

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»**

*Первая Всероссийская
научно-практическая конференция
«Золото. Полиметаллы. XXI век»*

**16+
ISSN 2218-5194**

**ИЗВЕСТИЯ
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Выпуск 1

**Тула
Издательство ТулГУ
2020**

Председатель

Грязев М.В., д-р техн. наук, ректор.

Первый заместитель председателя

Воротилин М.С., д-р техн. наук, проректор по научной работе.

Заместитель председателя

Прейс В.В., д-р техн. наук, заведующий кафедрой, авторизованный представитель Издательства ТулГУ в РИНЦ

Ответственный секретарь

Фомичева О.А., канд. техн. наук, начальник Управления научно-исследовательских работ, авторизованный представитель ТулГУ в РИНЦ.

Члены редакционного совета:

Батанина И.А., д-р полит. наук, –

гл. редактор серии «Гуманитарные науки»;

Берестнев М.А., канд. юрид. наук, –

гл. редактор серии «Экономические и юридические науки»;

Борискин О.И., д-р техн. наук, –

гл. редактор серии «Технические науки»;

Егоров В.Н., канд. пед. наук, – гл. редактор серии

«Физическая культура. Спорт»;

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор

Качурин Н.М., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Заместитель главного редактора

Сарычев В.И., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Члены редакционной коллегии:

Гендлер С.Г., д-р техн. наук (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург);

Голик В.И., д-р техн. наук (Геофизический институт Владикавказского научного центра, г. Владикавказ);

Ефимов В.И., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

Жабин А.Б., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

Захаров В.Н., член-корр. РАН, д-р техн. наук, (Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва);

Кавала Р., д-р техн. наук (Фрайбергская горная академия, Институт материаловедения и изготовления материалов, Германия, г. Фрайберг);

Казанин О.И., д-р техн. наук (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург);

Кантович Л.И., д-р техн. наук (Национальный исследовательский технологический университет (МИСиС), г. Москва);

Каплунов Д.Р., член-корр. РАН, д-р техн. наук, (Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва);

Карначев И.П., д-р техн. наук (филиал Мурманского арктического университета в г. Апатиты, Мурманская область, г. Кировск);

Заславская О.В., д-р пед. наук, –

гл. редактор серии «Педагогика»;

Качурин Н.М., д-р техн. наук, –

гл. редактор серии «Науки о Земле»;

Понаморева О.Н., д-р хим. наук, –

гл. редактор серии «Естественные науки».

Ответственный секретарь

Стась Г.В., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Авторизованный представитель ТулГУ в РИНЦ

Копылов А.Б., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Клишин В.И., член-корр. РАН, д-р техн. наук, (Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово);

Комащенко В.И., д-р техн. наук (Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва);

Коришунов Г.И., д-р техн. наук (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург);

Мельник В.В., д-р техн. наук (Национальный исследовательский технологический университет (МИСиС), г. Москва);

Мерзляков В.Г., д-р техн. наук (Московский политехнический университет, г. Москва);

Моркун В.С., д-р техн. наук (Криворожский национальный университет, Украина, г. Кривой Рог);

Протосеня А.Г., д-р техн. наук (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург);

Рыльникова М.В., д-р техн. наук (Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва).

Сборник зарегистрирован в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). ПИ № ФС77-75993 от 19 июня 2019 г.

Подписной индекс сборника 41408 по Объединённому каталогу «Пресса России».

Сборник включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук», утвержденный ВАК Минобрнауки РФ, по следующим специальностям: 25.00.00 – Науки о Земле; 05.06.00 – Безопасность деятельности человека.

Сборник зарегистрирован в системе "Web of Science".

УДК 622.414.2: 004.942

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТУПИКОВЫХ ВЫРАБОТОК, ПРОВЕТРИВАЕМЫХ ЗА СЧЁТ ТУРБУЛЕНТНОЙ ДИФФУЗИИ

Ю.М. Говорухин, В.Г. Криволапов, Д.Ю. Палеев

Исследованы аэродинамические процессы, протекающих в тупиковых выработках небольшой длины, проветриваемых за счёт турбулентной диффузии. Проведено численное моделирование процессов движения воздуха по сквозной выработке, срыва потока на сопряжении с глухой выработкой (для бокового примыкания), образования вихрей в тупике. Исследование выполнено для широкого диапазона поступающих в расчётную область расходов воздуха и для различных геометрических параметров глухой выработки. Определены размеры вихревых структур и скорости течений в тупике. По результатам обработки данных моделирования получены графики зависимостей протяжённости проветриваемой зоны тупика от его высоты и ширины.

Ключевые слова: аэродинамические процессы, численное моделирование, метод контрольных объёмов, турбулентная диффузия, глухая выработка, скорости течения.

