

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий национальный технический университет»
Институт горного дела и геологии**



СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

V форума студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков

«Проблемы горного дела»

27–28 ноября 2025 года

**Донецк
2025**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий национальный технический университет»

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ДЕЛА

Сборник научных трудов
V форума студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков,
27–28 ноября 2025 г.

Донецк
2025

УДК 622:55(063)
ББК 33:26.3
П78

Рекомендовано к изданию
Советом института горного дела и геологии
ФГБОУ ВО «ДонНТУ»
(протокол № 1 от 19.12.2025 г.)

Ответственный редактор – Купенко Иван Владимирович

Редакционная коллегия:

Борщевский С. В. (председатель), Каракозов А. А., Корчевский А. Н., Филатова И. В., Литвинский Г. Г., Удовицкий В. И., Деменков П. А., Саммаль А. С., Прокопов А. Ю., Кологривко А. А., Дрибан В. А., Кирьян А. П., Петренко Ю. А., Кавера А. Л., Мачай Т. А., Шульга Р. Р., Клочко И. И., Калякин С. А., Купенко И. В., Барсук Н. Д..

П78 Проблемы горного дела : сб. науч. тр. V форума студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков, г. Донецк, 27–28 нояб. 2025 г. / Ред. кол.: Борщевский С. В. (пред.), Каракозов А. А., Корчевский А. Н. [и др.] ; отв. ред. И. В. Купенко. – Донецк : ДонНТУ, 2025. – Систем. требования : просмотрщик PDF-файлов. – Загл. с титул. экрана.

В сборнике представлены материалы, связанные с развитием технологий строительства, реконструкции и ликвидации горных предприятий, разработкой месторождений полезных ископаемых подземным и открытым способами, геолого-маркшейдерским обеспечением горных работ, охраной труда и аэрологией горных предприятий, а также методики преподавания гуманитарных дисциплин для специальности «Горное дело».

Издание предназначено для преподавателей, аспирантов, обучающихся образовательных учреждений и всех интересующихся вопросами горного дела.

Тексты трудов печатаются в авторской редакции.

УДК 622:55(063)
ББК 33:26.3

© ФГБОУ ВО «ДонНТУ», 2025

УДК 622.257(847)

ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИИ, СВЯЗАННОЙ С ЗАТОПЛЕНИЕМ И ЗАГАЗИРОВАНИЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТВОЛА В ПЕРИОД ПРОХОДКИ

Ю.А. Пшеничный, В.В. Глебко

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,

г. Донецк

pshenychnyy@mail.ru; viktor_glebko@mail.ru

Аннотация: описаны развитие аварийной ситуации (затопление и загазирование) при проходке вертикального ствола и мероприятия по ликвидации её последствий. Выполнен анализ причин возникновения аварии и предложены меры по недопущению её в будущем.

Annotation: the expansion of an emergency situation (flooding and gassing) during the vertical shaft sinking and measures to eliminate its consequences are described. An analysis of the causes of the accident has been performed and measures have been proposed to prevent it in the future.

Ключевые слова: шахта, вентиляционный ствол, авария, прорыв воды, цементация, затопление, метан, загазирование, водолазные работы.

Keywords: mine, ventilation shaft, accident, water breakthrough, grouting, flooding, methane, gassing, diving operations.

События, описанные в настоящей статье, произошли давно: 43 года назад, не получили своевременного и полного освещения в периодической печати и специальной литературе по причинам ограничения доступа к информации в советский период, если такая информация могла доставить неприятности руководству региона или передового предприятия. Один из авторов статьи был непосредственным участником данных событий, считает их интересными, поучительными и достойными предстать на всеобщее обозрение в качестве яркого примера проявления гидро- и газодинамики недр. Данный материал можно использовать для недопущения повторения аналогичной аварии впредь и для изучения нестандартных технологических решений её успешной ликвидации.

Характеристика объекта строительства. Восточный вентиляционный ствол шахты имени М.И. Калинина (г. Донецк) диаметром в свету 6,0 м и глубиной 776 м сооружали в 1981-1982 годах силами треста «Донецкшахтопроходка» (ДШП). Проходку ствола выполняло «Третье шахтопроходческое строительное управление» (ШПСУ №3) треста. В истории ДШП данный ствол известен достижением высоких темпов проходки для совмещённой технологии

– 202,5 м ствола в марте 1982 года, что на тот момент было лучшим результатом в СССР [1].

Водоносные породы в разрезе ствола до глубины 482 м были зацементированы с поверхности земли предварительно, до проходки [2]. Ниже этой глубины водоносные горизонты имели ожидаемый водоприток относительно небольшой, а их вскрытие предполагалось производить после бурения опережающей разведочной скважины и принятия решения о возможной цементации из забоя ствола [2,3]. Однако азарт проходчиков, устанавливающих рекорд, подтолкнул их рискнуть и проигнорировать это обязательное техническое решение, тем более что фактический водоприток в ствол в то время был небольшим – 6 м³/час.

Затопление ствола №1. 30 марта 1982 г., в предпоследний день рекордного месяца, проходчики производили бурение шпуров по забоям ствола, вскрывая потенциально водоносный песчаник I₃SI₄^o (прогнозный приток по геологическому заключению – 11 м³/час). При бурении шпуров со стороны восстания из двух шпуров произошёл излив воды, который постепенно увеличился до значительной величины – 70 м³/час (рис.1). Бурение пришлось прервать, срочно отсоединить и выдать бурильную установку БУКС-1м, а скопившуюся в забое воду интенсивно откачивать двумя подъёмами, черпая её бадьями БПСД-4,5 вместимостью 4,5 м³.

Очевидное в этой ситуации решение перейти на цементацию из забоя ствола требовало сооружения предохранительной перемычки («подушки») из монолитного бетона. Ситуация осложнялась наличием притока воды из пород забоя, что при укладке бетона привело бы к вымыванию из него цемента и невозможности получить качественную монолитную конструкцию. На помощь пришли аквалангисты из Донецкого отряда горноспасателей. С 3-й попытки, преодолевая мощные струи воды, бьющие под давлением из шпуров, им удалось вставить в шпуры пакерующие устройства. Посредством последних удалось по трубкам и прорезиненным рукавам отвести излив воды от места укладки бетона в район каркаса ствольной опалубки (рис.1).

В «подушку» по трубам уложили 175 м³ бетона методом подводного бетонирования. Воду из ствола при этом не откачивали, чтобы обеспечить бетону условия нормального схватывания. Забойную опалубку пришлось полностью забетонировать (рис.2). Этого требовала аварийная ситуация и срочный переход от технологии проходки к технологии цементации из забоя. Через сутки, после набора бетоном «подушки» разопалубочной прочности, воду из ствола откачали; небольшие притоки, поступавшие сквозь подушку, были

ликвидированы путём её опрессовки цементным раствором через специально оставленные заранее трубки. Ствол перешёл к выполнению задач предварительной цементации водоносного песчаника $I_3SI_4^\circ$.

