

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.054.02 НА БАЗЕ
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт
гидродинамики им. М.А.Лаврентьева Сибирского отделения Российской ака-
демии наук ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 01.12.2014г. № 7

О присуждении Лаврикову Сергею Владимировичу, гражданину РФ,
учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Математическое моделирование процессов упругопла-
стического деформирования структурно-неоднородных геоматериалов» по
специальности 01.02.04. – «Механика деформируемого твёрдого тела» при-
нята к защите 30 июня 2014 г., протокол № 6 диссертационным советом
Д003.054.02 на базе Федерального государственного бюджетного учрежде-
ния науки Институт гидродинамики им. М.А.Лаврентьева Сибирского отде-
ления Российской академии наук, 630090, г. Новосибирск, проспект академи-
ка Лаврентьева, 15, приказ о создании диссертационного совета от 11.04.2012
№ 105/нк.

Соискатель Лавриков Сергей Владимирович, 1964 года рождения. Дис-
сертацию на соискание учёной степени кандидата физико-математических
наук «Исследование несущей способности упругопластических материалов
со структурой» защитил в 1995 году, в диссертационном совете, созданном
на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ин-
ститут гидродинамики им. М.А.Лаврентьева Сибирского отделения Россий-
ской академии наук, работает старшим научным сотрудником в Федеральном
государственном бюджетном учреждении науки Институт горного дела им.
Н.А.Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории «Механики деформируемого
твёрдого тела и сыпучих сред» Федерального государственного бюджетного

учреждении науки Институт горного дела им. Н.А.Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, профессор Ревуженко Александр Филиппович, заведующий лабораторией «Механики деформируемого твёрдого тела и сыпучих сред» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт горного дела им. Н.А.Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Киселёв Сергей Петрович, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории № 6 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А.Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук;

2. Макаров Павел Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры «Теории прочности и проектирования» Национального исследовательского Томского государственного университета;

3. Садовский Владимир Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер Российской академии наук, г. Москва, в своём положительном заключении, подписанном Б.А. Ивановым, доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории «Деформационных процессов в земной коре» и Г.Г. Кочаряном, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим лабораторией «Деформационных процессов в земной коре», указала, что автором диссертационной работы решена крупная научная задача по разработке новых математических моделей для структурно-неоднородной горной породы с учётом проскальзывания по границам зёрен скелета. Этот же подход применён для рас-

смотрения сыпучей среды. Построенные автором локальные модели доведены до включения в математические алгоритмы численного решения краевых задач о квазистатическом нагружении, что позволило автору решить методами компьютерного моделирования ряд интересных научных и прикладных задач об устойчивости подземных выработок и течении сыпучих сред. Совокупность результатов, изложенных в диссертации, можно квалифицировать, как серьёзное научное достижение.

Соискатель имеет 60 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 59 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях 25 работ. В этих работах отражены все основные результаты диссертации и положения, выносимые на защиту. Все результаты получены автором лично, либо при его непосредственном участии.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Лавриков С.В. Об устойчивости деформирования блочного массива вокруг выработки / А.Ф.Ревуженко // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1991. – № 1. – с. 37-43.

2. Лавриков С.В. О модели деформирования целиков с учётом эффектов аккумуляции энергии и разупрочнения материала / А.Ф.Ревуженко // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1994. – № 6. – с. 12-23.

3. Lavrikov S.V. Complex loading of heterogeneous materials with redistribution of internal mass / A.Ph.Revuzhenko // Theoretical and Applied Fracture Mechanics. – 1998. – v. 29. – p. 85-91.

4. Лавриков С.В. К расчёту дифференциального вращения жёсткого ядра при сложном нагружении гипопластических сред // Прикладная механика и техническая физика. – 2002. – т. 43. – № 6. – с. 75-83.

5. Лавриков С.В. О возможном способе повышения несущей способности горного массива вокруг выработки // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2003. – № 5. – с. 30-38.

6. Лавриков С.В. Структурно-неоднородный горный массив как среда с внутренними источниками и стоками энергии / А.Ф.Ревуженко // Физическая мезомеханика. – 2004. – т. 7. – спец. выпуск – ч. 2. – с. 261-264.

7. Лавриков С.В. Концепция неархимедового многомасштабного пространства и модели пластических сред со структурой / О.А.Микенина, А.Ф.Ревуженко, Е.И.Шемякин // Физическая мезомеханика. – 2008. – т. 11. – № 3. – с. 45-60.

8. Лавриков С.В. О расчете напряжённо-деформированного состояния разупрочняющегося блочного массива вблизи выработки // Физическая мезомеханика. – 2010. – т. 13. – № 4. – с. 53-63.

9. Лавриков С.В. К расчету течения геоматериалов в сходящихся каналах с учётом внутреннего трения и дилатансии // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2010. – № 5 – с. 17-27.

