

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РУТ (МИИТ)

д.т.н., доцент

А.В. Савин

«30» 09 2020 г.



### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ) на диссертационную работу **Третьяковой Ольги Викторовны «Совершенствование методов расчета элементов транспортных тоннелей в условиях морозного пучения грунта»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.11 – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей.

Диссертация Третьяковой О.В. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и 5 приложений. Общий объем работы 189 страниц:

**Актуальность темы исследования.** За последние годы развивается строительство на северных территориях страны, относительно свободных от застройки и богатых природными ресурсами. В первую очередь это касается возведения объектов транспорта. Ввиду сложности инженерно-геологических условий большую роль в транспортной системе этих районов играют искусственные сооружения, в частности тоннели.

На сегодняшний день, как для гражданской застройки, так и для промышленного комплекса, возрастает значение тоннелей мелкого заложения. Предпочтение таким сооружениям отдается в стесненных условиях городов и при проектировании новых транспортных коммуникаций на свободных от застройки территориях. Это объясняется снижением приведенных затрат и капитальных вложений вследствие уменьшения объема земляных работ, материало- и энергоемкости, грузооборота, стоимости обслуживания после ввода в эксплуатацию. Кроме того, проектирование тоннелей мелкого заложения оправдывается повышением уровня комфортности пассажиров при пользовании транспортными коммуникациями, не требующими спуска на большую глубину. Технико-экономические и социальные преимущества тоннелей мелкого заложения очевидны. Вблизи дневной поверхности располагаются также припортальные участки протяженных тоннелей.

Транспортное строительство – отрасль повышенной опасности. Тоннельных сооружений это касается в первую очередь, так как они расположены ниже дневной поверхности, вне обзора и находятся под постоянным влиянием окружающего их грунта. С позиции федерального закона ФЗ №384 критериями проектирования безопасных сооружений является недопущение ни одного из признаков предельных состояний конструкций, в том числе путем учета опасных природных процессов.

Значительные массивы глинистых грунтов, обводненность территорий, длительный период отрицательных температур в северных районах страны создают условия для возникновения опасного природного процесса – морозного пучения грунтов. Промерзание и пучение грунта вокруг тоннельного сооружения определяется, с одной стороны, холодным фронтом, который распространяется в прилегающем грунте в вертикальном направлении от дневной поверхности, с другой стороны, холодным воздухом, поступающим внутрь сооружения. Ввиду того, что бетон обладает высокой теплопроводностью, грунты вокруг заглубленного сооружения можно рассматривать как открытую для холода поверхность, и механизм промерзания грунта под тоннелем близок к процессу промерзания у дневной

поверхности. Это приводит к подъему фундаментов силами морозного пучения грунта, что служит причиной нарушения целостности тоннельных сооружений.

Вместе с тем, сооружение тоннеля является малонагруженным, так как вес конструкций, включая засыпку и нагрузку от дорожного покрытия, значительно меньше веса грунта, взятого в объеме сооружения. Эти факторы требуют учета влияния сил морозного пучения грунтов, не уравновешенных внешней нагрузкой, при проектировании. Необходимость учета влияния сил пучения усложняет процесс проектирования и возведения транспортных коммуникаций, удорожает их эксплуатацию.

Все это говорит об актуальности цели исследования – снижения влияния морозного пучения грунта на фундамент транспортного тоннеля.

Автор систематизирует существующие методы защиты от морозного пучения в два подхода: снижение сил пучения и восприятие их конструкциями. Второй подход приводит к увеличению материалоемкости фундаментов. Поэтому больший интерес представляет первый подход, который предполагает снижение сил морозного пучения посредством дополнительных мероприятий, либо за счет собственно конструкций сооружения путем изменения их конфигурации. Последнее обеспечивает снижение затрат и увеличение долговечности проектного решения по защите от морозного пучения грунта. В диссертационном исследовании рассматривается фундамент транспортного тоннеля, который обеспечивает снижение влияния морозного пучения грунта на сооружение – свая с верхним обратным конусом. На сегодняшний день уже проведен ряд исследований свай с обратным уклоном поверхности, где рядом ученых экспериментально подтверждена повышенная несущая способность таких фундаментов в условиях их подъема касательными силами морозного пучения грунта. Однако, не смотря на значительный объем проведенных экспериментальных исследований и их несомненную ценность, не разработан метод расчета таких конструкций, который мог бы использоваться в практике инженерного проектирования. Поэтому цель рассматриваемого диссертационного исследования, предполагающая не

только конструктивное снижение сил морозного пучения на фундамент транспортного тоннеля, но и совершенствование метода расчета фундамента, обеспечивающего это снижение, является актуальной.

