

## **Отзыв**

Официального оппонента на диссертационную работу Спасенниковой Клавдии Анатольевны на тему «Компьютерное моделирование тепломассопереноса в грунтах под сооружениями, построенными на вечной мерзлоте с использованием сезонных охлаждающих устройств», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.08 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

### **Актуальность темы исследований**

Автором поставлена цель – проведение теоретических исследований процессов теплообмена в сложной инженерной системе «грунт – ГЕТ – сооружение, построенное на вечной мерзлоте», которые учитывали бы стохастичность таких параметров задачи, как скорость ветра, температура воздуха и толщина снежного покрова.

Для укрепления оснований зданий и сооружений, построенных на вечной мерзлоте, используется метод замораживания грунтов под этими основаниями. Замораживание грунтов производится либо с помощью холодильных машин, либо с помощью сезонных охлаждающих устройств (СОУ), не требующих затрат электрической энергии. Использование СОУ не только позволяет экономить электрическую энергию, но и производить охлаждение грунтов в районах, где электричество не доступно. Для замораживания больших площадей используются горизонтальные естественнодействующие трубчатые системы (ГЕТ), разработанные в ООО НПО «Фундаментстройаркос». Прогнозу работы именно этих систем и посвящена данная диссертация.

По мнению оппонента, рассматриваемые научные и практические проблемы подтверждают актуальность темы и содержания диссертационной работы.

### **Научная новизна результатов исследований**

1. Создана методика расчета, позволяющая рассчитать теплообмен между системой ГЕТ и грунтом, а также теплообмен между грунтом, атмосферой и сооружением, построенном на вечной мерзлоте.

2. Предложен метод стохастического прогнозирования состояния грунтов, органично сочетающий в себе детерминистский подход математической физики с методами математической статистики. Однако, в отличие от стандартной статистики объектами изучения в данном случае являются не случайные величины, а трехмерные температурные поля. Важно, что они к тому же удовлетворяют условиям решения задачи Стефана. Метод стохастического прогнозирования позволяет получить одновременно большое количество 3D температурных полей, с учетом всех возможных вариантов изменения во времени скорости ветра, температуры воздуха и толщины снежного покрова. Полученная совокупность 3D температурных полей, позволяет вычислить в каждой точке пространства вероятность нахождения грунта в талом или мерзлом состоянии и оценить эффективность проектируемой системы ГЕТ.

По мнению оппонента, результаты, полученные автором и приведенные в диссертационной работе и публикациях, являются новыми научными знаниями и способствуют достижению поставленной цели исследований.

#### **Практическая ценность**

Разработанный метод расчета позволяет с достаточной точностью прогнозировать динамику изменения температурных полей в грунтах с применением систем ГЕТ и может быть использован при проектировании объектов, охлаждаемых СОУ. Данный метод был использован при расчете конкретных объектов совместно с ООО НПО «Фундаменстройаркос».

Практическая ценность выполненной К.А. Спасенниковой работы не вызывает сомнений, так как направлена на прогноз температуры многолетнемерзлых грунтов при использовании системы ГЕТ. Без этих данных нельзя рассчитать несущую способность многолетнемерзлых грунтов, от чего, в свою очередь, зависит срок безаварийной эксплуатации зданий и сооружений.

**Апробация работы** проведена на всероссийской и международных конференциях.



**Личный вклад автора** при выполнении диссертационной работы заключался в научной проработке по теме исследований. Постановка задач, определение методов решения и анализ результатов исследований выполнены лично соискателем. При непосредственном участии автора была создана программа, позволяющая моделировать работу СОУ под зданиями и сооружениями.

### **Соответствие содержания диссертационной работы требованиям ВАК РФ**

Диссертация К.А. Спасенниковой «Компьютерное моделирование тепломассопереноса в грунтах под сооружениями, построенными на вечной мерзлоте с использованием сезонных охлаждающих устройств» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.08 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение по своей актуальности, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям п. 9 «Положения ВАК РФ о порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Содержание диссертации отражено в автореферате и опубликовано в 10 статьях в журналах из списка ВАК, 3 статьях и тезисах в материалах конференций, 1 патенте.

Диссертация соответствует профилю диссертационного совета ДМ 003.042.02 при Институте криосферы Земли СО РАН по специальности 25.00.08 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

### **Общие замечания по диссертационной работе:**

1. Отсутствует список сокращений, обозначений и единиц измерения физических величин, что затрудняет прочтение работы.

2. Глава 2, стр. 85-86, табл. 2.3.7. В таблицах приводятся 18 значений, 15 из которых менее  $1,5^{\circ}\text{C}$ . Это значение температуры многолетнемерзлых грунтов принято автором, как обоснование точности измерения теоретических и экспериментальных данных. Два значения равны  $1,6^{\circ}\text{C}$  и максимальное среднеквадратичное отклонение теоретических данных от экспериментальных

составляет  $1,9^{\circ}\text{C}$ . При проектировании учитывается наихудший вариант. Следовательно, применение предлагаемой методики возможно только на низкотемпературных многолетнемерзлых грунтах. Для высокотемпературных многолетнемерзлых грунтов необходима доработка предлагаемой методики.

3. Глава 3. На основании чего приняты метеорологические характеристики с периодами времени 8 и 12 лет для получения трехмерного поля температур с использованием генерации случайных величин. Как согласуются с этими периодами понятия цикличности в климатологии и «жизненного цикла» в геотехнике.

4. Глава 3. По разделу 3.2. делается вывод, что «вероятность найти грунт в талом состоянии порядка десятых долей процента, что говорит об избыточности охлаждающей системы (в данном случае необходимо уменьшить число конденсаторов и увеличить расстояние между трубами испарительной системы)». Сама по себе отрицательная температура не является фактором уменьшения или увеличения числа конденсаторов. Для этого и предназначены СОУ и системы ГЕТ, в частности. Определяющим является фактическое значение температуры, обеспечивающие устойчивость геотехнической системы. Так при отрицательной температуре грунты могут находиться как в талом состоянии и терять несущую способность, так и в мерзлом, но быть подвержены морозобойному растрескиванию. И в том и другом случае основания и фундаменты могут перейти в аварийное состояние. То есть, необходимо управление температурным режимом грунтов, а не установление факта нахождения грунтов в отрицательном диапазоне температур.

Указанные критические замечания носят частный характер, не являются существенными и не снижают качества актуального и полезного исследования.

### **Заключение**

На основании изложенного считаю, что диссертация представляет собой законченную квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне. Поставленные задачи решены и имеют актуальность как в научной



области, так и в практическом применении сезоннодействующих охлаждающих устройств при проектировании и строительстве на многолетнемерзлых грунтах. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения – обоснованы. В автореферат включены основные положения и содержание работы.

Диссертация Спасенниковой К.А. является законченным научно-исследовательским трудом, отвечает требованиям ВАК РФ п. 9 «Положения ВАК РФ о порядке присуждения учёных степеней», а ее автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук.

Кандидат технических наук,  
научный сотрудник ТюмГНГУ

Губарьков Анатолий Анатольевич

г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38.  
(3452) 788925; agubarkov@rambler.ru

27марта 2015 г.

