

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ГРУНТОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ САХА С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Н.П. Скибина<sup>1\*</sup>, Е.В. Ефименко<sup>1</sup>, Д.В. Евланов<sup>1</sup>

ООО «НТЦ «Симмэйкерс», Москва, Россия

\*skibina.nadezhda@simmakers.ru

**Аннотация.** Для корректного описания динамики температурного режима грунтов гидротехнических сооружений необходимо проводить учет сопутствующих процессов фильтрации. Пренебрежение влиянием фильтрационного потока на тепловое состояние мерзлого грунта может привести к чрезмерному оттаиванию, возникновению зон с высокими скоростями фильтрации, осадке сооружения и потере его устойчивости.

**Ключевые слова:** гидротехнические сооружения, многолетнемерзлые грунты, процесс фильтрации, теплотехнический расчет

## SIMULATION OF TEMPERATURE CONDITION DYNAMIC IN SOIL OF HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURES PLACED SAKHA REPUBLIC WITH FILTRATION PROCESSES

N.P. Skibina<sup>1\*</sup>, E.V. Efimenko<sup>1</sup>, D.V. Evlanov<sup>1</sup>

LLC STC Simmakers, Moscow, Russia

\*skibina.nadezhda@simmakers.ru

**Abstract.** For comprehensive description of temperature regime dynamics in soil of hydraulic engineering structures it is necessary to taking into account filtration processes. Neglect by influence of filtration flow on permafrost soil thermal conditions can leav to excessive thawing, appear zones with high filtration rates, settlement and loss of hydraulic engineering structure stability.

**Kew Words:** hydraulic engineering structures, permafrost soil, filtering process, thermomechanical calculation

Активное промышленное освоение водных и водно-энергетических ресурсов Сибири и Дальнего Востока датируется серединой XX в. и неразрывно связано с возведением гидротехнических сооружений. В ходе развития данной отрасли были выделены принципы и технологии строительства в сложных инженерно-геокриологических условиях, однако при возведении ряда гидротехнических сооружений устойчивость обеспечивалась использованием мерзлых грунтов в качестве основания (*Чжан и др., 2019*). Изменение климата, в особенности тенденция к росту температуры в атмосфере, влечет за собой изменение условий эксплуатации гидротехнических сооружений, построенных в соответствии с I принципом. Возникновение нежелательной фильтрации и таяние льда в теле плотины со временем могут привести к потере устойчивости сооружения и негативно сказаться на его функциональном назначении. В связи с этим необходимо отслеживать и анализировать состояние сооружений, принимая во внимание тепловые и фильтрационные процессы, а также их взаимное влияние (*Анискин, 2013*).

Наличие программного решения, основанного на отлаженной и апробированной методике прогнозных теплотехнических расчетов, позволит проводить оценку достаточности технических решений, обеспечивающих безопасные условия эксплуатации сооружений, а также отслеживать динамику температурного поля грунтов основания и тела ГТС (гидротехнического сооружения).

В настоящее время НТЦ «Симмэйкерс» по запросу пользователей проводит актуализацию методики прогнозных теплотехнических расчетов для гидротехнических сооружений, построенных и эксплуатируемых по I принципу, с использованием программного комплекса Frost 3D. Особенности методики являются учет процессов фильтрации, сопряженных с процессами растепления грунтов, возможность анализа теплового состояния грунтов сооружения в динамике для принятия решений о необходимости дополнительных защитных мероприятий с целью обеспечения безопасной эксплуатации ГТС. Проведение подобной работы также нацелено на дальнейшую разработку программы дополнительных исследований для верификации и валидации модели. Методика расчета состоит из четырех основных этапов (рис.1).



Рисунок 1. Схема методики расчета

Подход к проведению теплотехнического расчета, учитывающий фильтрационные процессы в ГТС, предполагает выделение характерных, ответственных участков сооружения для проверки их состояния на последующий срок эксплуатации, а также участков, имеющих неблагоприятные тенденции к оттаиванию и возникновению фильтрации. Такой подход позволит выгодно распределить вычислительные ресурсы и оперативно получить расчетные модели для ГТС, которые возможно актуализировать по мере поступления данных плановых мониторинговых мероприятий.

По результатам отладки и апробации, планируется унификация подхода к расчету гидротехнических сооружений в условиях криолитозоны с учетом особенностей строения, условий эксплуатации и требуемых результатов.

### Литература

Анискин Н.А. Температурно-фильтрационный режим прибрежной зоны грунтовой плотины в суровых климатических условиях // Вестник МГСУ. 2013. №4. С.129-137.

Чжан Р.В., Великин С.А., Кузнецов Г.И., Крук Н.В. Грунтовые плотины в криолитозоне России. – Новосибирск: СО РАН, Академическое изд-во «Гео», 2019. – 427 с.