Согласно федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила безопасности для угольных шахт» за счёт процессов турбулентной диффузии может организовываться проветривание тупиковых выработок газовых шахт длиной не более 6 м, а негазовых – до 10 м [1]. Экспериментальные исследования процессов прохождения потока воздуха мимо тупиковых выработок проводились ещё в 40 – 50-х годах (В.Н. Воронин [2 – 4] и А.М. Карпов [2]). По результатам данных исследований выявлена физическая картина аэродинамических процессов и В.Н. Ворониным введено понятие турбулентной диффузии, как процесса взаимодействия турбулентной свободной струи свежего воздуха и окружающей эту струю смеси воздуха и рудничных газов в пространстве, которое подлежит проветриванию. Карпов А.М. получил различные по величине в зависимости от расположения тупика по отношению к сквозной выработке, устойчивые завихрённые зоны: прямые (3 – 5*b*), боковые (3 – 4*b*), обратные (2 – 3*b*), где *b* – ширина тупиковой выработки.

Исследования проводились для выработок небольших сечений, закреплённых деревянной крепью, и их результаты для горнотехнических условий современных шахт могут существенно отличаться.

Для изучения аэродинамических процессов в глухих выработках выполнено численное моделирование. Для этой цели выбран свободно распространяемый пакет OpenFOAM (The OpenFOAM Foundation Ltd) [5 – 12]. Для подготовки исходных данных, таких, как задание геометрии расчётной области, построение сетки и постановка граничных условий, выбран мультиблочный сеточный генератор blockMesh. Данная утилита

делит расчётную область на гексаэдры. Парадигма создания сеточных структур в OpenFOAM позволяет использовать вырожденные формы шестигранников. Для численного решения выбран стандартный решатель simpleFoam (решатель для стационарных задач несжимаемого, турбулентного потока; используется алгоритм SIMPLE). Визуализация и обработка результатов вычислений выполнена с использованием постпроцессора ParaView (поставляется вместе с OpenFOAM и также является свободно распространяемым). ParaView обеспечивает визуализацию скалярных и векторных полей, линии тока, изоповерхности, получение информации о нужном поле в точке или вдоль некоторой линии и т.п.

Создан вычислительный кластер типа «Beowulf» на базе:

- 3 моноблоков iRU с процессорами Intel Core i5-3330, с общим количеством вычислительных ядер 12;
- коммутатора D-Link DGS-1005/D со скоростью пакетной передачи данных до 1 Гбит/с (сеть Ethernet).

Вычислительный кластер позволил уменьшить время расчётов по сравнению с одиночным компьютером, декомпозируя расчётную область на параллельно выполняемые ветви, которые обмениваются данными по связывающей сети. Для оценки увеличения производительности с использованием вычислительного кластера типа «Beowulf» проведён расчёт движения воздуха по прямолинейному участку горной выработки (25 тыс. гексаэдров, общее число итераций 1000). Результаты расчёта сведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение продолжительности вычислений

Число ядер, шт.	1	2	4
Продолжительность решения, с	105,6	56,75	46,02
Повышение производительности, в разы	-	1,86	2,29

Таким образом, использование параллельных алгоритмов при расчётах с помощью пакета OpenFOAM на вычислительном кластере позволяет существенно сократить время расчётов. Особенно при создании расчётных областей больших размеров и использовании мелкой сетки.

Для исследования аэродинамических особенностей тупиков (боковое примыкание) создана базовая модель, приведённая на рис. 1. Модель состоит из четырёх блочных суперэлементов, каждый из которых сеточный генератор blockMesh декомпозирует на гексаэдры. Числами на рис. 1 обозначены вершины суперэлементов. Длина и ширина сквозной выработки (без учёта размеров сопряжения) составляют 80 и 6 м соответственно для всех серий экспериментов. Длина тупиковой выработки 20 м.

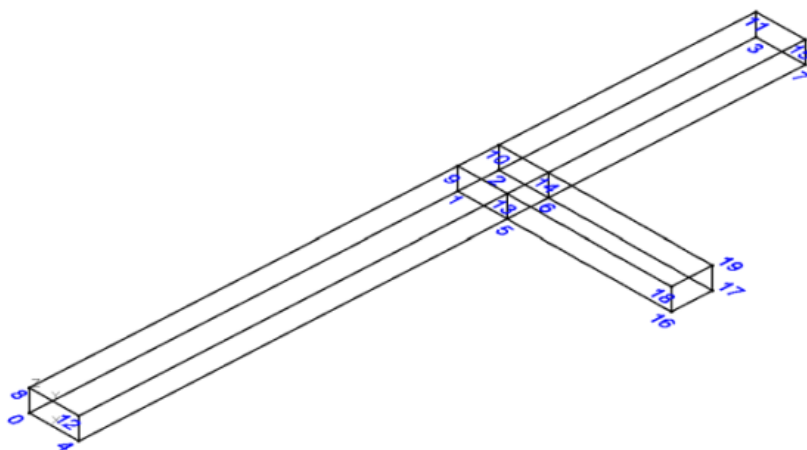


Рис. 1. Базовая модель, созданная для исследования аэродинамических особенностей тупиков

Численное моделирование выполнено для условий, приведённых в табл. 2. Всего проведены 90 серий экспериментов.

Таблица 2
Матрица начальных условий, для которых выполнено моделирование

Высота тупика, м	Ширина тупика, м	Скорости потока воздуха в сквозной выработке, м/с									
2,0	3,0	0,15	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
	4,8										
	6,0										
2,5	3,0										
	4,8										
	6,0										
3,0	3,0										
	4,8										
	6,0										

На рис. 2 приведено распределение скоростей течений в глухой выработке для различных скоростей движения воздуха в сквозной выработке (данные для $S = 12 \text{ м}^2$, высота 2,5 м, ширина 4,8 м). Используются обозначения: чёрные вертикальные линии – границы вихря (рис. 3), красная горизонтальная пунктирная линия – минимальная скорость потока (0,15 м/с).

