

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по инновационной  
деятельности ЮРГПУ(НПИ),  
доктор технических наук,  
доцент

Олег Александрович Кравченко



*Кравченко*

04

20 18 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»

Диссертация «Геомеханическое обоснование безопасной технологии подземной добычи угля в неустойчивых вмещающих породах» выполнена на кафедре «Технология и комплексы горных, строительных и металлургических производств» Шахтинского института (филиала) ЮРГПУ(НПИ) им. М.И. Платова.

В период подготовки диссертации соискатель Смирнов Андрей Викторович работал в ООО «ДТЭК Энерго» (Украина) в должности директора по добыче угля (с 2011 г. по 2016 г.); в АО «Шахтоуправление «Обуховская» (г. Зверево Ростовской области) в должности советника генерального директора по стратегическим вопросам, в ООО «Донтранс» (г. Шахты Ростовской области) в должности заместителя генерального директора по общим вопросам (с 2016 г. по настоящее время); по совместительству — в Шахтинском институте (филиале) ЮРГПУ(НПИ) им. М.И. Платова в должности доцента кафедры «Технология и комплексы горных, строительных и металлургических производств» (с 2016 г. по настоящее время).

В 1989 г. окончил Донецкий политехнический институт по специальности маркшейдерское дело.

Диссертацию на соискание учёной степени кандидата политических наук «Индустриальные отношения в развитых демократиях: базовые концепции и подходы» защитил в 2005 году в диссертационном совете, созданном на базе Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена.

Научный консультант – Захаров Валерий Николаевич, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, профессор, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

#### 1. Цель и актуальность работы

Целью диссертационной работы является геомеханическое обоснование безопасной технологии подземной добычи угля на основе

закономерностей деформирования сложно-структурного породного массива в окрестности капитальных и подготовительных выработок.

Актуальность диссертационных исследований определяется соответствием одному из Приоритетных направлений развития науки, технологий и техники РФ «Рациональное природопользование», относится к критической технологии РФ «Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи» и связана с установлением закономерностей проявления напряженно-деформированного состояния сложно-структурного породного массива, ослабленного развивающейся во времени и пространстве системой подземных горных выработок, положенных в основу новых геомеханических моделей, и последующей разработкой инновационных конструктивных решений и рекомендаций, обеспечивающих экономичную и безопасную работу горного предприятия, имеющих важное народно-хозяйственное значение для горнодобывающей отрасли в целом.

Диссертационная работа выполнялась в соответствии с научным направлением ЮРГПУ(НПИ) «Ресурсосберегающие, экологически чистые и безопасные технологии поиска, разведки и добычи полезных ископаемых» и госбюджетной темой П 3-889 «Технология и комплексная механизация процессов горного производства», выполняемой на кафедре «Технология и комплексы горных, строительных и металлургических производств» Шахтинского института (филиала) ЮРГПУ(НПИ) им. М.И. Платова.

## **2. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации**

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном выполнении всех этапов проведенных исследований: постановке задач, проведении расчетов и экспериментов, обработке и интерпретации экспериментальных данных, получении основных научных результатов, разработке основных теоретических положений и физических моделей, апробации и внедрении результатов исследования, подготовке публикаций по выполненной работе.

При выполнении диссертационных исследований Смирновым А.В. лично получены следующие научные результаты:

– установлена физическая картина напряженно-деформированного состояния приконтурного массива с образованием трех характерных зон, что позволило разработать усовершенствованную геомеханическую модель деформирования приконтурного массива;

– установлены закономерности изменения величин вертикальной и горизонтальной конвергенции горных пород бортового штрека в геомеханической системе «лава-парные выработки» в условиях неустойчивых вмещающих пород в зависимости от расстояния до лавы на момент замера независимо от вида применяемой крепи, что привело к обоснованию конструктивных и технологических параметров конструкции комбинированной крепи АСН+А;

– установлены зависимости коэффициента разрыхления пород в приконтурной области протяженной выработки от числа операций по устранению области пучения почвы, позволяющие вести прогноз объемов ремонтных работ;

– произведена оценка соотношения между величинами вертикальной и горизонтальной конвергенции пород, а также характере этих деформационных процессов, первый из которых формируется в основном за счет пучения почвы, а второй сопровождается значительным растрескиванием массива и вывалами породы, что позволило разработать нормативные документы применения анкерной крепи;

– разработаны геомеханические модели деформирования массива неустойчивых горных пород, описывающие вспучивание пород почвы, а также процесс их деструкции, которая сопровождается развитием трещин в боках и кровле выработки с образованием свода естественного равновесия, что позволило оптимизировать затраты на сооружение и эксплуатацию выработки.