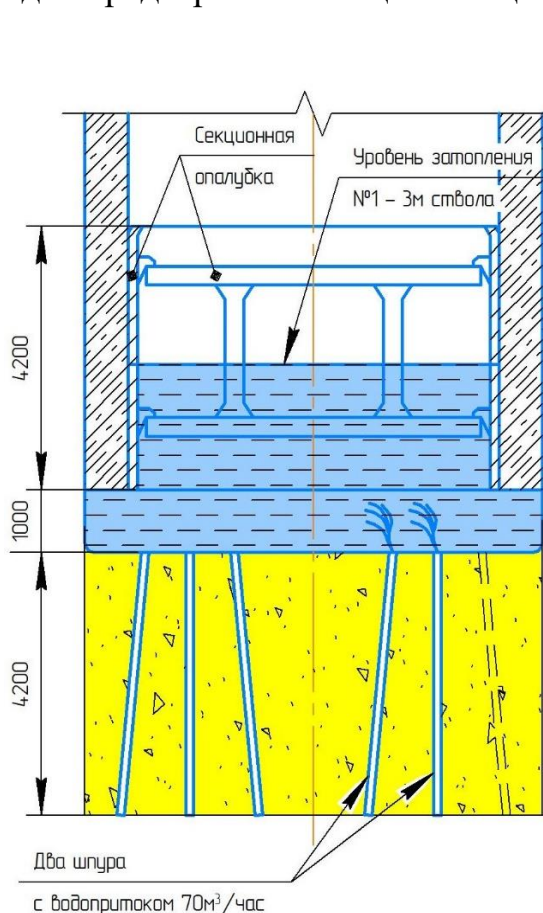


Рис.1. Прорыв воды при бурении шпуров по забою ствола

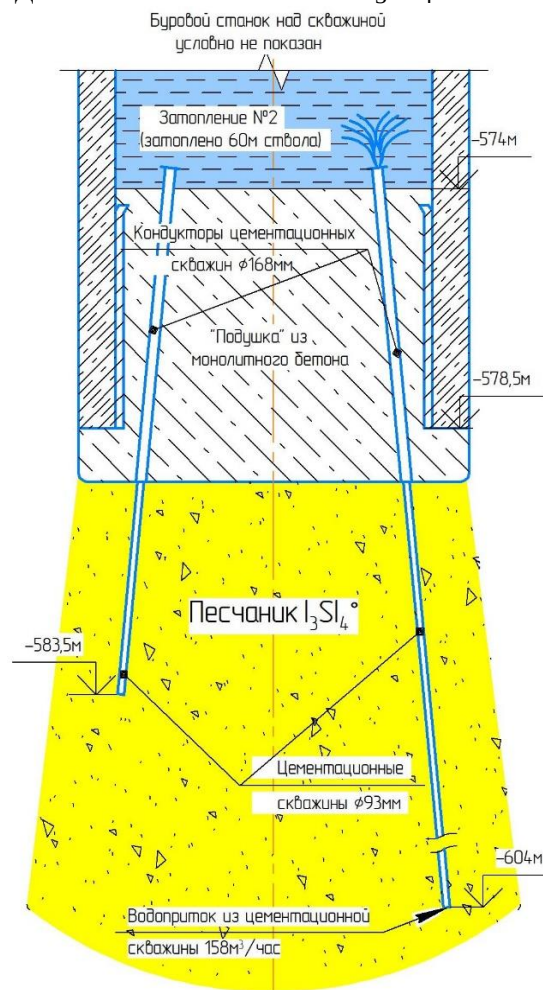


Рис.2. Прорыв воды при бурении цементационной скважины

Цементация. На 1-м этапе цементации ликвидировали водопритоки из 2-х шпуров, вскрытых бурением и «пойманных» пакерами. Через 2 пакера в трещиноватый водоносный песчаник закачали 12 м³ цементного раствора, и как говорят проходчики: воду «запечатали».

На 2-м этапе цементации равномерно по периметру ствола пробурили по «подушке» 6 скважин под кондукторы, установили в них на цементном растворе офланцованные отрезки труб Ø 168 мм длиной 5,5 м в качестве кондукторов (рис.2). Далее обработали цементацией верхнюю пачку песчаника $I_3SI_4^\circ$ на глубину 9,5м (до отм.-583,5м). Скважины Ø 93 мм бурили станком СБА-500 через защитные превенторы (герметизаторы), в качестве которых использовали

обычные трубопроводные задвижки. В случае появления значительного водопритока из скважины буровой став следовало лебёдкой станка приподнять над скважиной до ближайшего стыка труб, рассоединить стык, сбросить став в скважину, и перекрыть задвижку. При вскрытии водоносных трещин верхней пачки песчаника притоки из скважин были небольшие, составляли от 0 до 15 м³/час. Их «запечатали» после нагнетания 39 м³ цементного раствора в скважины. Раствор различной консистенции (в начале нагнетания с водоцементным отношением 1:1, а в конце – 0,7:1) качали в массив цементирующим агрегатом ЦА-320, расположенным на поверхности, по цементационному ставу, проложенному по стволу из буровых труб. Давление нагнетания составляло 10...30 МПа, что было достаточно для отжатия подземных вод на расстояние до 12 м от контура ствола вчерне и создания в породном массиве на этом расстоянии цементационной изоляционной завесы. Для приготовления раствора использовали сульфатостойкий портландцемент марки 400 Амвросиевского цемкомбината.

Затопление стола № 2. В конце апреля 1982г. приступили к 3-му этапу цементации – обработке нижней пачки песчаника I₃SI₄[°] до глубины от верха «подушки» 36м (до отметки -610м). Первой решили пробурить в качестве разведочной скважину №5, расположенную по восстанию и давшей на верхней пачке песчаника максимальный водоприток. При её бурении на глубине 30м (отметка -604м) была вскрыта крупная трещина, и через задвижку над кондуктором в забой ствола начала поступать вода в большом количестве (рис.2). Последующий подсчёт установил значение нового водопритока – 158 м³/час. В момент прорыва воду остановить путём перекрытия задвижки не удалось: лебёдка бурового станка по вине персонала «зашкивила», то есть канат лебёдки соскочил с барабана и намотался на вал. Исправлять было некогда, в скором времени все проходчики в забое стояли по грудь в воде. Пришлось всем сесть в бадью и подняться на полук.

Откачка воды черпанием бадьями не давала необходимой производительности. Максимум, чего можно было достичь, качая воду бадьями – 80 м³/час, а приток воды был в 2 раза больше. Поэтому срочно было принято решение спасти подвесное оборудование (полук с породопогрузочным комплексом КС-2у/40), поднимая его вверх по стволу и демонтируя жёсткие трубопроводы, мешающие подъёму (трубы вентиляции и подачи сжатого воздуха). За сутки полук был поднят на расстояние от забоя 100 м (до отм.-474м), а уровень затопления ствола достиг 60м (до отм.-514м). Подземные напорные

воды достигли своего статического уровня, и дальнейшее поступление воды прекратилось.

Что делать дальше? Решение подсказала многолетняя практика проходки стволов трестом «Донецкшахтопроходка». Большинство катастрофических притоков воды заканчиваются снижением дебита вплоть до минимальных величин из-за конечных объёмов воды в подземных коллекторах. Другими словами, воду «подземного озера» можно выкачать, полностью его осушив. К этому и приступили – к интенсивной откачке воды, черпая её бадьями.

Наступление на воду проходило успешно. Приток воды к тому времени спал и стал меньше производительности откачки бадьями. Его величина варьировалась в зависимости от глубины подтопления ствола: меньше столб воды в стволе – больше приток, и наоборот. Вот так, наступая на воду, проходчики за неделю смогли освободить большую часть затопленного ствола.

Загазирование ствола. Начало мая 1982 г. Когда оставалось откачать воду на последних 15 м ствола, пришла новая беда: метан. Вместо воды в ствол по скважине №5 интенсивно стал поступать газ метан (рис.3).

Проходчики первым делом увидели «бурун» на поверхности воды в затопленном стволе, потом сработала газовая защита и отключила электроснабжение светильников на подвесном полке. Горный мастер переносным прибором ШИ-3 измерил концентрацию метана и увидел в нём белую шкалу, что означало концентрацию более 6%. Все люди из ствола срочно выехали на поверхность. Вызвали на объект службу ВГСЧ (военизированная горноспасательная часть).

