

## УТВЕРЖДАЮ

Ректор Воронежского  
государственного университета  
инженерных технологий,  
доктор технических наук, профессор  
Е. Д. Чертов



2017г.

## ОТЗЫВ

### ведущей организации на диссертационную работу

Бунтова Алексея Евгеньевича «Устойчивость монолитных крепей подземных сооружений с учетом пористой структуры материала и сложной реологии сжатого скелета», выполненную в Военном учебно-научном центре военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» и представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.**

### **Актуальность для науки и практики**

В настоящее время актуальными остаются вопросы строительства новых подземных объектов различного назначения, в том числе военного, что связано с выполнением большого объема работ по проведению комплексов горных выработок. При этом непрерывно увеличивается объем подземных сооружений, проходимых на больших глубинах и в сложных горно-геологических условиях (многолетняя мерзлота, высокая сейсмичность, неотектонические явления и т.п.), что отчасти связано с активным освоением арктического пространства. При нарушении условия благоприятного сочетания глубины и прочности материалов, обеспечение устойчивости выработок и их крепей, приобретает черты сложной инженерной и научной

проблемы. В частности это связано с тем, что применение упругого тела в качестве моделей материалов горного массива и крепи не отражает реальную картину процессов проходящих вблизи глубоких выработок. При этом наиболее достоверные результаты исследования устойчивости подземных сооружений получаются с привлечением более сложных моделей сред. Поэтому использование моделей, в которых учитываются такие свойства как пористость, пластичность, вязкость, упрочнение, обнаруживаемые у реальных материалов представляет существенный научный и практический интерес.

В свете вышеизложенного диссертационная работа А.Е. Бунтова, посвященная вопросам устойчивости монолитных крепей подземных сооружений с учетом пористой структуры материала и сложной реологии сжатого скелета, решаемым в рамках точных трехмерных уравнений устойчивости при малых докритических деформациях при принятии известных критериев устойчивости является, безусловно, своевременной и актуальной.

#### **Основные научные результаты диссертационных исследований автора и их значимость**

В работе Бунтова А.Е. в рамках принятой модели среды, описывающей физико-механические свойства тел, имеющих пористую структуру, сжатый скелет которой обладает упруговязкопластическими свойствами и ее частных случаев решен класс трехмерных задач устойчивости монолитных цилиндрических и сферических крепей подземных сооружений. При этом учитывается общее принятое допущение - при исследовании устойчивости системы, для которой наблюдается явление разгрузки, применяется обобщенная концепция продолжающегося нагружения и исследуется соответствующая линеаризованная задача с известными зонами разгрузки, возникшими в докритическом состоянии.

Для решения поставленных задач применены теоретические и численные методы – метод возмущений, метод конечных разностей при



основном допущении – об устойчивости основного состояния судят по линеаризированной задаче.

В рамках принятой модели среды деформирование пористого материала под действием заданных радиальных сжимающих нагрузок разделяется на два взаимосвязанных этапа: упругое деформирование пористой среды и неупругое деформирование полностью сжатой матрицы.

Для рассматриваемых цилиндрических и сферических крепей подземных сооружений диссертантом получены соотношения, определяющие поля напряжений и перемещений на первом этапе деформирования. Определены зависимости нагрузок, при которых начальная пористость материала достигает во всей области крепи нулевого значения. На втором этапе выведены аналитические выражения для нахождения напряженно-деформированных состояний в упругой и пластической зонах деформирования материала крепи с полностью сжатой матрицей, а так же получены уравнения для определения упругопластических границ.

В рамках конечно-разностного метода построены характеристические определители, с помощью которых находились критические нагрузки для пространственных задач устойчивости монолитных крепей вертикальных горных выработок и подземных сферических полостей. Проведены численные эксперименты в рамках разработанных математических моделей отказов монолитных крепей рассмотренных подземных сооружений. Это, бесспорно, является значительным достижением диссертанта.

Несомненный интерес в теоретическом и практическом плане представляют обнаруженные в рассмотренном классе задач эффекты. Так учет пористой структуры материала существенно повлиял на значения критических нагрузок, соответствующих потери устойчивости монолитных крепей рассматриваемых подземных сооружений; наличие в крепи поверхностей раздела зон упругого и пластического деформирования может существенно влиять на устойчивость вертикальных и сферических выработок. Еще раз

подтверждено, что исчерпанию несущей способности крепи предшествует ее потеря устойчивости; с ростом давления горного массива на крепь величина критического давления на внутренней поверхности крепи увеличивается; потеря устойчивости монолитных крепей вертикальной выработки и подземной сферической полости происходит по осесимметричной форме.