10. Lavrikov S.V. A non-Archimedean number system to characterize the structurally inhomogeneous rock behavior nearby a tunnel / О.А.Микенина, А.Ф.Ревуженко // J. Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2011. – 3 (2). – p. 153-160.

11. Лавриков С.В. О деформировании анизотропного горного массива в окрестности горизонтальной протяжённой выработки / Д.Колимбас, А.Ф.Ревуженко // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2012. – № 6 – с. 3-18.

12. Lavrikov S.V. Numerical modeling of deformation processes in rock pillars / V.V.Aksenov, A.F.Revuzhenko // J. Applied Mechanics and Materials. – vol. 682 (2014). – pp. 202-205.

На диссертацию и автореферат поступило 13 отзывов: от д.т.н. В.В.Аксёнова, заведующего лабораторией угольной геотехники Института угля СО РАН; от д.т.н., профессора А.А.Баряха и к.т.н. Н.А.Самоделкиной, директора и ведущего научного сотрудника Горного института УрО РАН; от д.т.н., профессора Ю.Векслера, руководителя проекта геомеханики фирмы по системной разработке и анализу «Marco» (Германия); от д.ф.-м.н. Ю.М.Григорьева, заведующего кафедрой теоретической физики Северо-

восточного федерального университета им. М.К.Аммосова; от чл.-корр. РАН М.А.Гузева, директора Института прикладной математики ДВО РАН; от д.ф.-м.н., профессора А.К.Егорова, заведующего лабораторией устойчивости деформируемых систем Института механики и машиноведения им. академика У.А.Джолдасбекова (Казахстан); от д.т.н. А.Г.Кирдяшкина, главного научного сотрудника лаборатории физического и химического моделирования геологических процессов Института геологии и минералогии им. В.С.Соболева СО РАН; от д.ф.-м.н., профессора В.А.Скрипняка, заведующего кафедрой механики деформируемого твёрдого тела Национального исследовательского Томского государственного университета; от д.ф.-м.н., профессора А.Н.Спорыхина и д.ф.-м.н. Д.В.Гоцева, профессоров кафедры теоретической и прикладной механики Воронежского государственного университета; от д.т.н. С.В.Сукнёва и к.т.н. В.И.Слепцова, заведующего и старшего научного сотрудника лаборатории механики геоматериалов Института горного дела Севера им. Н.В.Черского СО РАН; от академика РАН В.М.Фомина и к.ф.-м.н. А.В.Болеста, директора и старшего научного сотрудника Института теоретической и прикладной механики им. С.А.Христиановича СО РАН; от д.ф.-м.н., профессора Г.Г.Черных, главного научного сотрудника лаборатории математического моделирования Института вычислительных технологий СО РАН; от д.ф.-м.н. профессора А.И.Шашкина и д.ф.-м.н., профессора А.В.Ковалёва, заведующего кафедрой математического и прикладного анализа и заведующего кафедрой теоретической и прикладной механики Воронежского государственного университета.

Все отзывы положительные, в них отмечается актуальность диссертационного исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов. В отзывах содержатся следующие критические замечания.

1. В 1996 году в журнале Nature опубликована статья (X.Song, P.Richards), где приведено сейсмологическое доказательство существования явления дифференциального вращения твёрдого ядра Земли с восточным дрейфом и проведена оценка величины этой угловой скорости. С этого

момента опубликовано множество работ, в том числе посвященные математическому моделированию явления, уточнению оценки величины скорости дифференциального вращения ядра Земли и др., есть и дискуссионные работы. В автореферате и в диссертации не упомянуты работы в этом направлении. Из материалов автореферата и диссертации неясно, если результаты математического моделирования трактовать как моделирование переноса масс Земли приливным деформированием, то какое направление дрейфа ядра получится – восточное или западное. В работах автора отзыва математическим моделированием показано, что приливное деформирование Земли приводит к дифференциальному вращению ядра Земли с восточным дрейфом, что согласуется с результатами большинства опубликованных работ.

2. Стохастическая модель сыпучей среды, рассмотренная в главе 4, не позволяет оценить давление в среде, скорости движения и, следовательно, трение на границах канала.

3. Не указан способ технической реализации спиралевидной разгрузочной щели, с помощью которой опасная концентрация давления отодвигается от контура выработки вглубь массива.

4. К спорным моментам рецензируемого автореферата можно отнести правомерность «гибридного» описания процессов деформирования структурно-неоднородных геоматериалов и сыпучих сред, которое, как следует из автореферата, предполагает использование закона Гука (1.3) и соотношений Коши (1.2), применимых в случае малых деформаций.

5. При численных расчётах на основе определяющих соотношений (1.1) – (1.3) автор ограничился исследованием только тех случаев, когда тип системы является эллиптическим. Исключение из рассмотрения случаев, приводящих к системе гиперболического типа, автором никак не обосновывается.