Актуальность исследования связана также с серьезными масштабами проблемы снижения влияния морозного пучения на искусственные сооружения, в том числе тоннели, мосты, трубы и т.д. не только на территории Российской Федерации, но и за рубежом.

**Во введении** показана актуальность темы исследования и степень ее разработанности, сформулированы цель, задачи диссертационной работы и предмет исследования. Приведены сведения о научной новизне, теоретической и практической значимости работы. Представлены положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов работы.

**В первой главе** обозначены повреждения конструкций тоннелей от морозного пучения грунта и способы их предотвращения. В качестве перспективного способа отмечено использование для этой цели фундаментов эффективной конфигурации, а именно – свай с обратным уклоном поверхности. Освещены существующие конструкции и методы расчета таких свай. Приведены исследования явления морозного пучения грунта и его параметров, необходимые для оценки эффективности рассматриваемых фундаментов. Сделан вывод о широких экспериментальных исследованиях фундаментов эффективных конфигураций, но отсутствии метода их расчета для использования в практике инженерного проектирования.

**Во второй главе** рассматривается свая с верхним обратным конусом, эффективная в условиях морозного пучения грунта. Приводятся расчетные схемы сваи. На основании идеи о нейтрализации касательных сил пучения с использованием силовых факторов, формирующихся в грунте в пределах обратного конуса сваи, путем анализа расчетных схем построены уравнения равновесия сил, обеспечивающие равновесие сваи, т.е. отсутствие ее подъема. Уравнения равновесия преобразованы в зависимости, позволяющие

определить угол конуса сваи, обеспечивающий противодействие касательным силам морозного пучения и целостность вышележащих конструкций.

**В третьей главе** на базе существующих теоретических и экспериментальных исследований процесса морозного пучения грунта получены зависимости по определению напряжений и сил морозного пучения для оценки эффективности рассматриваемой сваи при отсутствии опытных данных. Зависимости могут быть использованы для принятия предварительного проектного решения.

**В четвертой главе** с использованием полученных аналитических зависимостей разработаны математические модели работы сваи с верхним обратным конусом в пучинистом грунте и метод расчета сваи как фундамента транспортного тоннеля, включающий автоматизированный расчетный модуль для определения угла конуса сваи. Изложены алгоритмы метода расчета и автоматизированного расчетного модуля. (АРМ). Метод расчета проиллюстрирован примером определения геометрических параметров сваи с верхним обратным конусом, как фундамента припортального участка транспортного тоннеля в условиях Тюменской области. Проведенные расчеты показали снижение влияния сил пучения на фундамент. Результаты расчета оформлены с помощью таблиц и графиков, что позволило выявить наименее материалоемкое решение при прочих равных факторах.

**В пятой главе** результаты расчета авторским методом сопоставлены с существующими экспериментальными данными по теме диссертационного исследования. Получено соответствие расчета и данных эксперимента с допускаемыми отклонениями. В главе также сравнивались результаты и авторского метода и результаты, полученные методом конечных элементов. Сделан вывод, что разработанный метод более актуален для решения данной задачи, чем МКЭ, так как позволяет получить требуемые параметры сваи при однократном решении уравнений, тогда как при использовании метода конечных элементов в каждом случае требуется моделирование новой сваи

до тех пор, пока не будут получены требуемые параметры. Проведена технико-экономическая оценка свай с верхним обратным конусом, как фундамента транспортного тоннеля мелкого заложения. Получен экономический эффект от применения свай.

**Заключение,** содержащее основные выводы по диссертационной работе, достаточно полно отражает результаты выполненных соискателем исследований, а также дает ответ на сформулированную цель и задачи.

**Приложения,** приведенные в диссертации на страницах 157 – 189, содержат все необходимые материалы, подтверждающие полноту и достоверность результатов исследования автора.

#### **Замечания по диссертации:**

1. В работе не затронут вопрос долговечности работы предложенных свай. Ведь в соответствии с требованиями закона о безопасности №384 ФЗ проектировщик должен определять долговечность сооружения и его элементов.
2. Надо уделить внимание ограничениям разработанного метода по геометрическим параметрам свай с верхним обратным конусом.
3. Представляют интерес показатели материала для предложенной свай.
4. Желательно представить инженерный подход в доступной аналитической форме к определению параметров свай.
5. В чем заключается эффективность разработанного аналитического решения по сравнению с методом конечных элементов?