Прибыв на ствол, спасатели подтвердили серьёзность новой аварии. Спустились в респираторах в ствол, замерили метан: на подвесном полке 7%, в копре на нулевой площадке 2%. Отобрали пробы воздуха. В лаборатории определили, что других дополнительных газов, кроме метана, нет. Решение в данной ситуации подсказала горная практика: интенсивное проветривание для снижения концентрации метана. Основной вентилятор ВЦО-1,5, нагнетающий воздух в ствол по металлическому трубопроводу Ø 1000 мм, перевели на максимальную производительность, что обеспечило поступление в забой ствола 25 м³/с свежего воздуха. Не хватило. На поверхности установили двухбарабанную лебёдку, и на канатах этой лебёдки повесили в стволе ещё один вентиляционный трубопровод из прорезиненных труб Ø 800 мм.

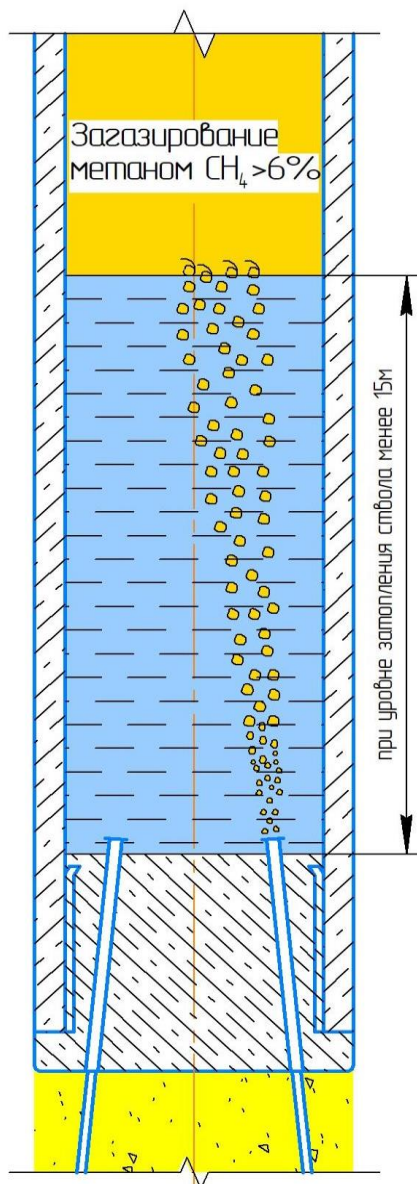


Рис.3. Прорыв метана в затопленный ствол

Подключили к нему и задействовали ещё один вентилятор ВЦО-1,5. Не хватило. Атмосфера в стволе оставалась опасной.

При выполнении всех работ по улучшению проветривания ствола обратили внимание, что при достижении уровня затопления 20 м от забоя выход метана из скважины прекращается, то есть давление столба воды величиной 0,2 МПа превышает давление метана в подземном коллекторе. Начинали снова качать воду, вновь появлялся метан в большом количестве при уровне затопления 15 м. Прекращали качать воду, топили ствол за счёт притока из пересечённых ранее водоносных горизонтов (6 м³/час) или принудительно заливая из

наземного трубопровода – выход метана прекращался при уровне затопления 20 м. Такие вот «качели». Работами по улучшению проветривания и разгазированию ствола проходчики занимались более 1 месяца. Без результата. Расчёт на то, что метан сойдёт, как сошла до этого вода, не оправдался.

Водолазы. Руководство треста ДШП и ШПСУ №3 в июне 1982 г. обратилось за помощью в специальный морской отряд Министерства гражданской обороны СССР (г. Керчь), который выполнял аварийно-восстановительные и подводно-технические работы с применением водолазного труда.

История не оставила информации, какими аргументами проходчикам удалось уговорить водолазов совершить работу не только под водой, что привычно для них, но и под землёй, что они сделали впервые. Так или иначе, договор состоялся, и в июне 1982 г. керченские водолазы прибыли со своим оборудованием в Донецк. Выполнение необходимых водолазных работ было предложено производить при уровне затопления, когда метан в ствол не поступал. Для полной гарантии необходимые 20 м затопления увеличили до 30 м.

Спуск двоих водолазов под воду производили проходческим подъёмом в специально изготовленной клетки, в которую и из которой подводные специалисты могли легко заходить и выходить в своих громоздких скафандрах. Кислородное оборудование для водолазов разместили на подвесном проходческом полке в 10 м от зеркала воды (в 40 м от забоя ствола). Связь с водолазами осуществлялась при помощи их штатного оборудования. Свою задачу керченские специалисты предварительно подробно обсудили с проходчиками и выполнили в 2 приёма.

1-е погружение произвели до забоя ствола; за металлоконструкции бурового станка СБА-500 завели и закрепили предварительно напущенный канат проходческой лебёдки ПЛП-10А (рис.4). После выезда водолазов проходчики включили лебёдку, её канатом подняли буровой станок вместе с буровым ставом над скважиной, тем самым вытащив последний из скважины и освободив задвижку. Появилась возможность её перекрыть.

2-е погружение водолазы произвели именно с целью перекрыть задвижку Ду=150, которая при бурении цементационной скважины №5 использовалась как превентор (герметизатор при чрезвычайной ситуации). Эту работу керченские специалисты с успехом выполнили (рис.4).

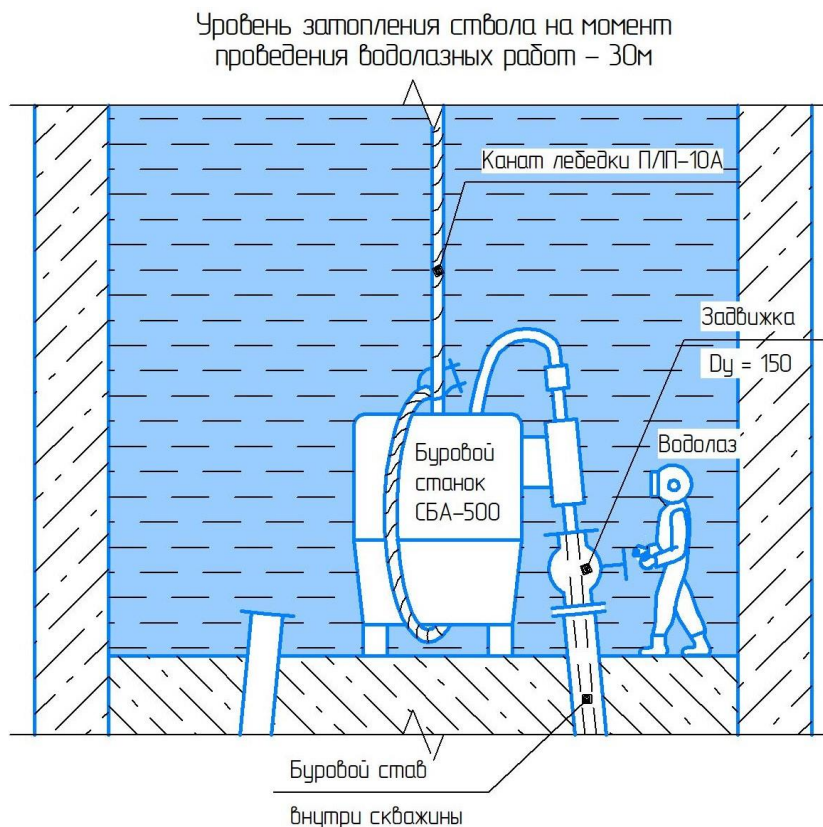


Рис.4. Водолазные работы при ликвидации аварии

Окончание цементации. По завершении специальных водолазных работ проходчики успешно откачали воду насухо до «подушки». Нужно отметить, что значительного поступления метана в ствол в это время не происходило, так как аварийная скважина была загерметизирована. Однако свинцовая прокладка на стыке задвижки и кондуктора во время вывода из скважины бурового става была частично повреждена, что привело к «шипуну» метана в этом месте. Концентрация метана при выполнении этих работ не превышала 1%. Восстановив нагнетательную линию для цементного раствора, проходчики за сутки закачали в песчаник $I_3SI_4^{\circ}$ 105 м^3 раствора, остановив закачку по достижении давления 30 МПа.