6. На рис. 4.4. неясно, что означают светлые и тёмные зоны, и почему в начальный момент они имеют такую форму.

7. На стр. 31 говорится о хорошем качественном и количественном

приближении результатов численного моделирования с данными лабораторных экспериментов. Однако самого сопоставления результатов расчётов с экспериментальными данными, по которому можно было бы судить об этом, не приводится.

8. В описании на стр. 20 алгоритмического приёма, который призван позволить, оставаясь в рамках квазистатической постановки задачи, построить численное решение с учётом динамических скачков разупрочнения, сказано, что величина межзёрненного сдвига при этом получает суммарное приращение, равное тому, которое имело бы место при динамическом перескоке. Данное утверждение требует дополнительных доказательств, так как при таком рассмотрении совершенно не учитываются инерциальные члены динамических уравнений движения среды.

9. В автореферате отсутствует обоснование того факта, что задача о начальной стадии гравитационного течения сыпучей среды в сходящемся симметричном радиальном канале может быть решена в двумерной (в отличие от трёхмерной) постановке.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается авторитетностью и компетентностью официальных оппонентов и широкой известностью достижений ведущей организации в области наук, по которой выполнена диссертация.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработаны новые математические модели, описывающие поведение структурно-неоднородных геоматериалов с учётом внутреннего трения, дилатансии, анизотропии, пластических сдвигов, аккумуляции энергии, разупрочнения;
- созданы на основе разработанных моделей численные алгоритмы и компьютерные программы по решению краевых задач геомеханики;
- проведено численное моделирование различных режимов деформирования целиков, массива в окрестности выработок, гравитационного течения

сыпучих сред в сходящемся канале, направленного переноса масс при сложном нагружении гранулированных сред;

- развит подход к анализу процессов деформирования блочных геосред и разработаны оригинальные постановки задач и приближённые методы расчёта напряжённо-деформированного состояния блочного массива в окрестности выработки и локализованного течения сыпучих сред в сходящихся каналах;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что

- на основе концепции горной породы как активной среды с внутренними источниками и стоками энергии созданы новые математические модели геоматериалов с учётом внутреннего трения, дилатансии, анизотропии, пластических сдвигов, аккумулялирования энергии, разупрочнения;

- разработаны численные алгоритмы и компьютерные программы, позволяющие моделировать различные режимы деформирования и устойчивости в геоматериалах, включая катастрофические режимы потери устойчивости;

- осуществлено моделирование неустойчивого развития узких протяжённых по пространству полос потери сдвиговой прочности, приводящие к локализации деформаций и разрушению среды;

- показано, что приближённый подход к анализу деформирования блочного массива приводит к оценкам, которые в пределе при уменьшении размеров блоков совпадают с точными решениями континуальных задач геомеханики;

- осуществлено моделирование эффекта направленного переноса масс при сложном нагружении гипопластических сред.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- определены пределы значений параметров разупрочнения и упругих свойств массива горных пород, при которых осуществляются устойчивый и неустойчивый режимы деформирования;

- разработаны оригинальные приближённые постановки, позволяющие получать инженерные оценки напряжённо-деформированного состояния и устойчивости при деформировании блочных геосред;

- установлено, что создание разгрузочных щелей специальной спиральной конфигурации позволяет отодвинуть зону повышенного давления от контура выработки вглубь массива, что приводит к повышению общей несущей способности в среднем в 2-3 раза;

- предложена методика проверки математических моделей геосред, позволяющая оценить степень их адекватности и диапазон применимости для решения краевых задач геомеханики при различных путях нагружения;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- математические модели построены на основе гипотез о микродеформировании структурно-неоднородных геоматериалов и подтверждены экспериментальными данными;

- в работе использованы апробированные аналитические и численные методы исследования, проведены тестовые расчёты;

- результаты численного моделирования воспроизводимы при различных значениях параметров;

- установлено удовлетворительное совпадение результатов моделирования с экспериментальными данными, с известными решениями, с результатами, полученными другими авторами, в том числе с использованием других методов.

Личный вклад соискателя состоит в:

- постановке и реализации целей и задач данного исследования;

- разработке математических моделей для структурно-неоднородной горной породы и сыпучей среды;

- создании на основе разработанных моделей численных алгоритмов и компьютерных программ;

- проведении численных расчётов, анализе и интерпретации полученных результатов;

– непосредственном участии в разработке приближённых постановок и решении геомеханических задач, в разработке методики анализа математических моделей геоматериалов;

– подготовке публикаций по выполненной работе.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования и взаимосвязью выводов.

На заседании 01.12.2014 диссертационный совет принял решение присудить Лаврикову С.В. учёную степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 18, против присуждения учёной степени – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета,
академик РАН

Аннин Б.Д.

Учёный секретарь

диссертационного совета,
д.ф.-м.н.

Кургузов В.Д.

Дата оформления заключения: 03 декабря 2014 г.

Печать организации.