### **3. Степень достоверности результатов проведённых исследований**

Достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается корректной постановкой задач исследований, применением апробированных методов их решения, удовлетворительным совпадением результатов натурных измерений и аналитических расчётов (расхождение не превышает 15%), обширным внедрением полученных результатов в практику строительства выработок.

**4. Новизна результатов проведённых исследований** состоит в следующем.

1. Впервые получены закономерности деформирования во времени приконтурного массива слабых пород, вмещающего протяжённые выработки угольных шахт, как в зоне, так и вне зоны влияния очистных работ, что позволило на этой основе разработать новые геомеханические модели для последующего их численного анализа;

2. Усовершенствована численная геомеханическая модель развития деформаций в окрестности протяжённых выработок, отличающаяся от аналогов учетом особенностей изменения во времени физико-механических свойств неустойчивых пород, что позволило объяснить возникновение системы кольцевых трещин и вывалов в кровле, приводящих к формированию аномальных значений нагрузки на крепь с последующим её разрушением;

3. Установлено, что для условий неустойчивых вмещающих пород шахт коэффициент разрыхления пород в приконтурной области протяжённой выработки линейно зависит от числа операций по устранению области пучения пород почвы;

4. Численная геомеханическая модель взаимодействия комбинированной крепи типа АСН+А с приконтурным породным массивом, отличающаяся применением последовательного возведения во времени и пространстве её элементов, что позволило обосновать конструктивные и технологические параметры;

5. Численная геомеханическая модель «лава-парные выработки» с детальным рассмотрением особенностей формирования напряжённо-деформированного состояния анкерных болтов первого и второго уровней, позволившая обосновать параметры крепи подготовительных выработок и необходимую жёсткость крепи сопряжения.

**5. Практическая значимость** диссертационной работы состоит в том, что:

- усовершенствована конструкция крепи демонтажных камер при струговой отработке угольных пластов путём инсталляции в породы кровли «зонтичных» элементов;

- разработаны нормативные документы, позволившие обеспечить широкое внедрение анкерной и рамно-анкерной крепи на угольных шахтах;

- разработана экономико-математическая модель, позволяющая оптимизировать затраты на сооружение и эксплуатацию протяжённой капитальной выработки с комбинированной крепью типа АСН+А;

- разработаны и обоснованы конструктивные и технологические параметры конструкции комбинированной крепи типа АНС+А, обеспечивающей возможность управления устойчивостью капитальных выработок, сооружаемых в особо тяжёлых горно-геологических условиях, ожидаемый экономический эффект при внедрении которой составляет 16,02 тыс. руб./п.м. (227 USD /п.м.) в ценах по состоянию на 01.01.2017 года;

- обоснованы параметры крепи сопряжений лавы и конвейерных штреков при отработке угольных пластов струговыми комплексами с применением парных выработок.

Результаты диссертационной работы внедрены в практику расчётов анкерной и рамно-анкерной крепи техническими службами шахт компании «ДТЭК».

Рекомендации по выбору параметров технологии проведения парных выработок при струговой технологии отработки угольных пластов и рекомендации по применению и технологическим параметрам многослойных комбинированных крепей с заполнением закрепного пространства твердеющими составами внедрены на шахтах ПАО «ДТЭК Павлоградуголь».

Методика численного моделирования параметров и технологии сооружения комбинированной крепи типа АСН+А (арка – сетка – набрызг-бетон + анкер) принята к использованию в ПАО «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ».

Положения диссертации нашли отражение при разработке Стандартов отраслевых (Украина):

- Инструкция по проектированию комбинированной рамно-анкерной крепи горных выработок. Общие технические требования.

- Система обеспечения надежного и безопасного функционирования горных выработок с анкерной крепью. Общие технические требования.