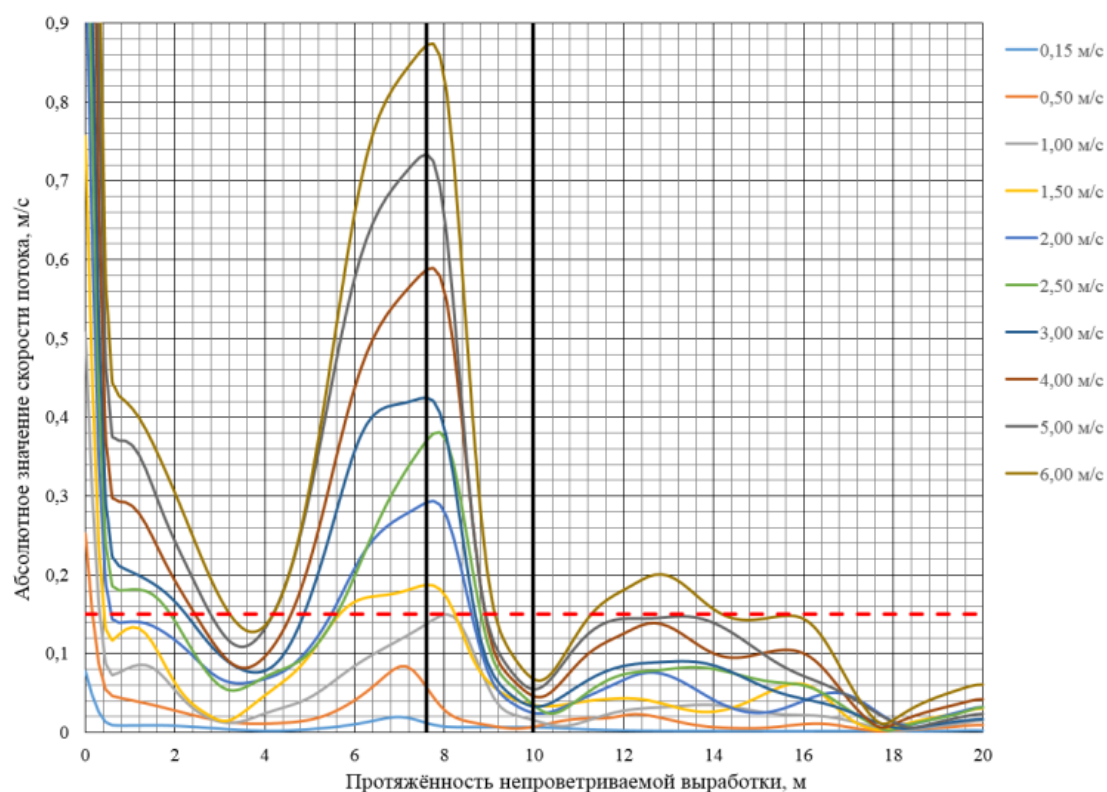


Рис. 2. Распределения скоростей движения воздуха в глухой выработке при различных скоростях движения потока в сквозной выработке (по оси выработки)

