гидравлического режима в гидротехнических туннелях. Также, приводится метод выведения эмпирической формулы изменения теплового состояния земной коры как элемента

искусственного интеллекта, определяющего влияние возмущающих воздействий на тепловое состояние земной коры.

Ключевые слова: температура, скорость, контроль, измерение, туннель, тепломассоперенос, земная кора, пьезометр, термокаротаж, скважина, распределение температуры, эмпирическое уравнение, искусственный интеллект.

Наблюдения за состоянием гидротехнических туннелей осуществляются приборами дистанционной КИА во время эксплуатации и визуальным осмотром, когда работа туннеля останавливается. Приборы дистанционной КИА не всегда дают исчерпывающую информацию о состоянии туннеля.

Визуальные наблюдения – это натурные наблюдения, которые проводятся путем общих систематических осмотров туннеля, его основных конструктивных элементов и прилегающей территории с целью оценки их состояния, выявления дефектов и неблагоприятных процессов, снижающих эксплуатационную надежность данного сооружения, определение вида и объемов ремонтных работ [1]. Обследования проводятся специалистами-гидротехниками или комиссией из нескольких специалистов путем детальных осмотров сооружения, его конструктивных элементов и прилегающей территории с применением простейших измерительных приборов, приспособлений, используемых методов распознавания [2, 3, 4].

Непременным условием эффективности и информационной достоверности визуальных наблюдений является выполнение следующих требований: - строгая периодичность осмотров; - идентичность фиксации признаков повреждений и обнаруженных дефектов; - четкая привязка места наблюдения к геодезической сети;

- соответствие квалификации персонала требованиям правил проведения осмотров, оформление их результатов и хранение в установленном порядке материалов наблюдений [5].

Применение теории тепломассопереноса позволяет определить скорость водного потока в гидротехнических туннелях, реках, каналах и трубопроводах. Движение воды по гидротехническим туннелям, рекам, каналам и трубопроводам – это массоперенос жидкости сопровождающийся теплопереносом из окружающей среды. Чем больше скорость водного потока, тем больше скорость теплопереноса из окружающей среды и глубина изменения температуры.

Процесс теплопереноса водным потоком и изменения температуры по глубине был исследован геотермическим методом в основании будущей плотины Рогунской ГЭС, по пьезометрическим скважинам, расположенным на левобережной части реки Вахш.

На участке солевого пласта левого берега реки Вахш были выполнены режимные температурные наблюдения по 12 створам. Общее количество пьезометров, задействованных в исследованиях – 29. Из них в 11 пьезометрах, по техническим причинам, исследования провести не удалось. Всего за 2011 год проведено 39 циклов термокаротажных исследований. Схема расположения створов и местоположения пьезометров приведены на рис.1.