Результаты исследований используются при чтении лекций в процессе повышения квалификации инженерных кадров шахт в Академии ДТЭК и при организации проведения учебного процесса в Южно-Российском государственном политехническом университете (НПИ) имени М.И. Платова.

Дальнейшее широкое внедрение полученных в диссертации результатов, в частности усовершенствованных видов крепи позволит существенно снизить себестоимость добываемого угля, что имеет важное хозяйственное и социальное значение для интенсификации производства и повышения безопасности горных работ в угольной промышленности.

## **6. Ценность научных работ соискателя.**

Ценность научных работ соискателя заключается в разработке научных методов повышения эффективности и безопасности отработки маломощных угольных пластов на больших глубинах в сложных горнотехнических условиях.

## **7. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем**

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 44 научных работах (общим объёмом 53,94 п.л., вклад соискателя 37,83 п.л.), из них: работ, опубликованных в рецензируемых научных журналах (из перечней ВАК) – 17; в том числе в изданиях, включенных в наукометрические базы данных Scopus и Web of Science – 2.

Основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены

- в работах, опубликованных в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Солодянкин А.В., Мартовицкий А.В., **Смирнов А.В.** Оценка геомеханических условий и состояния протяженных горных выработок шахт ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №2, ч. 2. Режим доступа: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2933>

2. **Смирнов А.В.** Напряженно-деформированное состояние породного массива в окрестности выработки с комбинированной крепью // Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 6. – 2015. – С. 116-120.

3. **Смирнов А.В.**, Король А.Ю. Численное моделирование процесса вспучивания пород почвы в выработках угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 7. – С. 298-305.

4. **Смирнов А.В.** Особенности напряженно-деформированного состояния породного массива в окрестности системы «лава-парные штреки» // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 8. – С. 37-45.

5. Солодянкин А.В., Мартовицкий А.В., **Смирнов А.В.** Обоснование эффективных решений по поддержанию протяженных выработок на шахтах ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» на основе оценки геомеханических условий // Науковедение. – 2015. – Том 7, № 2. – 14 с. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/13TVN315.pdf>

6. **Смирнов А.В.** Исследования геомеханических процессов в приконтурном массиве горных выработок // Научное обозрение. – 2015. – № 15. – С. 143-152.

7. **Смирнов А.В.** Обобщение натуральных исследований процесса деформирования породного массива в окрестности протяженных выработок // Известия вузов. Горный журнал. – 2015. – № 5. – С. 75-80.

8. **Смирнов А.В.** Оценка условий разработки и состояния протяженных выработок шахт ООО «ДТЭК ЭНЕРГО» // Устойчивое развитие горных территорий. – 2015. – № 2 (24) – С. 5-11.

9. **Смирнов А.В.** Геомеханическая модель развития деформационных процессов в забое одиночной горизонтальной выработки // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2015. – Вып. 7. Ч.1. – С. 206-213.

10. **Смирнов А.В., Григорьев А.Е.** Экономическая оценка применения систем комбинированной крепи капитальных выработок угольных шахт // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2015. – № 21 (218). – Вып. 33. С. 132-136.

11. Шашенко А.Н., Хозяйкина Н.В., **Смирнов А.В.** Обоснование необходимой ширины охранного устройства при повторном использовании подготовительных выработок в угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: – 2017. - № 6. – С. 235-243. (Научометрическая база РИНЦ)

12. Шашенко А.Н., Хозяйкина Н.В., **Смирнов А.В.** Геомеханическая и экономическая оценка ширины охранного устройства при повторном использовании подготовительных выработок в угольных шахтах // Научно-технический журнал Безопасность труда в промышленности. М.: – 2017. - № 8. – С. 16-20.

13. **Смирнов А.В.,** Захаров В.Н., Харченко А.В. Геомеханическая модель процесса вспучивания пород почвы в выработках угольных шахт // Горный журнал – 2017. - № 11. – С. 33-36.