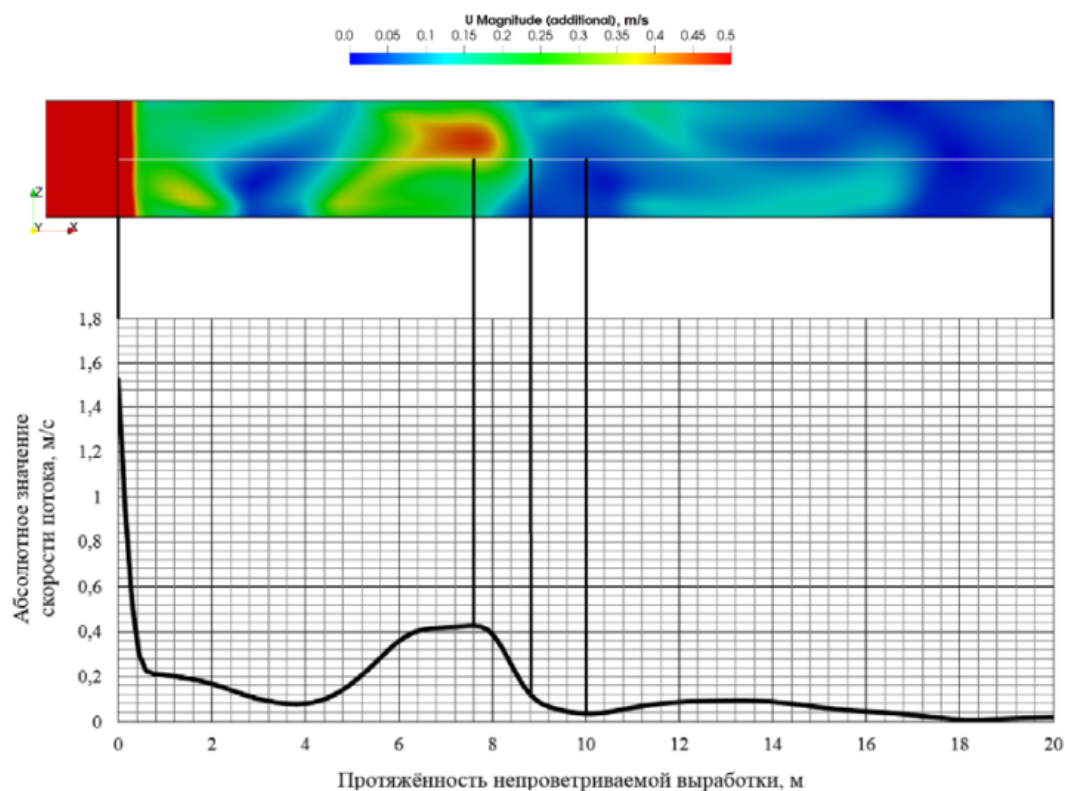


Рис. 3. Схема, поясняющая принцип определения размеров первого вихря в тупиковой выработке (по оси выработки)

На рис. 4 – 6 приведены линии тока в тупиковой выработке (размеры вихрей) для высоты выработки 2,5 м и ширины 3,0, 4,8, 6,0 м, средняя скорость потока по сквозной выработке 3 м/с. Для обозначения скоростей движения потока использованы две шкалы цветности: «U Magnitude (main), m/s» для сквозной выработки, «U Magnitude (additional), m/s» для тупиковой выработки.

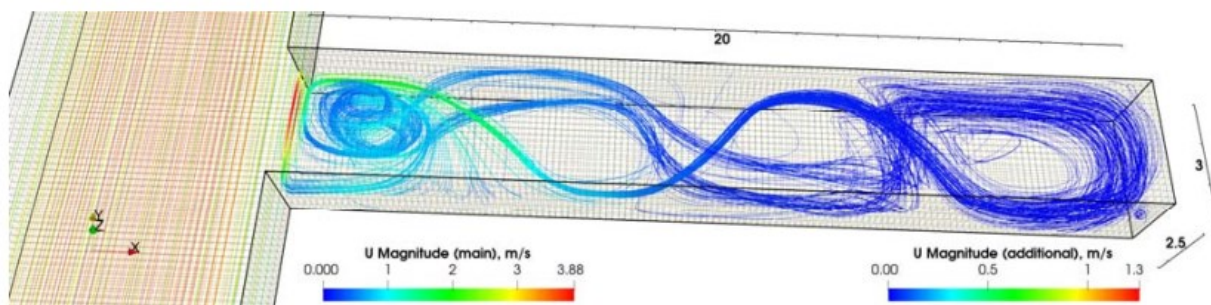


Рис. 4. Линии тока для ширины выработки 3 м ($S = 7,5 \text{ м}^2$)

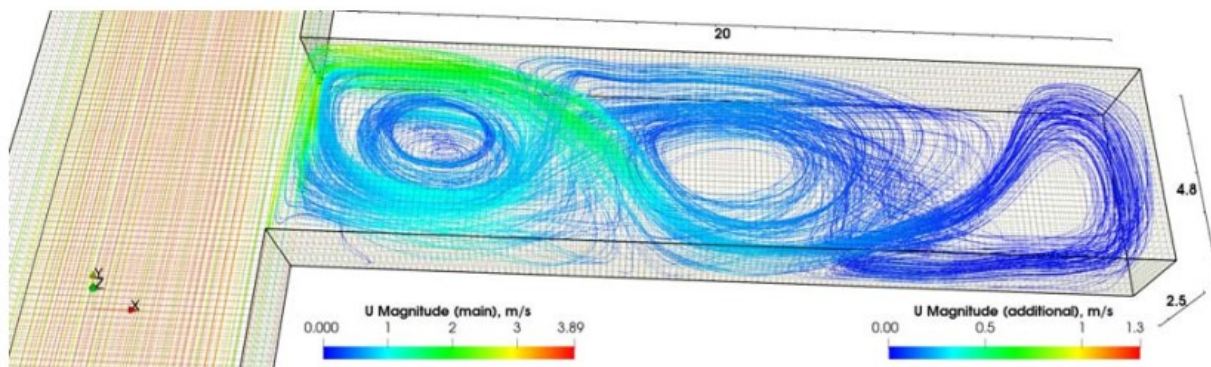


Рис. 5. Линии тока для ширины выработки 4,8 м ($S = 12,0 \text{ м}^2$)