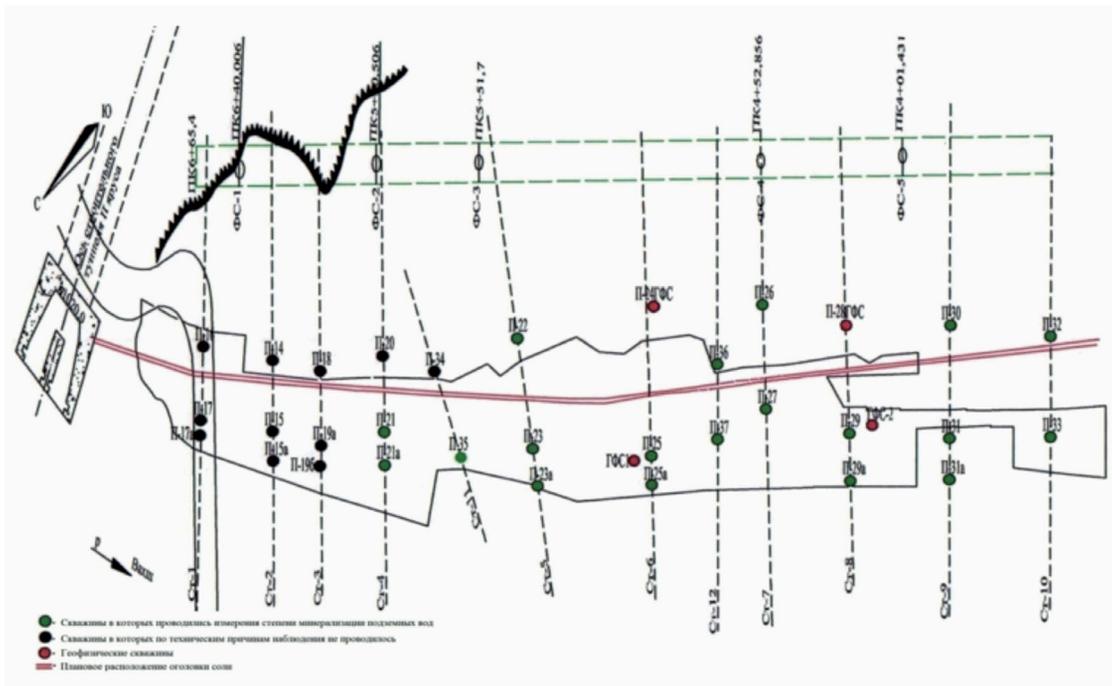


Рис. 1. План расположения пьезометрических скважин на участке левого берега солевого пласта р. Вахи

В качестве примера на рисунке 2 приведен график изменения температуры в пьезометре П-33 от сезонных (годовых) колебаний солнечной активности.

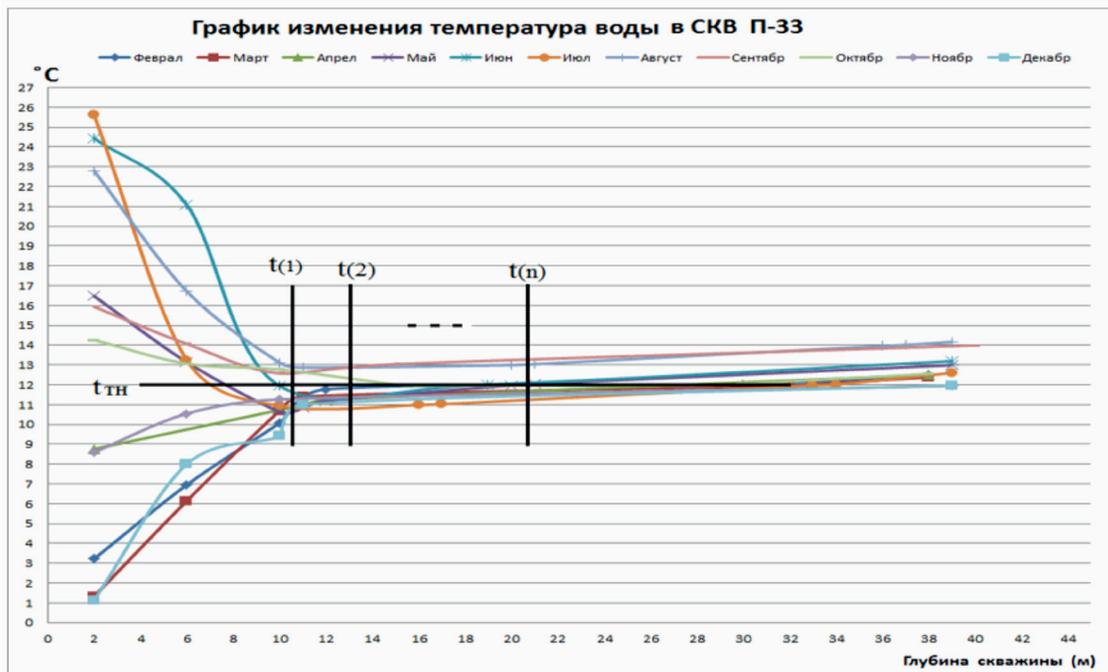


Рис. 2. График изменения температуры воды в П-33

Движение водного потока в реке сопровождается теплопереносом из окружающей породы основания. При измерении температуры в стволе пьезометра, наблюдается минимум значений температуры равной температуре теплоносителя (воды) $t(i)=t_{тн}$ (рис. 2). При повышении объёма и скорости водного потока в реке происходит ускорение теплопереноса в породах основания реки и вследствие этого происходит снижение температуры до температуры теплоносителя $t_{тн}$. Теплоносителем в данном случае является движущийся водный поток по руслу реки [6].