В июне 1982 г. цементационные работы по нижней пачке песчаника $I_3SI_4^{\circ}$ были успешно завершены: оставшиеся 5 скважин были пробурены до глубины 36 м с пересечением почвы песчаника на отметке - 610 м, в них было произведено нагнетание цементного раствора до расчётного давления 30 МПа в общем количестве 34 м^3 .

В июле 1982 г. «подушку» в забое ствола разобрали на отбойный молоток, выполнили ремонт и ревизию призабойной опалубки, которая

во время аварии была полностью забетонирована, и возобновили проходку ствола. Строительство ствола закончили в ноябре 1982 г. вместе с разделкой сопряжения с горизонтом 774 м. Остаточный приток воды в ствол незначительно превысил допустимую норму и составил 6,2 м³/час. В 1983г. на поверхности рядом со стволом построили вентилятор главного проветривания, и все последующие годы эксплуатации шахты имени М.И. Калинина восточный вентиляционный ствол успешно использовали для отвода из шахты исходящей струи воздуха.

Выводы.

1. Во избежание внезапных прорывов воды или газа при проходке вертикальных стволов категорически неприемлемо отступать от принятой проектом технологии водоподавления с поверхности или из забоя, а также игнорировать необходимость бурения опережающих разведочных скважин на водоносные горизонты.
2. Бурение разведочных и рабочих цементационных скважин следует производить через превенторы – устройства, обеспечивающие ликвидацию внезапного прорыва воды или газа в начальный период аварии. Для гарантированного срабатывания превентора необходимо предусматривать два способа подъёма бурового инструмента в скважине.
3. Технология ликвидации аварии с применением специальных водолазных работ, описанная в настоящей статье, может быть рекомендована в аналогичных ситуациях, когда подземные воды в момент выполнения работ находятся в состоянии гидравлического равновесия.

Перечень ссылок

1. Тюркян Р.А., Маргулис Е.М. 200 м/мес готового ствола совмещенным способом // Шахтное строительство, М. – 1982. – №11. – С.4-8.
2. Миндели Э.О., Тюркян Р.А. Сооружение и углубка вертикальных стволов шахт. М.: Недра, - 1982. - 312 с.
3. Насонов И. Д. Технология строительства горных предприятий: специальные способы строительства / И. Д. Насонов, М. Н. Шуплик, В. И. Ресин. – М.: Недра, - 1990. – 350 с.
4. Исполнительная маркшейдерская документация проходки восточного вентиляционного ствола шахты имени М.И. Калинина (июнь 1981 г. – ноябрь 1982 г.) - Донецк: архив кафедры СЗПСиг ДонНТУ. – 41 с.

УДК 622.822.22+553.2

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЕПЛА ИЗ САМОНАГРЕВАЮЩИХСЯ УГЛЕПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

А.О. Новиков

ФГБНУ «Институт физики горных процессов»,

г. Донецк

aleksandr_novikov_60@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по разработке технологии извлечения приповерхностного тепла из самонагревающихся угле породных отвалов Донбасса для использования при отоплении теплиц. Срок окупаемости инвестиционных проектов на основе предложенной технологии – 3 года.

Annotation. The article presents the results of research on the development of technology for extracting near-surface heat from self-heating coal of rock dumps of Donbass for use in heating greenhouses. The payback period for investment projects based on the proposed technology is 3 years.

Ключевые слова: самонагревающийся, угле породный отвал, технология, извлечение, тепло.

Keywords: self-heating, coal rock dump, technology, extraction, heat.

При существующей на шахтах Донбасса технологии, складированные на поверхности отходы угледобычи и обогащения являются огромными аккумуляторами тепловой энергии, неизбежно выделяемой при развитии в них процессов окисления, самонагревания и самовозгорания. Протекающие в отвалах десятками лет тепловые процессы сопровождаются выделением в атмосферу загрязняющих ее продуктов горения (в том числе оксиды углерода и серы), являются для населения, проживающего на прилегающих к шахтам территориях, дополнительным источником техногенной опасности. Снизить вредную техногенную нагрузку на окружающую среду, можно технологически воздействуя на протекающие в отвалах процессы окисления, отводя от них тепло и регулируя температуру внутри [1]. При этом сокращается количество выделяемых продуктов горения угля, предотвращается образование очагов самовозгорания.

Разрабатываемая в ФГБНУ «Институт физики горных процессов» технологическая схема извлечения и использования тепловой энергии самонагревающихся угле породных отвалов («Технологическая схема...») направлена на снижение негативного воздействия техногенных образований угольного типа на окружающую среду и

рациональное использование энергетических ресурсов. Алгоритм разработки «Технологической схемы...» представлен на рис. 1.

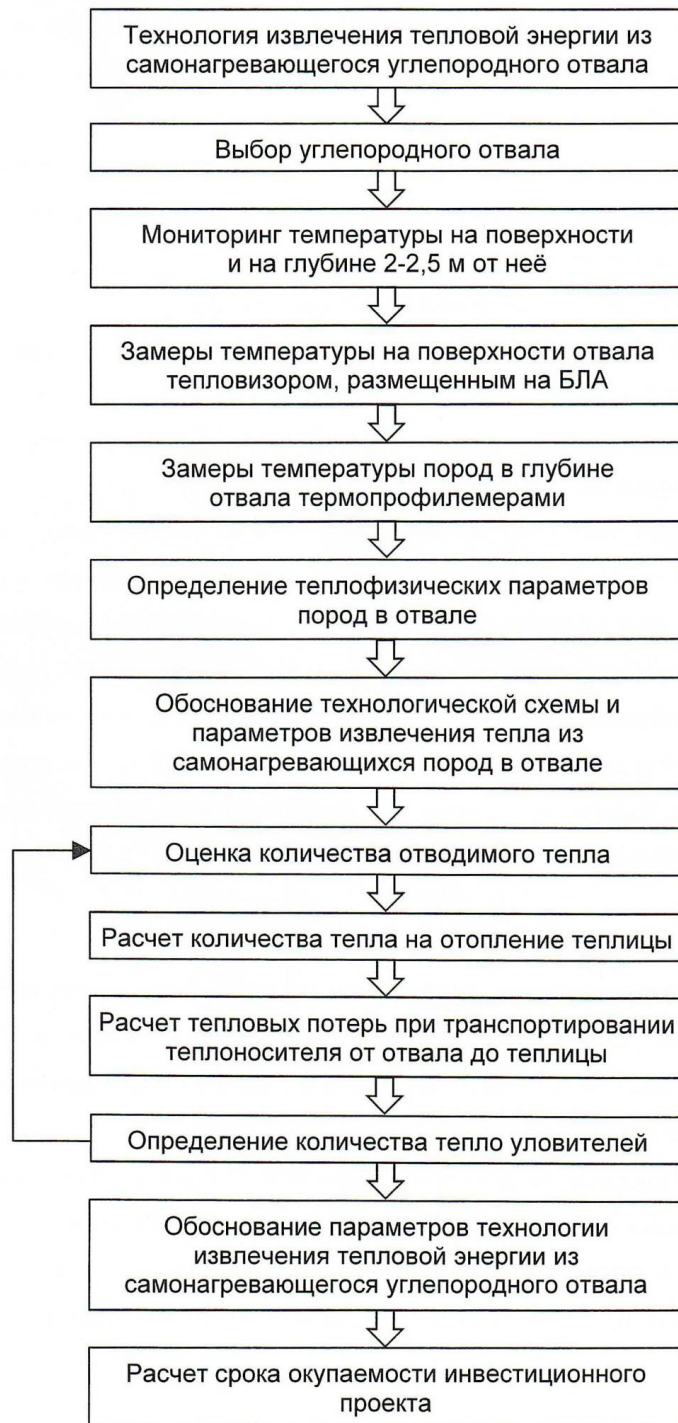


Рис. 1. Алгоритм разработки «Технологической схемы...»