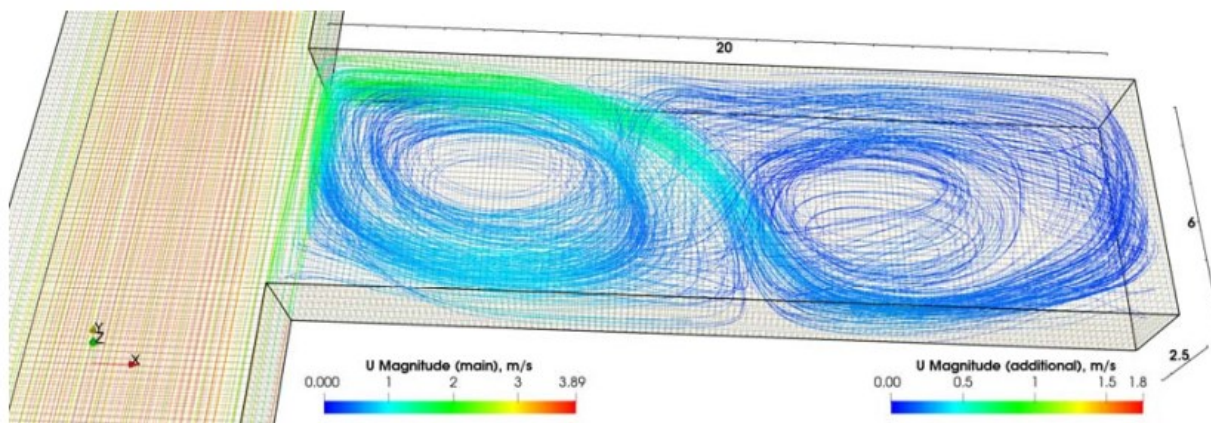


Рис. 6. Линии тока для ширины выработки 6,0 м ($S = 15,0 \text{ м}^2$)

На рис. 7, 8 приведены полученные зависимости протяжённости проветриваемой зоны выработки от её ширины и высоты соответственно.

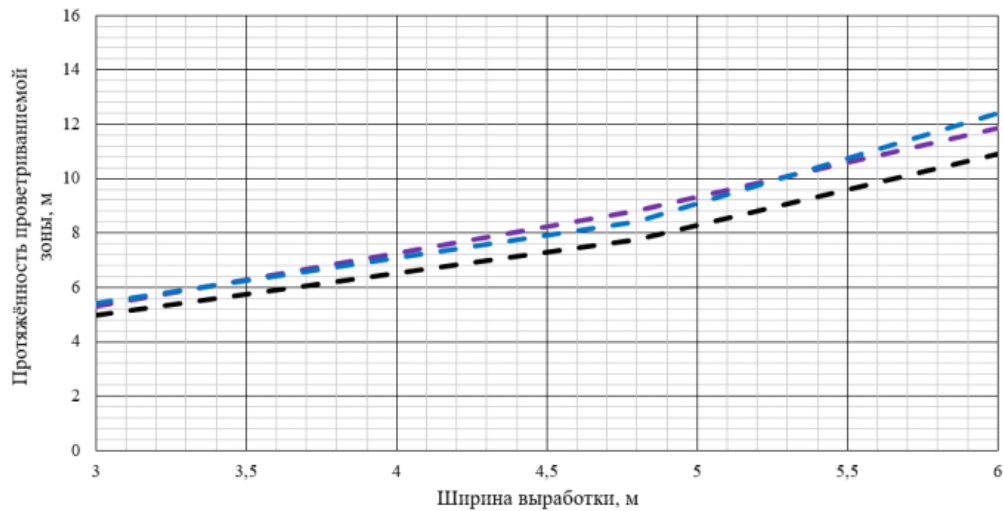


Рис. 7. Зависимость средней протяжённости зоны вихря от ширины тупиковой выработки с боковым примыканием: чёрный цвет линий – высота 2,0 м; фиолетовый цвет линий – высота 2,5 м; синий цвет линий – высота 3,0 м

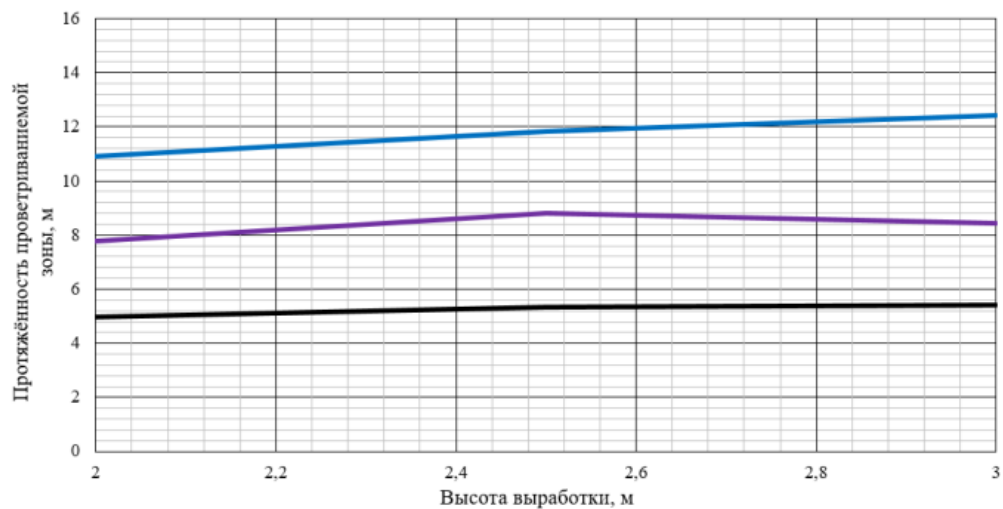


Рис. 8. Зависимость средней протяжённости зоны вихря от высоты тупиковой выработки с боковым примыканием: чёрный цвет линий – ширина 3,0 м; фиолетовый цвет линий – ширина 4,8 м; синий цвет линий – ширина 6,0 м

По результатам численных исследований установлено, что для глухой выработки с боковым примыканием:

- требования федеральных норм и правил в области промышленной безопасности [1] в целом являются обоснованными, но только для тех случаев, когда скорости потока в сквозной выработке более 1 м/с. В этом случае обеспечивается минимальная скорость течения в тупике 0,15 м/с на расстояниях от устья до 6 м (для газовых шахт);

- размер зон, проветриваемых за счёт турбулентной диффузии, в основном зависит от ширины выработки, высота выработки не имеет определяющего значения;

- вихревые течения носят сложный характер, образуется плоская свободная струя (по В.Н. Воронину), проветривающая тупик по восьмиобразной схеме.