**К основным результатам** диссертационной работы Третьяковой О.В. обладающим научной новизной, можно отнести следующие:

Построены математические модели работы несущего элемента фундамента припортального участка транспортного тоннеля, реализованного в виде свай с верхним обратным конусом, в грунте с учетом взаимосвязей компонентов природно-технической системы «тоннель мелкого заложения – пучинистый грунт».

Установлена связь конфигурации несущего элемента фундамента с напряженно-деформированным состоянием грунта в процессе его морозного пучения; получены аналитические зависимости для определения угла верхнего обратного конуса сваи, обеспечивающего противодействие морозному выпучиванию и устойчивость вышележащих конструкций.

На основе полученных аналитических зависимостей разработан инженерный метод определения геометрических параметров сваи, как основного элемента фундамента для припортальных участков транспортного тоннеля, в заданных климатических и грунтовых условиях, включающий автоматизированный расчетный модуль.

## **II Значимость полученных автором диссертации результатов заключается в следующем.**

Проведенные автором исследования внесли определенный вклад в научное направление снижения влияния сил морозного пучения за счет изменения конфигурации фундаментов. Следует заметить, что этот вклад представляет собой достаточно завершённые расчетные положения, которые опираются на существующие экспериментальные данные. Положения представлены в аналитическом виде и с использованием языков программирования.

Ценность полученных расчетных положений состоит также в том, что они послужили основой для разработки метода расчета сваи. Авторский метод отличается от предыдущих расчетов таких фундаментов ориентацией на определение требуемых параметров конструкции, а не на проверку заданных; учетом переменности части сваи; учетом положения границы промерзания; возможностью расчетного определения величин, входящих в уравнения, при отсутствии опытных данных; снижением трудоемкости вычислений.

Последнее необходимо для внедрения метода расчета в практику инженерного проектирования и достигается использованием разработанного автоматизированного расчетного модуля (АРМ). Кроме того, АРМ обеспечивает системный подход к решению задачи, учитывающий

многофакторность расчета, и позволяет добавлять новые модули в развитие возможностей вычислений.

На основании перечисленного автоматизированный расчетный модуль принят к использованию в практике проектирования АО «Институт «Стройпроект», АО «Мостострой - 11». Результаты исследования используются в учебном процессе при выполнении магистерских работ по профилю программы магистратуры «Автомобильные дороги и аэродромы», в лекционном курсе дисциплины «Методы решения научно-технических задач в строительстве», в практических курсах «Производственная практика (научно-исследовательская работа)», «Производственная практика (научно-исследовательский семинар)».

Важно отметить, что выдвинутые и обоснованные в работе положения имеют большое практическое и экономическое значение, так как позволяют снизить материалоемкость фундаментов искусственных сооружений, и тем самым уменьшить затраты на проектирование, монтаж и эксплуатацию этих сооружений на территориях с суровым климатом. А северные районы на сегодняшний день являются предметом государственной политики. Это отражено в Постановлении правительства Российской Федерации «О концепции государственной поддержки экономического и социального развития районов севера».

Социальная значимость исследования состоит в обеспечении решений правительства Российской Федерации по развитию транспортной сети в северных районах и освоению этих территорий, на которых проживает ориентировочно всего 8% населения России.

**III Результаты исследований,** приведенные в диссертации Третьяковой О.В., **могут быть использованы** при проектировании искусственных сооружений, в том числе транспортных тоннелей мелкого заложения, мостов, труб, путепроводов, эстакад и т.д., в районах с суровым климатом на территории Российской Федерации и зарубежных стран.

**IV Апробация работы** проведена на 11-ти конференциях с 2015 по 2019 гг. По теме диссертации опубликовано 16 работ, в том числе 7 – в



ведущих научных рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК Минобрнауки России, 2 – в изданиях, индексируемых международной базой данных Scopus. Новизна результатов подтверждена патентом на полезную модель и свидетельством на программу для ЭВМ.