Такие же явления происходят в гидротехнических туннелях. При движении массы воды происходит теплоперенос из окружающих пород, где размещена гидротехнический туннель.

Применяя теорию тепломассопереноса и выбор створа наблюдения по глубине в основании туннеля, можно определить скорость водного потока, изменения скорости водного потока и определить риски аварийной ситуации.

Сущность предлагаемого метода и системы наблюдений заключается в том, что в основании туннеля в створе наблюдения, где установлены температурные датчики вертикально строго на одной линии, снимают показания температурных датчиков пять раз подряд через короткие промежутки времени и определяют среднее значение для каждого датчика [7]. По среднему значению температурных датчиков определяют коэффициенты a и b эмпирического уравнения:

$$T(i) = a h(i) + b, \quad (1)$$

где, T – температура, h – глубина минимальной температуры равная температуре теплоносителя, a , b – коэффициенты эмпирического уравнения, $i = 1 \div n$ – индекс измерения и вывода эмпирического уравнения.

Далее в эмпирическое уравнение, где уже известны коэффициенты a и b , вставляют значение температуры теплоносителя и определяют интервал выравнивания температуры следующим образом: $\Delta h_{тн} = h(i+1) - h(i)$ за единицу времени $\Delta t = t(i+1) - t(i)$, затем определяют скорость водного потока в туннеле по уравнению:

$$V_i = \Delta h_{тн} / \Delta t \quad (2)$$

Система для определения скорости водного потока [8] в туннелях (рис. 3) состоит из вертикальной скважины наблюдаемого створа пробуренной в основании туннеля 1 с железобетонной обделкой 2, куда вмонтированы и зацементированы 5 температурных датчиков с шагом 10 метров 3, информационные выходы которого выведены через железобетонную обделку и аэрационную шахту 4.

В основании туннеля для полного контроля можно на несколько створов организовать наблюдения за изменением температуры в вертикальной плоскости по глубине (рис. 3). Поскольку температурное поле в основании туннеля является стабильным, где внешние источники тепла не влияют на его изменение, кроме теплоносителя (вода), можно на несколько порядков точнее измерить изменения скорости водного потока.

Поскольку в схеме наблюдений за температурой заложены 5 датчиков температуры с шагом 10 м, то значение между точками определяем эмпирическим уравнением:

$$(i, j) = a_i h(i, j) + b_i, \quad (3)$$

где, a_i , b_i – коэффициенты эмпирического уравнения,

h – глубина наблюдения по скважине,
 t – температура,

$i = 1 \div n$ – индекс вывода эмпирического уравнения,

$j = 1 \div 3$ – индекс уровня вывода эмпирического уравнения.

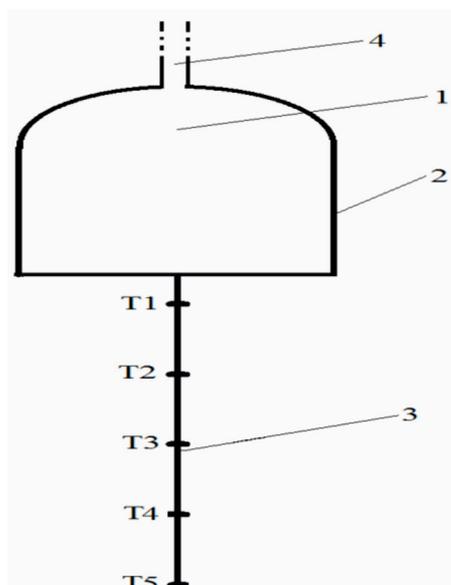


Рис. 3. Схема размещения температурных датчиков в основании туннеля (1-сечение туннеля, 2-железобетонная обделка, 3- температурные датчики в количестве 10 шт., с шагом 10 м, 4-аэрационная шахта)

Решая уравнение (3), можно определить и проследить глубину выравнивания температуры до температуры теплоносителя $t_{\text{тн}}$:

$$h(i, j) = \frac{t(i, j) - b_i}{a_i}, \quad (4)$$

где, $t(i, j) = t_{\text{тн}}$,
 a_i, b_i – коэффициенты эмпирического уравнения,

$h(i, j)$ – глубина выравнивания температуры до температуры теплоносителя $t_{\text{тн}}$.