Таким образом, диссертант, учитывая достаточно широкий спектр физико-механических характеристик модели упруговязкопластического тела - обнаружил достаточно существенное их влияние на критические параметры. Это весомый результат работы. К достижениям в работе следует также отнести численную реализацию решения характеристических уравнений, как задач многомерной оптимизации.

Новизна исследования заключается: в построении и аналитическом решении математических моделей, описывающие НДС монолитных крепей вертикальных горных выработок и подземных сферических полостей при учете пористой структуры материала и упругопластических или упруговязкопластических свойств полностью сжатой матрицы; разработке метода решения и на его основе решения класса задач устойчивости монолитных цилиндрических и сферических крепей подземных сооружений, численном анализе задач и обнаружении отдельных эффектов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертации А.Е. Бунтова соответствует общепринятой в рамках специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела. Их достоверность, помимо теоретического анализа, подтверждается результатами математического моделирования, а также апробированностью используемых моделей механики сплошных сред.

Диссертационная работа объемом 201 страница состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 277 наименований. Диссертация Бунтова А.Е. четко структурирована, характеризуется научной строгостью, четкостью и последовательностью изложения материала. Текст диссертации

хорошо иллюстрирован графиками и таблицами в соответствии с современными требованиями. Основные научные результаты диссертации соискателя опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, внесенных в Перечень журналов и изданий, утвержденных Высшей аттестационной комиссией.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов**

Полученные результаты могут быть использованы при выборе расчетных схем, необходимых при возведении монолитных крепей подземных сооружений, при оптимальном выборе толщины крепежных конструкций, а также для исследования напряженно-деформированного состояния цилиндрических и сферических монолитных крепей подземных сооружений.

### **По работе имеются следующие замечания:**

1. При определении напряженно-деформированных состояний монолитных крепей на этапе неупругого деформирования материала с полностью сжатой матрицей исследуется лишь один случай, когда внешние сжимающие нагрузки таковы, что образовавшиеся пластические области полностью охватывают внутренние контуры крепи. При этом условия реализации такого варианта нагружения не сформулированы.
2. В работе не приводится анализ сходимости полученных приближенных разностных решений соответствующих краевых задач.
3. Мало внимания уделено качественной оценке полученных критических контактных давлений в сравнении с экспериментальными данными.

Указанные замечания не носят принципиального значения и не в коей мере не снижают общего высокого научного уровня представленной диссертационной работы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

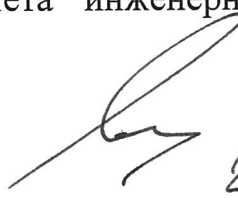


Представленная к защите диссертационная работа при обобщении вышесказанного, с учетом новизны, теоретической и практической значимости выполненных исследований и их достоверности, соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, рекомендуется к защите на заседании диссертационного совета Д 212.243.10 при ФГБОУ высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского». Ее автор Бунтов Алексей Евгеньевич достоин присуждения ему искомой степени по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Отзыв на диссертационную работу А.Е. Бунтова «Устойчивость монолитных крепей подземных сооружений с учетом пористой структуры материала и сложной реологии сжатого скелета» заслушан и одобрен на заседании кафедры высшей математики 20 апреля 2017 года, протокол № 10.

Заведующий кафедрой высшей математики Воронежского государственного университета инженерных технологий д.ф.-м.н. (спец. 01.04.07),

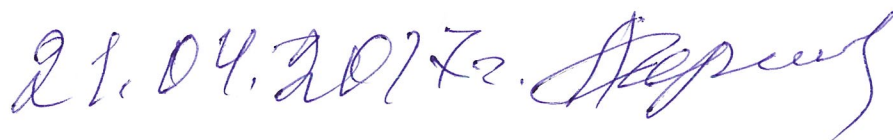
профессор



21.04.17

Д.С. Сайко

профессор кафедры высшей математики Воронежского государственного университета инженерных технологий д.ф.-м.н. (спец. 01.02.04)



А.Д.Чернышов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»  
Подпись т. Сайко Д.С., Чернышов А.Д.  
21.04.2017 ЗАВЕРЯЮ  
Начальник управления кадров Я.И.Иванова

