

## РАСЧЕТ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ТЕЛА И ОСНОВАНИЯ ПЛОТИНЫ, ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ В СУРОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Г. Л. Стародубцева, *научный сотрудник*, Д. К. Федоров, *зам. зав. лаб. инженерной геологии и геоэкологии*, Н. В. Вознесенская, *инженер* Икат.  
ОАО "ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева", Санкт – Петербург, Россия

Предлагаемая работа посвящена исследованию температурного режима гидротехнических сооружений, расположенных в северной строительной-климатической зоне. Распределение температур в теле и основании плотины, эксплуатируемой в районе распространения мерзлых грунтов, определяется с помощью программного комплекса [ABAQUS/Standard](#). Сравнение полученных результатов с натурными данными показало хорошее совпадение, что позволит в дальнейшем применить этот подход решения температурной задачи к проектируемым объектам.

В качестве расчетной модели выбрана плотина водохранилища Анадырской ТЭЦ, расположенной в юго-западной части г. Анадырь на востоке Чукотского автономного округа на правом берегу Анадырского лимана. ТЭЦ предназначена для производства, передачи, распределения и сбыта электрической и тепловой энергии в системе ОАО «Чукотэнерго». Водоохранилище Анадырского гидроузла образовано в результате возведения плотины на р. Казачка и используется для аккумуляции воды и хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Анадырь и ТЭЦ.

Грунтовая плотина Анадырской ТЭЦ является плотиной мерзлого типа, т.е. часть плотины и основания находятся в мерзлом состоянии, обеспечивая ее водонепроницаемость в течение всего периода эксплуатации. Плотина отсыпана из дресвяно-щебенистых суглинков. Максимальная высота плотины 16 м, длина по гребню 1330 м, ширина по гребню 8 м. Расчетная модель приведена на рис.1. Уровень воды в верхнем бьефе принят постоянным и составляет 13,7 м. Нижний бьеф находится в сухом состоянии. Вдоль гребня плотины установлены сезоннодействующие парозамораживающие установки (ПЗУ). В теле плотины из натуральных наблюдений известно положение нулевой изотермы, которое служит для оценки правильности результатов расчета.

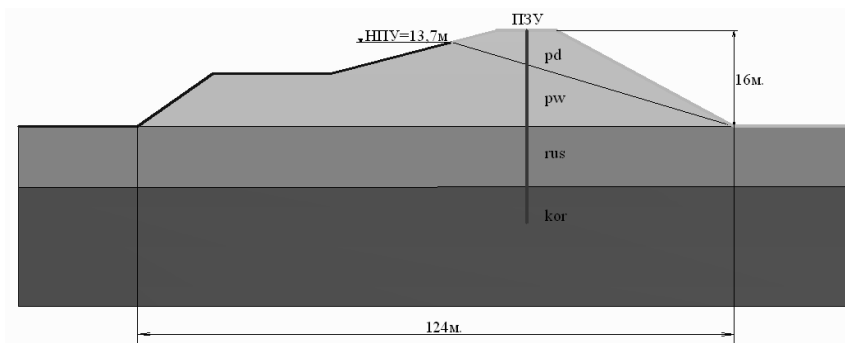


Рис. 1

В расчетной модели выделено четыре области с различными теплофизическими характеристиками в зависимости от типа грунтов и их обводненности (табл. 1). Все теплофизические характеристики получены в ходе полевых исследований. Первой области, pd (рис. 1), присвоен материал, соответствующий по теплофизическим характеристикам грунтам призмы плотины, находящимся в сухом состоянии. Материал второй области, pw - максимально водонасыщенные грунты тела плотины. Третья область, rus, соответствует аллювиальной русловой фракции, находящейся в водонасыщенном состоянии. И, наконец, четвертая область, kor, образована коренными породами, слаботрециноватыми и максимально водонасыщенными.

Таблица 1

Свойства Область	Теплопроводность, Дж/(сут*м*град)	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Удельная теплоемкость, Дж/(м <sup>3</sup> *град)	Удельная теплота фазового перехода, Дж/кг
Призма сухая (pd)	230688	1900	2410	33500
Призма мокрая (pw)	245376	2000	3170	100500
Русловые породы основания (rus)	155520	1800	2410	100500
Коренные породы основания (kor)	235872	1800	2680	117250

Сетка конечных элементов включает в себя 10710 элементов и 21769 узлов. Элементы треугольные, шестиузловые, тип элементов DC2D6 в обозначениях ABAQUS'a.

С учетом многолетней среднегодовой температуры воздуха (-7°C), среднегодовой температуры придонной воды (+1 °C) и работы ПЗУ (-7°C по всей глубине активной зоны), средней температуры многолетнемерзлых пород на глубине больше 45м (-2 °C), решена задача о стационарном температурном режиме грунтовой плотины. Получено распределение температур и положение нулевой изотермы в теле

плотины и основании (рис. 2). Этот результат устанавливает начальное распределение температуры в теле и основании плотины, которое используется при проведении дальнейших расчетов в соответствии с графиком изменения среднемесячных температур воздуха (рис.3), воды и работы замораживающих устройств (табл. 2).