К **основным параметрам** технологии извлечения тепла из разогретых пород углепородного отвала относятся:

- температура разогретых пород в зоне отбора приповерхностного тепла (устанавливается экспериментально, при выполнении работ по мониторингу тепловых процессов в породном отвале);
- количество тепла, которое можно отвести из отвала не допуская его остывания (рассчитывается из условия, что будут обеспечены комфортные условия для жизнедеятельности тионовых бактерий);
- возможное количество «точек» отбора тепла на поверхности отвала рассчитывается из уравнения теплового баланса);
- расстояние от места извлечения тепла до теплицы (рассчитывается с учетом снижения температуры теплоносителя на единицу расстояния при прокачке его от отвала до теплицы);
- количество тепла, необходимое для обогрева теплицы;
- потери тепла при перекачке теплоносителя от отвала до теплицы;
- срок окупаемости инвестиционного проекта по использованию тепла.

Предварительно, по результатам температурных съемок, проводимых на действующих отвалах, осуществляется отбор 1-2 участков, на которых производится визуальное обследование, также для этого используются тепловизоры, устанавливаемые на беспилотные летающие аппараты. С их помощью, по фиксируемой энергетической светимости определяют температурный контраст между температурой воздуха и пород на поверхности отвала. Для мониторинга температуры в глубине угле породного отвала используются специально разработанные термопрофилемеры [1], устанавливаемые в предварительно пробуренные на отобранных участках скважины глубиной 2,0-2,5 м. По результатам наблюдений за тепловым состоянием отвала, проводимым в течении года, проектируется регулируемое отведение теплоты от него.

Извлечение теплоты самонагревающегося отвала в технологических схемах осуществляется путем введения в тело отвала нескольких тепло уловителей, внутрь которых с регулируемой скоростью будет подаваться холодная вода. Для прокачки теплоносителя используются тепловые насосы.

Создаваемая технологическая система, позволяет извлекать теплоту из самонагревающегося угле породного отвала, используя регулируемый отвод тепла от источников разогрева пород «тепловых биотических пирито-топливных котлов», при этом, обеспечивается температурная стабилизация на длительный период процесса

жизнедеятельности отвальной популяции тионовых микроорганизмов. Оптимальным для жизнедеятельности тионовых бактерий принят температурный диапазон от +20°C до +70°C. Отводимое тепло будет использоваться для отопления теплиц. Тепло уловитель представляет собой скважину со змеевиком, заполненную хорошо теплопроводящим материалом.

При расчетах количества тепла, отводимого от пород в отвале через тепло уловители использовалось уравнение теплового баланса, в котором учитывались потери тепла при транспортировании теплоносителя до теплицы и тепло на ее отопление.

Выводы. Выполненные предварительные экономические расчеты показывают, что при выращивании и реализации в отапливаемой петротермальным теплом теплице сельскохозяйственных культур (зелень, клубника, огурцы или томаты) поступления составят до 700 тыс. руб. в месяц, а срок окупаемости такой технологии – 3 года.

Перечень ссылок

1. Гузеев О.А. О предпосылках создания системы извлечения теплоты само-нагревающегося углепородного отвала Донбасса / О.А. Гузеев, Е.А. Пономарева / Мониторинг науки и технологии. -2025. - №2, С. 66-72. DOI: <https://doi.org/10.25714/MNT.2025.64.009>.

УДК 622.268.6

НАПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПОДДЕРЖАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НА ГЛУБОКИХ УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ В СОДИЗЪЮНКТИВНЫХ ЗОНАХ

И.В. Дудка, А.А. Шарко

ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени
Владимира Даля», Антрацитовский институт геосистем и
технологий (филиал),

г. Антрацит

dudka.ivan.afgt@mail.ru, wagerlex@yandex.ru

Аннотация. В работе рассматриваются технические решения для обеспечения устойчивости подготовительных выработок на больших глубинах в условиях влияния зон дизъюнктивных нарушений. Предложены направления повышения эффективности поддержания подготовительных выработок.

Annotation. The paper considers technical solutions to ensure the stability of preparatory workings at great depths under the influence of zones of disjunctive disturbances. The directions of increasing the efficiency of maintaining preparatory workings are proposed.

Ключевые слова: шахта, поддержание, дизъюнктивные нарушения, обводненность, устойчивость.

Keywords: mine, maintenance, disjunctive disorders, waterlogging, stability.

Разработка угольных месторождений, особенно на больших глубинах, сопряжена с ухудшением горно-геологических и горнотехнических условий. Данная проблема приобретает все большее значение.

Несмотря на большое количество разработанных в настоящее время способов поддержания подготовительных выработок вопрос обоснования рациональных параметров поддержания выработок с учетом влияния содизъюнктивных зон продолжает оставаться весьма актуальным в связи с тем, что разнообразие горно-геологических и геомеханических условий, в которых эксплуатируются выработки, не позволяет выработать единый эффективный способ поддержания и охраны.

Цель работы – анализ основных проблем поддержания подземных горных выработок в глубоких угольных шахтах и нахождение современных технических решений, позволяющих повысить устойчивость выработок и снизить затраты на их поддержание.

Первым, среди основных естественных факторов, ухудшающих поддержание подготовительных горных выработок на больших

глубинах, является горное давление, под влиянием которого происходят значительные деформации и смещения боковых пород, что затрудняет сохранение устойчивости и необходимого поперечного сечения выработок во время их эксплуатации. Горные выработки, особенно подготовительные участковые при столбовой системе разработки на шахтах глубиной 600 м и более, еще до их эксплуатации начинают сильно деформироваться вследствие интенсивного проявления горного давления. В большинстве глубоких шахт суммарное смещение пород кровли и подошвы в период эксплуатации может превышать 2 м. Стоимость крепления составляет до 60% стоимости выработки, а в случае перекрепления до 75%. Это обусловлено тем, что в случае перекрепления плотность установки крепи увеличивается в 2, и даже в 3 раза. Это приводит к значительному увеличению себестоимости добываемого угля, как по участку, так и по шахте в целом.

Основные и участковые подготовительные выработки поддерживаются крепью, которая допускает деформации вмещающих пород с проявлениями сводообразования и пучения. Эти процессы протекают во времени и скорость их развития зависит от степени влияния опорного давления от соседних очистных забоев и выработанных пространств, зон тектонических нарушений, а также от сопротивления крепи. Выбор типа крепи и ее параметров определяется характером протекания геомеханических процессов во времени. Как правило, для крепления таких выработок применяются металлические, металло-бетонные или деревянные рамные крепи трапецевидной или арочной формы. Крепь таких выработок должна обладать значительной податливостью (до 1300 мм) при сохранении номинального сопротивления [1].

Также обводненность вмещающих пород, окружающих подземную выработку, весьма отрицательно сказывается на состоянии горных выработок и является одним из главных факторов существенного уменьшения прочностных характеристик боковых пород, резкого ухудшения их устойчивости [2].

Исследование состояния и поддержания подготовительных горных выработок проводилось в условиях трех антрацитовых шахт: «Должанская-Капитальная», им. В.В. Вахрушева и «Комсомольская». Было проанализировано состояние 12 подготовительных выработок, что подтверждает вышеизложенное.

Изучение деформационных процессов в окружающих выработки породах на больших глубинах показало, что многие известные способы поддержания, технологические и технические решения исчерпали свои возможности в части обеспечения устойчивости выработок [2].

Известно, что устойчивость эксплуатируемых выработок обеспечивается следующими способами:

- 1) приданием поперечному сечению выработок надлежащей формы и размеров;
- 2) сохранением более прочных пород в кровле и почве, а также целиков полезного ископаемого;
- 3) сооружением искусственной крепи;
- 4) расположением выработок в зонах наименьших напряжений
- 5) искусственным снижением напряжений породы
- 6) искусственным укреплением пород, окружающих выработку.

Возможна также комбинация указанных способов.