Список литературы

1. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 19.11.2013 № 550 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности “Правила безопасности в угольных шахтах”» (зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2013, рег. № 30961, ред. от 25.09.2018).

2. Скочинский А.А., Комаров В.Б. Рудничная вентиляция. М.: Углетехиздат, 1959. 632 с.

3. Воронин В.Н. Основы рудничной аэрогазодинамики / под общ. ред. А.А. Скочинского. М.: Углетехиздат, 1951. 491 с.

4. Аэрология горных предприятий: учебник для вузов / К.З. Ушаков, А.С. Бурчаков, Л.А. Пучков, И.И. Медведев. М.: Недра, 1987. 421 с.

5. Попов А.Ю. Об использовании свободно распространяемого программного обеспечения для решения задач вычислительной гидроаэродинамики // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Естественные науки». 2011. S1. С. 96 – 108.

6. Говорухин Ю.М., Криволапов В.Г., Палеев Д.Ю. Использование CFD-пакетов при решении задач вентиляции шахт и подготовке горных инженеров // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов. Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2019. № 5. С. 453 – 458.

7. Говорухин Ю.М., Фрянов В.Н., Палеев Д.Ю. Численное моделирование взаимодействующих геомеханических и аэродинамических процессов на выемочном участке // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2019. Вып. 2. С. 288 – 299.

8. Moukalled F., Mangani L., Darwish M. The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics: An Advanced Introduction with OpenFOAM and Matlab. Springer, 2016. 817 p.

9. OpenFOAM. The OpenFOAM Foundation: User Guide. Version 7. 2019. 237 p.

10. Ayachit U. The ParaView Guide. Community Edition. Updated for ParaView version 5.4. 2017. 254 p.

11. Jasac H. Error Analysis and Estimation for the Finite Volume Method with Application to Fluid Flows: Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy of the University of London and Diploma of Imperial College. June 1996. 396 p.

12. Ying W., Feng S. The performance of OpenFOAM in Beowulf clusters // Proceeding of the 2nd International Conference on Computer Science and Electronics Engineering (ICCSEE). 2013. P. 1683 – 1686.

Говорухин Юрий Михайлович, канд. техн. наук, вед. науч. сотр., govorukhin_ym@mail.ru, Россия, Новокузнецк, Национальный горноспасательный центр (Сибирский государственный индустриальный университет),

Криволапов Виктор Григорьевич, канд. техн. наук, вед. науч. сотр., vic_49@mail.ru, Россия, Новокузнецк, Национальный горноспасательный центр,

Палеев Дмитрий Юрьевич, д-р техн. наук, нач. науч.-исслед. отдела, pal07@rambler.ru, Россия, Новокузнецк, Национальный горноспасательный центр (Пермь, Институт горного дела УрО РАН)

INVESTIGATION OF THE AERODYNAMICAL SPECIFICS OF THE BLIND-END ENTRIES VENTILATED BY TURBULENT DIFFUSION

Yu.M. Govorukhin, V.G. Krivolapov, D.Yu. Paleev

In this paper aerodynamical processes that take place in short blind-end entries ventilated by turbulent diffusion are studying. Numerical modelings of airflows in the open-ended entry, flow separation at the connection with the blind-end entry (for side abutment), generation of vortices in the blind-end entry are carried out. Study is performed for the wide range airflows that enters in the computational domain and for the various geometric parameters of the blind-end entry. Size of the vortex structures and velocity of flows in the blind-end entry are obtained. Plots of the dependencies of blind-end entry ventilated areas length are obtained as the results of data post-processing.

Key words: aerodynamical processes, numerical modeling, finite volume method, turbulent diffusion, blind-end entry, airflow velocity.

Govorukhin Yuri Mikhailovich, candidate of technical sciences, leading researcher, govorukhin_ym@mail.ru, Russia, Novokuznetsk, Mine Rescue Center (Siberian State Industrial University),

Krivolapov Victor Grigorievich, candidate of technical sciences, leading researcher, vic_49@mail.ru, Russia, Novokuznetsk, Mine Rescue Center,

Paleev Dmitri Yurievich, doctor of technical sciences, head of research departmenta, pal07@rambler.ru, Russia, Novokuznetsk, Mine Rescue Center (Perm, Institute of Mining Ural Branch of the Russian Academy of Sciences)

Reference

1. Order of the Federal service for environmental, technological and nuclear supervision of 19.11.2013 No. 550 "on approval of Federal rules and regulations in the field of industrial safety "safety Rules in coal mines" (registered in the Ministry of justice of the Russian Federation on 31.12.2013, reg. No. 30961, ed. of 25.09.2018).