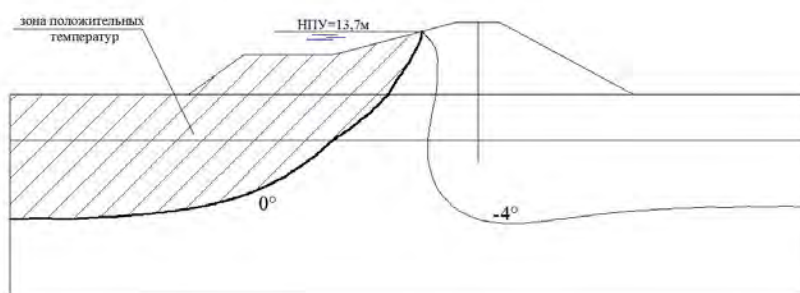


Рис. 2

Таблица 2

Месяц	Температура воды, °С	Температура ПЗУ, °С
Январь	0,5	-9
Февраль	0,6	-9
Март	0,7	-9
Апрель	0,7	-9
Май	1	-5
Июнь	2	-5
Июль	3	-5
Август	4	-5
Сентябрь	3	-5
Октябрь	1	-5
Ноябрь	0,9	-9
Декабрь	0,6	-9

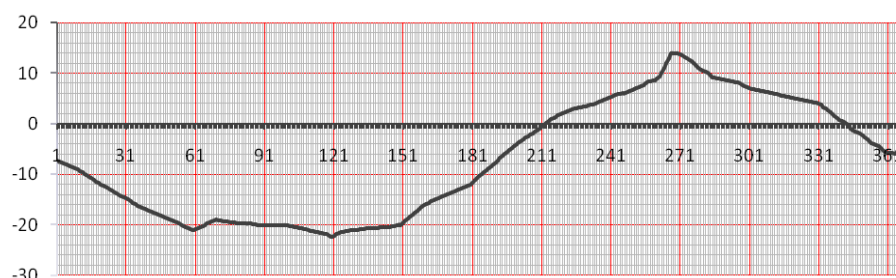


Рис. 3. Годовой график изменения температур воздуха

На рис.4а показано распределение температур в расчетной области по окончании периода отрицательных температур окружающего воздуха (апрель) и в конце теплого периода (август) – рис. 4б. Расчеты показали, что в области, соприкасающейся с окружающим воздухом, грунты оттаяли приблизительно на 2м, при этом максимально оттаял гребень плотины. Сравнение положения нулевой изотермы в теле и основании плотины в теплый и морозный период показывает, что оно практически не меняется, т.е. на положение нулевой изотермы влияет не сезонное изменение температур, а средние многолетние температуры воздуха и воды (с учетом бесперебойной работы ПЗУ). В теле плотины сформировалось мерзлое ядро с температурой до  $-8^{\circ}\text{C}$ , в котором происходит незначительное изменение отрицательной температуры в пограничных зонах.

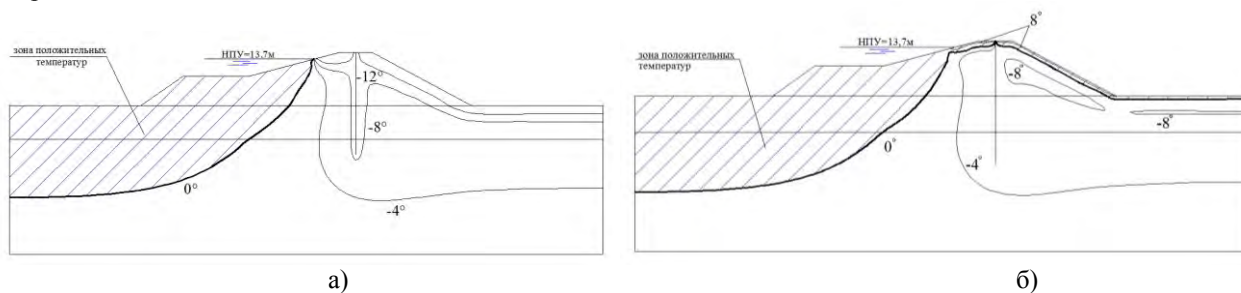


Рис. 4

Полученное распределение температур не противоречит натурным геофизическим данным, приведенным на рис.5. Видно, что по геофизическим данным нулевая изотерма имеет более изогнутый вид, чем

это получено в расчете. Это несоответствие объясняется тем, что в принятой постановке и решении задачи не учитывается перенос тепла фильтрационным потоком. В том числе, в их учете, будут состоять наши дальнейшие разработки и исследования.

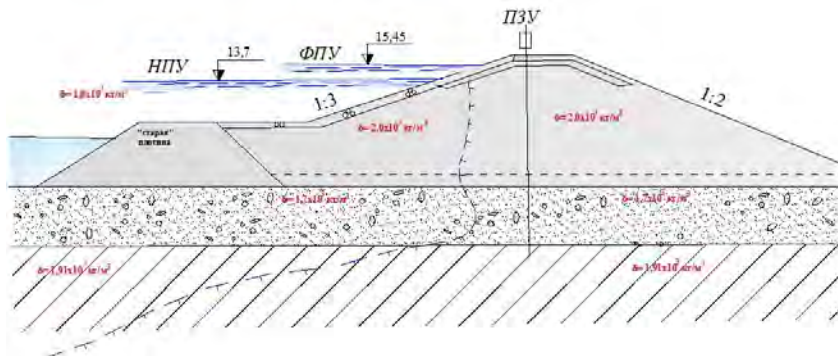


Рис. 5

В результате расчета получено распределение температур и положение нулевой изотермы в плотине и ее основании в зависимости от изменения температуры окружающей среды в течение года.

Такие расчеты необходимы для прогноза развития мерзлой и талой зон в теле и основании плотины, которые влияют на устойчивость сооружения, фильтрационный режим и безопасность эксплуатации гидроузла в целом. Предлагаемая расчетная модель может быть применена для оценки достаточности работы мерзлотной завесы проектируемых грунтовых гидротехнических сооружений.