Устойчивость выработки в зависимости от воздействия различных факторов в общем случае может быть представлена выражением [3]:

$$\omega = f(\sigma_c, m, S, \alpha, H, Q, t, \lambda, \dots), \quad (1)$$

где σ_c – прочность пород кровли на сжатие, МПа;

m – мощность слоев пород кровли, м;

L – длина выработки, м;

α – угол напластования пород, град;

H – заложения выработки, м;

Q – водоприток, м³/час;

t – срок эксплуатации выработки, мес;

λ – густота трещин массива, тр./м.

Для оценки устойчивости выработок в настоящее время используется показатель устойчивости [3]

$$\omega_N = \frac{N - N_\partial}{N}, \quad (2)$$

где N – общее число рам крепи, шт;

N_∂ – число деформированных рам крепи, шт.

При разработке перспективных и эффективных направлений поддержания подземных горных выработок выделено два основных эффективных направления:

- применение комбинированного крепления с повышенной несущей способностью в условиях интенсивной трещиноватости;

- формирование несущих водонепроницаемых конструкций в обводненном трещиноватом закрепном пространстве из вязкопластичных материалов.

Поэтому в зонах аварийности горной выработки показатель повышения устойчивости можно выразить формулой формулой:

$$\omega_N = k_w \frac{N - \zeta N_d}{N}, \quad (3)$$

где k_w – коэффициент водоизоляции пород кровли;

ζ – показатель повышения несущей способности крепи.

Учет коэффициентов водоизоляции пород кровли и покателя повышения несущей способности крепи позволяет увеличить точность показателя устойчивости выработки.

Выводы.

1. Основной проблемой поддержания выработок является потеря устойчивости из-за интенсивного проявления горного давления с увеличением обводненности и глубины ведения работ.
2. Обоснованы направления повышения эффективности поддержания подготовительных выработок применения комбинированного крепления с повышенной несущей способностью и предварительного упрочнения массива с формированием несущих водонепроницаемых конструкций, которые позволяют повысить срок службы выработки в несколько раз.

Перечень ссылок

1. Палейчук, Н. Н. Основы горно-строительного производства : учеб. пособие / Н. Н. Палейчук, А. А. Шарко, А. Ю. Лазебник. – Луганск : Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2021. – 250 с.
2. Должиков, П. Н. Устойчивость горизонтальных выработок глубоких шахт в обводненных породах / П. Н. Должиков, А. Э. Кипко, Ю. И. Кобзарь, Ю. П. Должиков. – Донецк : Норд-Пресс, 2010. – 191 с.
3. Должиков, П. Н. Устойчивость выработок в интенсивно трещиноватых породах глубоких шахт: монография. / П. Н. Должиков, А. Э. Кипко, Н. Н. Палейчук. – Донецк: Світ книги, 2012. – 220 с.

УДК 622.26

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПОВ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НА СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ

И.В. Дудка

ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет им. В. Даля
Антрацитовский институт геосистем и технологий»

г. Антрацит

dudka.ivan.afgt@mail.ru

Аннотация. В статье выполнен анализ влияния скорости проведения горных выработок на скорость движения очистного забоя. Проведено сравнение скорости проведения подготовительных выработок двух угольных шахт с различным потенциалом. Обоснована необходимость заблаговременного проведения подготовительных выработок для обеспечения высокой скорости движения очистного забоя.

Annotation. This article analyzes the impact of mine development speed on production face speed. The development speeds of two coal mines with different potentials are compared. The need for early development of development drifts to ensure high production face speed is substantiated.

Ключевые слова: скорость проведения, подготовительная выработка, скорость движения очистного забоя.

Keywords: speed of execution, development workings, speed of movement of the working face.

Интенсивная разработка угольных пластов на шахтах привела к значительному увеличению глубины ведения горных работ. За последние годы средняя глубина разработки угольных пластов увеличилась на 62 м, и в среднем составляет 713 м, что соответственно привело к увеличению отрицательных проявлений горного давления [1]. Для крепления подготовительных выработок преимущественно (92...98%) применяется податливая крепь из спецпрофилей СВП-27 и СВП-33, масса которой на одном метре выработки достигает 600...1000 кг, а в среднем по Донбассу – 650 кг профиля, что снижает темпы проведения выработок. В связи с этим удельный расход проката чёрных металлов для крепления выработок достиг 3,5...4,0 т на 1000 т добытого угля [2]. Трудоёмкость работ по поддержанию выработок в среднем составляет 82...85 чел./смен на 1000 т среднесуточной добычи.

Анализ темпов проведения горных выработок. Выполним анализ темпов проведения вскрывающих и основных подготовительных

выработок на шахте «Партизанская» за 10 лет и сравним с показателями шахты «Комсомольская» (рис. 1, 2).



Рис. 1. Темпы проведения выработок на шахте «Партизанская»



Рис. 2. Темпы проведения выработок на шахте «Комсомольская»

В данной статье данные для сравнения взяты из архива, т.к. шахта «Партизанская» уже закрыта. Целью данной статьи является анализ влияния скорости проходки на скорость движения очистного забоя.

В скорости проведения выработок на шахте «Партизанская» наблюдается отсутствие стабильности, во многих случаях она опускается до 10...20 м/мес., затем резко возрастая. За 10 лет работы средняя скорость проведения возросла незначительно – всего на 7 м/мес.

На шахте «Комсомольская» за этот же период темпы проведения увеличились более существенно – на 20 м/мес. Происходило это более стабильно, чем на шахте «Партизанская».

За период с 2009 г. по 2013 г. средняя скорость проведения на шахте «Партизанская» составила: просек и печей – 51,9 м/мес., уклонов с ходками – 31,4 м/мес., подготовительных штреков – 31,8 м/мес., магистральных штреков – 25 м/мес., квершлагов – 15,7 м/мес., прочих выработок – 31,6 м/мес.

На шахте «Комсомольская» скорость проведения составила: просек и печей 64,5 м/мес., уклонов с ходками – 50 м/мес., подготовительных штреков – 55,1 м/мес., магистральных штреков – 35,2 м/мес.

Сравнение данных показывает, что скорость проведения печей и просеков на шахте «Партизанская» на 19,5 % меньше, чем на шахте «Комсомольская», уклонов с ходками - на 37,2 %, подготовительных штреков – на 43 %.

Влияние темпов проведения подготовительных выработок на скорость движения очистного забоя. Для своевременной подготовки новых запасов к отработке, скорость проведения подготовительных выработок должна быть стабильно высокой. Если данное условие не будет выполняться, то скорость подвигания очистных забоев снизится.

По результатам сравнения среднемесячного подвигания действующей очистной линии забоев, за период с 2009 г. по 2013 г., со скоростью проведения подготовительных штреков, построены графики (рис. 3, 4).



Рис. 3. Сравнение темпов по шахте «Партизанская»



Рис. 4. Сравнение темпов по шахте «Комсомольская»

Анализ данных показывает, что снижение или повышение скорости проведения подготовительных выработок, практически зеркально отражается через некоторое время на скорости движения действующей линии очистных забоев (рис. 5, 6).