Когда температура теплоносителя до-

стигнет точки T1, то при выведении эмпирического уравнения следующего уровня точка T1 исключается. Таким образом, постепенное увеличение зоны температуры теплоносителя, накрывающее точку T1 до точки T5, последовательно температурные точки при выведении уравнения следующего уровня исключаются.

В таблице 1 приводится схема и алгоритм последовательного вывода эмпирического уравнения, и его использование.

Таблица 1. Алгоритм последовательного вывода эмпирического уравнения и его использование.

№ п/п	Количество точек	Эмпирические уравнения	Решение	$\Delta h_{\text{тн}}$ при $T(i+1) - T(i)$
1	T1÷T5	$t(i, 1) = a_i h(i, 1) + b_i$	$h(i, 1) = \frac{t(i, 1) - b_i}{a_i}$	$h(i+1, 1) - h(i, 1)$
2	T2÷T5	$t(i, 2) = a_i h(i, 2) + b_i$	$h(i, 2) = \frac{t(i, 2) - b_i}{a_i}$	$h(i+1, 2) - h(i, 2)$
3	T3÷T5	$t(i, 3) = a_i h(i, 3) + b_i$	$h(i, 3) = \frac{t(i, 3) - b_i}{a_i}$	$h(i+1, 3) - h(i, 3)$
4	T4÷T5	$t(i, 4) = a_i h(i, 4) + b_i$	$h(i, 4) = \frac{t(i, 4) - b_i}{a_i}$	$h(i+1, 4) - h(i, 4)$

Предлагаемый метод и система наблюдений позволяют определить скорость водного потока в туннелях. Поскольку температурное поле в основании туннеля является стабильным, где внешние источники тепла не влияют на его изменение, кроме теплоносителя (водного потока), то можно на несколько порядков точнее измерить скорость водного потока. Также метод и система наблюдений позволяет по температурным пульсациям и понижению значения тепломассопереноса определить изменение гидравлического режима в туннеле вследствие образования завалов и промоин в основании, которые могут привести к понижению скорости водного потока.

Выводы

1. Результаты исследований показывают изменения температуры в пьезометрической скважине обусловлены причинами, которых являются: сезонное колебание температуры воздуха и близкое расположение пьезометрических скважин к реке Вахш, которое может служить источником тепломассопереноса.

2. Исследование контроля температуры воды по стволу пьезометрических скважин расположенных близко к реке Вахш может быть использовано для определения скорости водного потока, изменения скорости водного потока в туннелях и определения рисков аварийной ситуации.

3. Выведенное эмпирическое уравнение является уравнением теплового состояния земной коры, как элемента искусственного интеллекта можно использовать для изучения влияния возмущающих воздействий на поверхность земли.

4. Разработанный метод и выведенная формула определения скорости водного потока позволяет определять скорость изменения водного потока и изменения гидравлического режима в туннелях.