14. Шашенко А.Н., **Смирнов А.В.,** Хозяйкина Н.В. Оценка начального поля напряжений при проектировании подземных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 12. – С. 37-49. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-12-0-37-49. (Научометрическая база РИНЦ)

15. **Смирнов А.В.,** Дубовик А.И. Натурные измерения в откаточных штреках ГП «Угольная компания «Краснолиманская» // Маркшейдерский вестник – 2017. – № 6 (121). – С. 55-57.;

- в работах, опубликованных в рецензируемых научных журналах, входящих в международные базы данных:

16. G. Pivnyak, R. Dychkovskiy, **A. Smirnov** & Yu. Cherednichenko Some aspects of the software simulation implementation in thin coal seams mining / Proceedings of the international forum on energy efficiency, Dnipropetrovs'k, Ukraine, October 2013 // Balkema. Taylor & Francis Group, London, UK. – 2013 – P. 1-10. <https://doi.org/10.1201/b16355-2> (индексировано в Scopus);

17. **Смирнов А.В.,** Аверин А.П. Обеспечение устойчивости подготовительных выработок в сложных горно-геологических условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 12. – С. 28-36. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-12-0-28-36. (индексировано в Scopus);

Научные результаты диссертации отражены также в следующих научных изданиях:

18. Сдвижкова Е.А., Бабец Д.В., **Смирнов А.В.,** Чередниченко Ю.Я. Обобщение результатов моделирования геомеханических процессов в породном массиве при монтаже и демонтаже струговых лав в условиях шахт Западного Донбасса с целью разработки типовых материалов проектирования монтажных и демонтажных камер // Форум гірників: Матеріали міжнар. конф., 2-5 жовт. 2013 р. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – Т. 2. – С. 257-264.

19. Шашенко А.Н, Сдвижкова Е.А., Смирнов А.В. Геомеханическое сопровождение горных работ в угольных шахтах // Горный журнала Казахстана. – 2014. – № 7. – С. 14-17.

20. Шашенко А.Н. Солодянкин А.В., Смирнов А.В. Обеспечение устойчивости протяженных выработок на больших глубинах // Горный вестник Узбекистана. – 2014. – № 3 (58). – С. 69-73.

21. Пивняк Г.Г. Геомеханика струговой лавы: [монография] / Г.Г. Пивняк, А.Н. Шашенко, Е.А. Сдвижкова, А.В. Смирнов, А.В. Мартовицкий, Н.С. Ерёмин. – Днепропетровск: ООО «ЛизуновПресс», 2013. – 320 с.

22. Шашенко А.Н. Пучение пород почвы в выработках угольных шахт: [монография] / А.Н. Шашенко, А.В. Солодянкин, А.В. Смирнов – Днепропетровск: ООО «Лизунов-Пресс», 2015. – 256 с.

Результаты диссертационных исследований докладывались на международных научных конференциях и конгрессах, в том числе на «Неделе горняка-2014» (Россия, Москва, январь 2014 г.); 23-м Всемирном горном конгрессе (Монреаль, Квебек, Канада, 11-15 августа, 2013 г.); на международной конференции «Форум горняков – 2014» Геомеханика и геотехника (г. Днепропетровск, Украина, 1-4 октября); на III-й Международной научно-практической конференции «Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке» (г. Санкт-Петербург, Россия, 20-21 октября, 2016 г.).

Личный вклад соискателя в опубликованных в соавторстве работах состоит: в анализе применяемых программных продуктов, адекватности результатов вычислений на их основе [1]; сборе и обработке исходных данных о состоянии протяженных выработок, статистической обработке результатов измерений [2]; разработке и обосновании геомеханической модели, численных экспериментов, анализе результатов моделирования [4]; сборе технических решений по обеспечению устойчивости протяжённых выработок, анализе соответствующих горно-геологических условий, выводы [6]; разработке экономико-математической модели, вычислительных экспериментах, анализе полученных результатов [11]; сборе и обработке натуральных измерений, вычислительных экспериментах, проверке решений на адекватность геомеханических моделей [12]; оценке геомеханических моделей, выборе наиболее соответствующих условиям шахтных экспериментов, анализе результатов, выводы [13]; анализе результатов исследований в области пучения пород почвы в горных выработках, обоснованию геомеханической модели, численные эксперименты, выводы [14]; обзоре информационных материалов в области обеспечения устойчивости подготовительных выработок, разработке технических рекомендаций [15]; обзоре информации в области оценки начального поля напряжений, ее анализе, формулировке, выводы [16]; организации натуральных измерений в протяженных выработках, обработке результатов измерений, выводы и рекомендации [17]; обобщении результатов натуральных измерений и численного моделирования в демонстрационной камере струговой лавы [21]; обработке статистического материала, касающегося измерений конвергенции в выработках с пучащей почвой, обзоре источников информации в