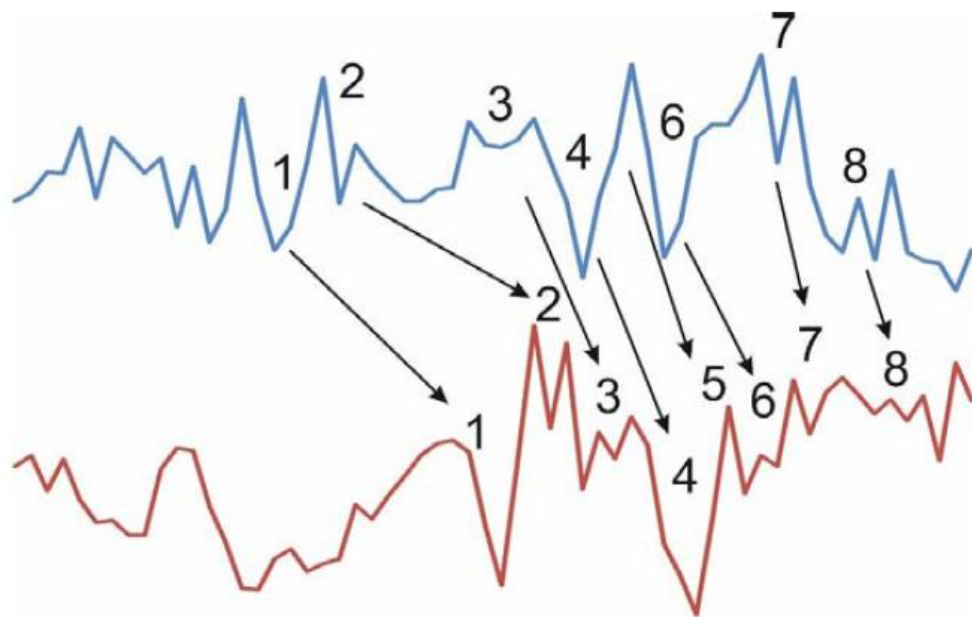


Рис. 5. Фазы отражения скорости проведения подготовительных выработок на скорости движения очистного забоя по шахте «Партизанская»

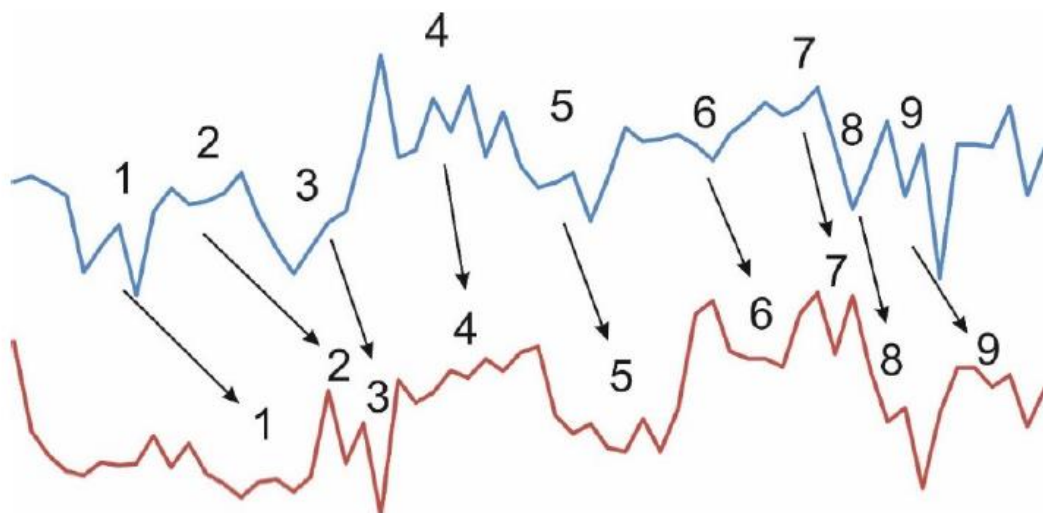


Рис. 6. Фазы отражения скорости проведения подготовительных выработок на скорости движения очистного забоя по шахте «Комсомольская»

Временной период повторения снижения либо повышения скорости различный. На шахте «Партизанская» можно отследить уменьшение периода отражения с 14 месяцев до 2-х в течении 3-х лет (рис. 7, 8).

На шахте «Комсомольская» сокращение отрезка времени на отражение идет с 9 месяцев до 0. Это обусловлено более высокими темпами повышения скорости движения линии очистного забоя, чем проведения выработок. Отрезок времени равный 0 означает, что отсутствуют предварительно подготовленные запасы и скорость движения лавы зависит от скорости проходки.

Выводы. Установлено, что заблаговременное проведение подготовительных выработок является залогом высокой скорости очистного забоя. В этом случае влияние скорости проведения выработок на скорость движения очистного забоя является минимальным. Большие отрезки времени отражения скорости проведения подготовительных выработок на скорости движения очистного забоя на шахте «Партизанская» обусловлены маленькой скоростью движения линии очистного забоя, а уменьшение свидетельствует о снижении скорости проведения.

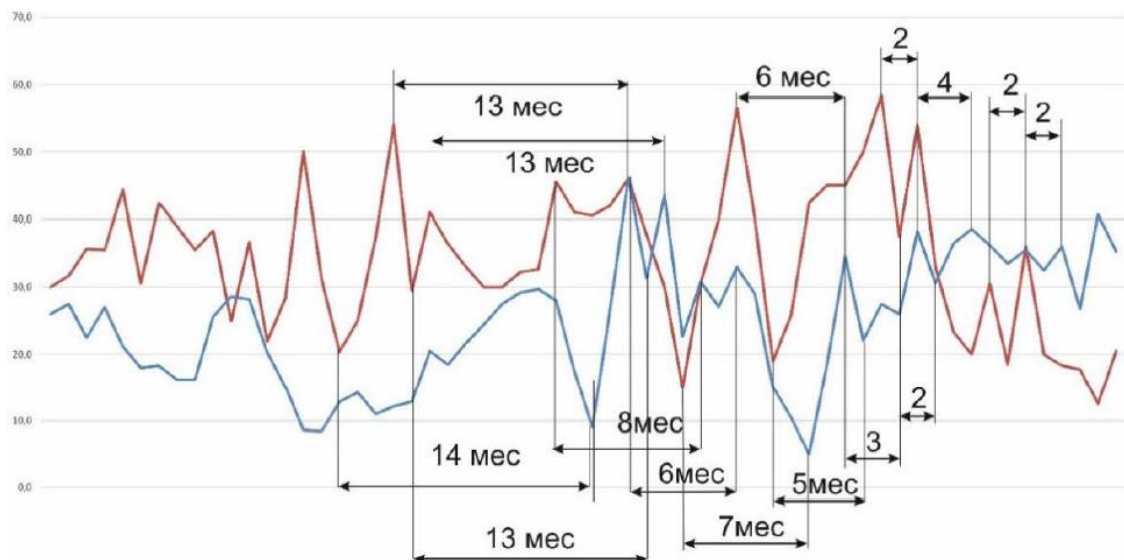


Рис. 7. Временные периоды отражения скорости проведения подготовительных выработок на скорости движения очистного забоя шахты «Партизанская», мес.

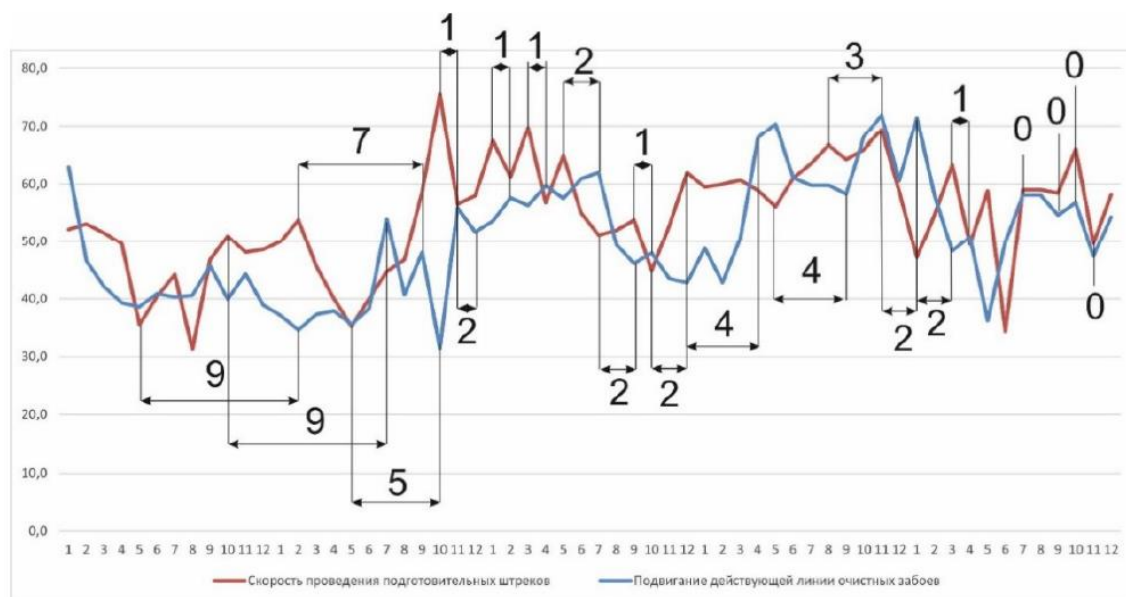


Рис. 8. Временные периоды отражения скорости проведения подготовительных выработок на скорости движения очистного забоя шахты «Комсомольская», мес.