2. Skochinsky A. A., Komarov V. B. Mine ventilation. M: Whiteheat, 1959. 632 PP.

3. Voronin V. N. The basics of mining aerogas dynamics / edited nauch. hands'. and ed. M: Whiteheat, 1951. 491 PP.
4. Aerology of mining enterprises: textbook for universities / K. Z. Usha-kov, A. S. Burchakov, L. A. Puchkov, I. I. Medvedev. Moscow: Nedra, 1987. 421 PP.
5. Popov A. Y. About using a freely distributed software for solving problems of computational hydroaerodynamics // Vestnik MGTU im. N. E. Bauman. Ser. «Natural science». Moscow: MGTU publishing House, 2011. S1. C. 96 – 108.
6. Govorukhin Yu. M., Krivolapov V. G., Paleev D. Yu. The use of CFD packages in solving problems of mine ventilation and training of mining engineers / / science-Intensive technologies for the development and use of mineral resources. Novokuznetsk: SibGIU publishing House, 2019. No. 5. S. 453 – 458.
7. Govorukhin Yu. M., Fryanov V. N., Paleev D. Yu. Numerical modeling of interacting geomechanical and aerodynamic processes at the excavation site. Izvestiya Tula state University. earth science. 2019. Vol. 2. Pp. 288 – 299.
8. Moukalled F., Mangani L., Darwish M. The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics: An Advanced Introduction with OpenFOAM and Matlab. Springer, 2016. 817 p.
9. OpenFOAM. The OpenFOAM Foundation: User Guide. Version 7. 2019. 237 p.
10. Ayachit U. The ParaView Guide. Community Edition. Updated for ParaView version 5.4. 2017. 254 p.
11. Jasac H. Error Analysis and Estimation for the Finite Volume Method with Application to Fluid Flows. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy of the University of London and Diploma of Imperial College. June 1996. 396 p.
12. Ying W., Feng S. The performance of OpenFOAM in Beowulf clusters // Proceeding of the 2nd International Conference on Computer Science and Electronics Engineering (ICCSEE), 2013. Pp. 1683 – 1686.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ

<i>Струков К.И.</i> Проблемы и перспективы освоения золоторудных месторождений России.....	5
<i>Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Струков К.И.</i> Результаты и перспективы совместной инновационной научно-исследовательской и образовательной деятельности ИПКОН РАН и Акционерного общества «ЮЖУРАЛЗОЛОТО ГРУППА КОМПАНИЙ».....	21
<i>Струков К.И., Бергер Р.В., Ежов В.А., Есина Е.Н.</i> Стратегия освоения Светлинского месторождения.....	36
<i>Быкова М.В., Пашкевич М.А.</i> Оценка нефтезагрязненности почв производственных объектов различных почвенно-климатических зон Российской Федерации.....	46
<i>Галченко Ю.П., Якушева Е.Д.</i> Исследование изменений флористического разнообразия на территориях горнопромышленного освоения в Приморском крае.....	60
<i>Галченко Ю.П., Калабин Г.В., Озарян Ю.А.</i> Методика геоинформационного мониторинга природно-технических систем на основе данных дистанционного зондирования.....	68
<i>Колотова О.В., Могилевская И.В., Владимцева И. В.</i> Выделение, отбор и применение углеводородокисляющих микроорганизмов для очистки сточных вод и нефтезагрязнённых грунтов.....	79
<i>Маргарян В.Г., Аветисян Г.Д., Поляков А.В.</i> Закономерности пространственно-временного распределения зимнего минимального декадного стока рек бассейна озера Севан.....	92
<i>Рыльникова М. В., Радченко Д. Н., Цупкина М. В., Сафонов В. А.</i> Исследование экологического воздействия Новотроицкого хвостохранилища на растительный покров и живые организмы.....	108
<i>Тарихазер С.А.</i> Современные оползневые процессы рельефообразования Большого Кавказа (в пределах Азербайджана).....	120

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Галкин В.А., Макаров А.М., Фёдоров А.В.</i> Организационно-технологические решения – основа роста безопасности и эффективности горного производства.....	137
--	-----

<i>Родионов В.А., Цыганков В.Д., Жихарев С.Я.</i> Морфологический состав шахтной угольной пыли и его влияние на взрывопожароопасность горных выработок.....	145
--	-----

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

<i>Чантурия В.А., Шадрунова И.В., Горлова О.Е., Колодежная Е.В.</i> Развитие технологических инноваций глубокой и комплексной переработки техногенного сырья в условиях новых экономических вызовов.....	159
---	-----

<i>Валиев Н.Г., Беркович В.Х., Пропп В.Д., Боровиков Е.В.</i> Практика совершенствования системы разработки горизонтальными слоями с гидрозакладкой при отработке крутопадающего жильного месторождения.....	171
---	-----

<i>Голутвин В.А., Анцев В.Ю., Шадский Г.В., Анцев А.В.</i> Определение производительности ленточного конвейера с двухроликовыми опорами рабочей ветви.....	183
---	-----

<i>Горлова О. Е., Шадрунова И. В., Жилина В. А., Чекушина Т.В.</i> Повышение полноты извлечения золота из лежалых отходов переработки золотосодержащих руд.....	193
--	-----