Список литературы

1. Рекомендации по проведению гидравлических натуральных наблюдений и исследований туннелей: П 94-2001: утв. РАО «ЕЭС России» 03.07.98: введ. в действие с I кв. 2002 г. – СПб.: ВНИИГ им. Веденеева, 2000. – 43 с.
2. Рекомендации по обследованию гидротехнических сооружений с целью оценки их безопасности: П 92-2001. – СПб.: ВНИИГ им. Веденеева, 2000. – 47 с.
3. Порядок ведения общего и (или) специального журнала учета выполнения работ при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства: РД-11-05-2007: утв. приказом Ростехнадзора 12.01.07 № 7 // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.
4. СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов. – Взамен СНиП 2.06.05-84*; введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России, 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095521>, 2014.
5. Основные принципы и методы эксплуатации магистральных каналов и сооружений на них: монография / под общ. ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – 361 с.
6. Давлатшоев С.К., Шамсуллоев Ш.А., Тоирзода С.Т., Мирзоева Б.М., Чакалов С.Х. Метод контроля фильтрационных потоков в основании плотин. Журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» - Душанбе: ИМОГЭЭ, 2023, №3(2). –С. 73-82.
7. Давлатшоев С.К., Шамсуллоев Ш.А., Мирзоева Б.М., Тоирзода С.Т., Чакалов С.Х. Способ и устройство для определения коэффициента фильтрации в основании плотины. Патент № TJ 1406 Республика Таджикистан, МПК G 01 N 15/08, G 01 N 33/24. № 2301802, завл.

- 22.02.2023; опубл. 05.07.2023; Бюл. №197, 2023. -5 с.
8. Давлатшоев С.К., Тоирзода С.Т., Мирзоева Б.М., Шамсуллоев Ш.А., Чакалов С.Х. Способ и устройство для определения скорости водного потока в туннелях. Патент № TJ 1407 Республика Таджикистан, МПК G 01 P 5/18, E 21 B 47/10. № 2301803, завл. 22.02.2023; опубл. 05.07.2023; Бюл. №197, 2023. -4 с.

ТАРЗИ НАЗОРАТИ ТАҒЙИРЁБИИ СУРЪАТИ МАҚРОИ ОБ ВА РЕҶАИ ГИДРАВЛИКӢ ДАР НАҚБҲОИ ГИДРОТЕХНИКӢ

*Давлатшоев С.К., Тоирзода С.Т., Шамсуллоев Ш.А.,
Мирзоева Б.М., Чакалов С.Х.*

Аннотатсия: омӯзиши майдони ҳарорати қишири замин вобаста ба тағйирёбии мавсими солона ва муҳоҷирати ҷараёни об дар сатҳи замин тағйир меёбад. Дар мақола тадқиқот оид ба омӯзиши тағйирёбии ҳарорати обҳои зеризаминӣ дар пояи сарбанди ояндаи неругоҳи барқи обии Рогун бо мақсади таҳияи усул ва системаи мониторинги тағйирёбии суръати ҷараёни об ва режими гидравликӣ дар нақбҳои гидротехникӣ оварда шудааст. Инчунин, усули ба даст овардани формулаи эмпирикии тағйирёбии ҳолати гармии қишири замин ҳамчун элементи зехни сунъӣ оварда шудааст, ки таъсири халалдоркунандаро ба ҳолати гармии қишири замин муайян мекунад.

Калидвожаҳо: ҳарорат, суръат, назорат, андозагирӣ, нақб, интиқоли гармӣ ва масса, қишири замин, пьезометр, каротажи термикӣ, чоҳ, тақсимоти ҳарорат, муодилаи эмпирикӣ, зехни сунъӣ.

METHOD FOR CONTROLLING CHANGES IN THE SPEED OF WATER FLOW AND HYDRAULIC MODE IN HYDRAULIC TUNNELS

*Davlatshoev S.K., Toirzoda S.T., Shamsulloev Sh.A.,
Mirzoeva B.M., Chakalov S.Kh.*

Annotation: the study of the temperature field of the earth's crust changes depending on the change in the annual season and the migration of water flow across the earth's surface. The article presents research on studying changes in the temperature of groundwater at the base of the future Rogun hydropower plant dam with the aim of developing a method and a system for monitoring changes in the speed of water flow and hydraulic regime in hydraulic tunnels. Also, a method is given for deriving an empirical formula for changes in the thermal state of the earth's crust as an element of artificial intelligence that determines the influence of disturbing influences on the thermal state of the earth's crust.

Keywords: temperature, speed, control, measurement, tunnel, heat and mass transfer, earth's crust, piezometer, thermal logging, well, temperature distribution, empirical equation, artificial intelligence.