этой области, выводы и рекомендации [22]; разработке геомеханических моделей, выполнении численных экспериментов, подготовке материалов для типового проектирования монтажных и демонтажных камер [18]; разработке методики выполнения геомеханических исследований в породных выработках [19]; анализе способов обеспечения и разработке рекомендаций в отношении обеспечения устойчивости выработок глубоких шахт [20]; разработке численных геомеханических моделей комбинированных систем крепи, выполнении численных экспериментов, выводах и рекомендациях [22].

## **8. Научная специальность и отрасль науки, которым соответствует диссертация**

Диссертационная работа Смирнова Андрея Викторовича «Геомеханическое обоснование безопасной технологии подземной добычи угля в неустойчивых вмещающих породах» соответствует паспорту научной специальности 25.00.20 — Геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика:

- формуле паспорта специальности, так как в диссертации рассматриваются вопросы свойств горных пород и грунтов, строение, состояние и их трансформация в результате воздействия механических и физико-химических полей, с целью разработки методов практического использования полученных закономерностей для создания новых и совершенствования существующих способов освоения недр Земли;

- областям исследования паспорта специальности, в частности:

пункту 1 «Напряженно-деформированное состояние массивов горных пород и грунтов в естественных условиях и его изменение во времени, в том числе в связи с проведением горных выработок, строительством сооружений, газовых и нефтяных скважин, эксплуатацией месторождений»;

пункту 2 «Геомеханическое обеспечение открытой и подземной добычи полезных ископаемых, разработка методов управления горным давлением, удароопасностью, сдвижением горных пород, устойчивостью бортов карьеров»;

пункту 4 «Разработка теорий, способов, математических моделей и средств управления состоянием и поведением массивов горных пород и грунтов с целью обеспечения устойчивости горных выработок, подземных и наземных сооружений, предотвращения проявлений опасных горно-геологических явлений»;

пункту 5 «Разработка научных и методических основ количественного прогнозирования геомеханических процессов в массивах горных пород и грунтов, в том числе антропогенных, служащих основанием, средой и материалом различных сооружений» отрасли науки.

## **9. Выводы:**

Диссертация «Геомеханическое обоснование безопасной технологии подземной добычи угля в неустойчивых вмещающих породах» оформлена в соответствии с пунктом 30 Положения о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук и с ГОСТом Р 7.0.11-2011.

Диссертация соответствует критериям Положения о присуждении



учёных степеней к докторским диссертациям, в том числе:

– п.9, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема, заключающаяся в формировании научных основ теории устойчивости горных выработок на шахтах с маломощными угольными пластами на больших глубинах в сложных геотехнических условиях для повышения интенсивности и безопасности их отработки, что имеет важное социально-экономическое значение.

– п.14, соискатель ученой степени в диссертации ссылается на авторов и источники заимствования материалов или отдельных результатов, а при использовании в диссертации результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени лично или в соавторстве, соискатель отмечает в тексте диссертации эти обстоятельства.

Диссертация «Геомеханическое обоснование безопасной технологии подземной добычи угля в неустойчивых вмещающих породах» Смирнова Андрея Викторовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры технологии и комплексов горных, строительных и металлургических производств.

Присутствовали на заседании 23 чел., в том числе - 7 докторов наук. Результаты голосования: «за» - 22<sup>1</sup> чел., «против» - нет, «воздержались» - нет, протокол № 20 от «29» марта 2018 г.

Председательствующий  
на расширенном заседании кафедры  
«Технология и комплексы горных, строительных  
и металлургических производств»  
доктор технических наук, профессор,



Валерий Александрович  
Ткачев

Заведующий кафедрой «Технология  
и комплексы горных, строительных  
и металлургических производств»,  
кандидат технических наук, доцент



Владимир Геннадьевич  
Черных

Подписи В.А. Ткачева, В.Г. Черных заверяю

Начальник управления  
персоналом ЮРГПУ(НПИ)



Г.Г. Иванченко



1 Доцент кафедры «Технология и комплексы горных, строительных и металлургических производств» Смирнов А.В. в голосовании участия не принимал.