Обобщая высказанные отдельные позиции представленной характеристики диссертационной работы Третьяковой Ольги Викторовны, считаем правомерным следующее заключение:

диссертационное исследование соискателя по теме «Совершенствование методов расчета элементов транспортных тоннелей в условиях морозного пучения грунта», несмотря на выявленные замечания, по глубине, детализации и охвату вопросов, раскрывающих тему диссертации, а также с учетом количества и географии публикаций автора **следует рассматривать как законченное научное исследование**, в котором содержится решение следующих научных теоретических и практических задач:

- снижение влияния морозного пучения грунта на фундамент транспортного тоннеля путем совершенствования расчетных методов определения геометрических параметров его основных элементов;
- выявление связи геометрических параметров фундамента с напряженно-деформированным состоянием грунта в процессе его морозного пучения;
- разработка на этой основе конструкции свай с геометрическими параметрами, обеспечивающими прогнозируемое снижение влияние морозного пучения грунта;
- построение математических моделей работы свай с обратным конусом в пучинистом грунте;
- получение уравнений для определения геометрических параметров свай, обеспечивающих противодействие морозному выпучиванию;

- разработка метода расчета свай как фундамента припортального участка транспортного тоннеля, включающего автоматизированный расчетный модуль

- сопоставление полученных аналитических решений с существующими экспериментальными данными и результатами вычислений методом конечных элементов.

- проведение технико-экономической оценки выдвинутого решения фундамента припортального участка транспортного тоннеля;

- внедрение полученных результатов в практику проектирования и учебный процесс.

Решенные задачи имеют существенное значение для развития соответствующей отрасли знаний. Содержание диссертации и автореферата полностью соответствует паспорту специальности 05.23.11:

В соответствии с областью исследования специальности 05.23.11 область диссертационного исследования Третьяковой О. В. включает совершенствование методов расчета элементов фундаментов транспортных тоннелей мелкого заложения в условиях опасного природного процесса морозного пучения грунта, моделирование работы фундаментов тоннелей на базе комплексного изучения связей и закономерностей, влияющих на надежность и безопасность эксплуатации сооружений в этих условиях.

Полученные соискателем научные результаты соответствуют пунктам 4, 5, 8, 11, 13 паспорта специальности 05.23.11 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей»:

**п. 4** «Проектирование транспортных сооружений, их элементов и объектов транспортной инфраструктуры с учетом системных взаимосвязей между всеми компонентами природно-технических систем на сопряженных уровнях иерархии их пространственной организации (материал – изделие – конструкция – сооружение – комплекс функционально связанных

сооружений – техногенная и природная среда)»;

**п. 5** «Совершенствование методов расчета конструкций, сооружений и их элементов (земляного полотна, пути, оснований, опор, дорожного и аэродромного покрытий, пролетных строений, защитных покрытий, тоннельной обделки, несущих, подпорных и ограждающих конструкций, средств организации движения, водопропускных труб, галерей и т.п.), включая расчеты напряженно-деформированного состояния и водно-теплового режима, грунтовых массивов и бетонных и железобетонных конструкций, гидравлического и ледового режимов акваторий мостовых переходов и других откликов на воздействия статических и динамических потенциальных и массовых сил»;

**п. 8** «Проектирование мероприятий и конструкций по инженерной защите транспортных сооружений от воздействия опасных природных и природно-техногенных процессов (оползни, обвалы, сели, карст, подтопление, лавины, сейсмика, тектоника, абразия, дефляция, криогенные процессы и др.)»;

**п. 11** «Проблемы изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации и реконструкции транспортных сооружений в экстремальных природных условиях (горные районы, мегаполисы, криолитозона, пустыни, таежно-болотистые районы, районы искусственного орошения, зоны трансгрессий и регрессий морей и т.п.)»;

**п. 13** «Совершенствование методов и средств математического и физического моделирования работы конструкций, технологических процессов, организации и оперативного управления строительным производством, режимов эксплуатации и оценки технических и экологических рисков при строительстве, эксплуатации и реконструкции транспортных сооружений, их элементов, объектов и производств».

В своей диссертации Третьякова О.В. ссылается на авторов и источники заимствования материалов, использует результаты научных работ, выполненных ей лично или в соавторстве, и отмечает это обстоятельство.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Третьякова Ольга Викторовна, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.11 – «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» (технические науки).

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и одобрен (единогласно) на заседании кафедры «Мосты и тоннели» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта»  
Протокол №3 от «22» сентября 2020 г.

Сонин Александр Николаевич  
И. о заведующего кафедрой  
«Мосты и тоннели»,  
Канд. техн. наук, доцент



А.Н. Сонин

Курбацкий Евгений Николаевич  
Д.т.н., профессор кафедры  
«Мосты и тоннели»



Е.Н. Курбацкий

Пестрякова Екатерина Алексеевна  
К.т.н., доцент кафедры  
«Мосты и тоннели»



Е.А. Пестрякова

Адрес: 127994, ГСП-4, Москва, ул. Образцова, д.9, стр.9

Телефоны: (495)681-13-40

Email: tu@miit.ru

22 сентября 2020 г.