<i>Денисова Н. А., Хайратдинов Р. К.</i> История разработки Кочкарского месторождения золота.....	211
--	-----

<i>Евдокимов А.В., Дементьева Н.А., Коблов А.Ю.</i> Переработка золото-серебросодержащей полиметаллической руды.....	228
---	-----

<i>Ермакова И. А., Федусов В. А.</i> Влияние расположения демонтажных камер на длительность демонтажных работ на шахтах АО «СУЭК-КУЗБАСС».....	234
---	-----

<i>Лукьянов Ю.А., Пыталев И.А.</i> Циклично-поточная технология как условие обеспечения производственной мощности горно-обогатительных комплексов.....	244
---	-----

<i>Олисаев А.С., Гарифулина И.Ю., Гашимова З.А.</i> К диверсификации технологий разработки боснийского месторождения доломитов.....	253
--	-----

<i>Пыталев И.А.</i> Условия обеспечения многофункционального использования недр при взаимодействии различных отраслей промышленности.....	265
--	-----

<i>Радченко Д.Н., Хайдаров И.В., Залевская К.Н.</i> Обоснование технологии добычи и переработки техногенного сырья Ново-троицкого хвостохранилища.....	277
---	-----

<i>Сарачева Д.А., Вахитова Р.И., Уразаков К.Р.</i> Расчет в системе ANSYS параметров струйного устройства для отбора нефтяного газа.....	290
<i>Серавина Т.В., Кузнецов В.В., Конкина А.А.</i> Золото-серебросодержащие полиметаллические месторождения – технология и опыт их прогноза и поисков.....	303
<i>Сытенков В.Н.</i> Энергопотребление технологических процессов как критерий выбора наилучших доступных технологий в системе «КАРЬЕР – ОФ».....	315
<i>Федосеев В.В., Гаджиева Л.А.</i> Опыт и результаты переоценки золоторудных месторождений Челябинской области для открытой разработки и выщелачивания путем понижения бортового содержания.....	328
<i>Чебан А.Ю.</i> Совершенствование геотехнологии выемки тонких рудных тел с применением стрелового комбайна.....	340
<i>Швабенланд Е.Е.</i> Применение наилучших доступных технологий для освоения сложноструктурных месторождений в районах с особым экологическим режимом.....	349

ГЕОМЕХАНИКА

<i>Захаров В.Н., Малинникова О.Н., Трофимов В.А., Шиповский И.Е.</i> Моделирование влияния пульпообразных масс в толще отвала на динамику развития оползневых зон.....	359
<i>Анциферов С.В., Фомин А.В.</i> Напряженное состояние крепи параллельных выработок, сооруженных вблизи склона, от массы расположенных на поверхности объектов.....	375
<i>Говорухин Ю.М., Криволапов В.Г., Палеев Д.Ю.</i> Исследование аэродинамических особенностей тупиковых выработок, проветриваемых за счёт турбулентной диффузии.....	392
<i>Калмыков В.Н., Кульсаитов Р.В., Штыкова М.Н.</i> Геомеханические и геодинамические особенности состояния горных работ при освоении Кочкарского месторождения золота.....	401
<i>Качурин Н.М., Стась Г.В., Сушков С.Л., Стась В.П.</i> Динамика кислородообмена на очистных и подготовительных участках углекислотообильных шахт.....	409
<i>Качурин А.Н., Афанасьев О.А., Стась В.П.</i> Динамика концентрации кислорода в подготовительных забоях угольных шахт..	415

ЭКОНОМИКА

Анисимова А.Б.

Проверка материалов при формировании перечней лицензирования пользования недрами (на примере твердых полезных ископаемых)..... 423

Клюев Р.В., Гаврина О.А., Михальченко С.Н.

Анализ удельного потребления электроэнергии обогатительной фабрики..... 433

Князькин Е.А.

Перспективы увеличения энергетического потенциала георесурсов при освоении месторождений золотоносных руд компании «ЮГК»..... 448

Рыжов С.В., Рыльникова М.В.

Обоснование структуры производственной мощности золотодобывающего предприятия на различных этапах развития открытых горных работ..... 458

Рыльников А.Г., Пыталев И.А.

Цифровая трансформация горнодобывающей отрасли: технические решения и технологические вызовы..... 470

Лазарев А.Б., Будрик В.Г., Буданов А.Б.

Поуступный подсчёт запасов на месторождениях твёрдых полезных ископаемых..... 481

Научное издание

**ИЗВЕСТИЯ
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Выпуск 1

Редактор С.Г. Лихачёва

Компьютерная правка и верстка Г.В. Стась, М.С. Шевков

Учредитель:

ФГБОУ ВО "Тульский государственный университет"
300012, г. Тула, просп. Ленина, 92

Изд. лиц. ЛР № 020300 от 12.02.97

Подписано в печать 26.03.20 Дата выхода в свет 31.03.20

Фотмат бумаги 70×100 1/8. Бумага офсетная

Усл. печ. л. 40,0.

Тираж 500 экз. Заказ 043

Цена свободная

Адрес редакции:

300012, г. Тула, просп. Ленина, 92

Адрес издателя:

300012, г. Тула, просп. Ленина, 95

Отпечатано в Издательстве ТулГУ

300012, г. Тула, просп. Ленина, 95