*Сборник научных трудов V форума
студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков
«ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ДЕЛА»
г. Донецк, ДонНТУ, 27-28 ноября 2025 г.*

Перечень ссылок

1. Медяник В.Ю. Поддержание подготовительных выработок при комбинированной системе разработки на больших глубинах / В.Ю.Медяник, Ю. А. Медяник // Научный вестник НГАУ, 2002. – №6.

2. Старчак Г.Г. Способы охраны выработок, предназначенных для повторного использования [Текст]. Материалы международной конференции «Форум горняков 2010. – Д: Национальный горный университет, 2010. – С. 211 – 215.

УДК 622.281

УДК 622.281

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРОЧНОЙ И АНКЕРНОЙ КРЕПИ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ ШАХТЫ «БЕЛОРЕЧЕНСКАЯ»

И.В. Дудка

ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет им. В. Даля
Антрацитовский институт геосистем и технологий»

г. Антрацит

dudka.ivan.afgt@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены методики измерения деформаций металлической арочной и анкерной крепей. Обоснованы преимущества новых предлагаемых методик. Рассмотрены вопросы внедрения новых комбинаций устройств для измерения смещений контура крепи.

Annotation. This article examines methods for measuring contour displacements of arch and anchor supports. The advantages of the new proposed methods are substantiated. The implementation of new device combinations for measuring contour displacements is discussed.

Ключевые слова: смещения контура крепи, рамная крепь, анкерная крепь, устройство.

Keywords: support contour displacements, frame support, anchor support, device.

Исходными данными при изучении деформационных процессов в массиве горных пород и при разработке средств и способов повышения устойчивости выработок всегда были результаты измерений, полученные непосредственно в шахтных условиях.

Методика устройства замерных станций на шахте «Белореченская». Технология установки замерных станций предполагала их установку вне зоны влияния опорного давления лавы. Затем выполнение замеров смещений по мере подхода очистного забоя, его перехода станций и измерения после прохода лавы.

Первоначально предполагалось обустройство контурных замерных станций с заделкой деревянных штырей в коротких шпурах, пробуренных в кровлю и бока исследуемой выработки. Однако, в ходе визуального обследования этот вариант оказался неприемлем, т.к. при бесцеликовой технологии отработки деревянный репер извлекается вместе с пластом угля и дальнейшие наблюдения невозможны.

Вследствие этого, было принято решение обустроить замерные станции непосредственно на рамах, наблюдая за деформациями элементов арочной крепи с течением времени после смещения боковых пород по мере передачи нагрузки на несущие элементы крепежных

рам. Замерная станция представляет собой несколько контрольных точек, нанесенных краской на раму крепи или бок выработки.

Традиционная методика проведения исследований деформационных процессов в породном массиве вокруг подземной выработки, закрепленной рамной металлической крепью предполагает периодические измерения смещений внутреннего контура крепи и почвы выработки. Измерение параметров выполняется с помощью простых инструментов и приборов (рулетка ВНИМИ, отвес, стойки СУ-2 и др.) [1]. Недостаток этой методики и применяемых инструментов заключается в том, что для выполнения измерений необходимо фиксировать измерительные инструменты и приборы одновременно на противоположных сторонах выработки (крепи), что увеличивает трудоемкость процесса получения результатов. Большие сложности вызывает проведение таких измерений в выработке с ленточным конвейером, что требует дополнительных усилий для фиксации точек или делает невозможным проведение измерений, когда конвейер работает.

Более удобным в этом плане является устройство для исследования деформаций крепи горных выработок, описанное в [2]. Порядок проведения замеров заключается в нанесении краской меток на стойках и верхняке крепи, после чего измерения выполняются с помощью лазерного дальномера BOSCH DLE 50 с точностью измерений $\pm 1,5$ мм. К одной из меток на стойке прикладывают дальномер с последующим наведением лазерного луча на противоположную метку с измерением расстояния до нее. Замер высоты выработки осуществляется от шнура, натянутого между метками на противоположных стойках, до метки на верхняке, и от шнура к почве. Сумма этих двух показателей равна полной высоте выработки. Недостатком данной методики является то, что при проведении измерений в вертикальной плоскости, необходимо устройство горизонтального уровня с помощью шнура, который нуждается в фиксации одновременно на противоположных сторонах выработки (крепи). Затрудняет проведение этой операции в выработке наличие ленточного конвейера, что требует дополнительных усилий для фиксации шнура, или, как и в предыдущей методике, делает невозможным проведение измерений во время работы конвейера.

Более удобным в этом плане является устройство для исследования деформаций крепи горных выработок. Порядок проведения замеров заключается в нанесении краской меток на стойках (боках выработки) и верхняке крепи, после чего измерения выполняются с помощью конструкции, включающей вешку телескопическую и лазерный дальномер (рис. 1).

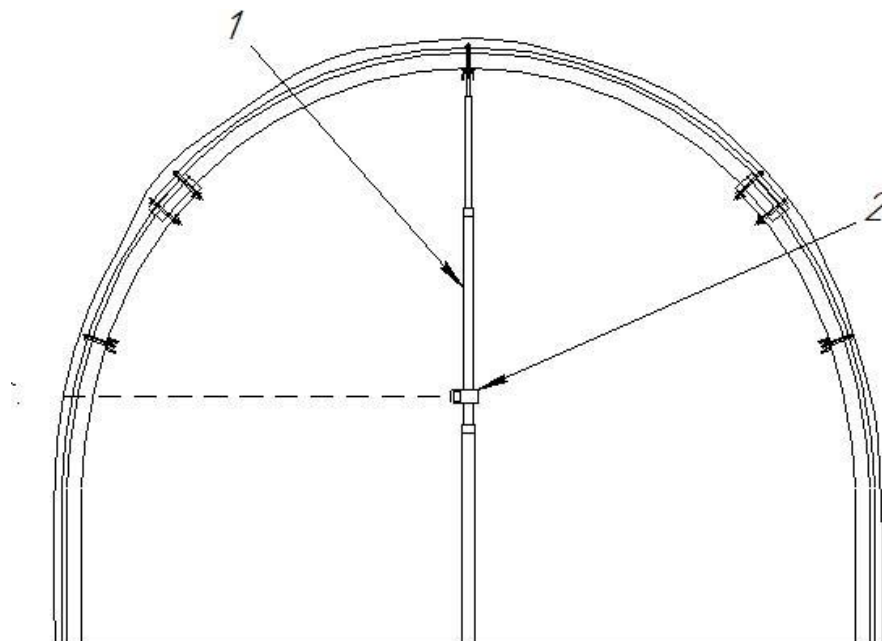


Рис. 1. Оборудование, используемое для проведения замеров: вешка телескопическая (1), лазерный дальномер (2)

Точность измерений лазерного дальномера составляет $\pm 1,5$ мм. На рис. 2 приведены поперечное сечение металлической крепи и параметры выработки, которые измеряются или вычисляются.

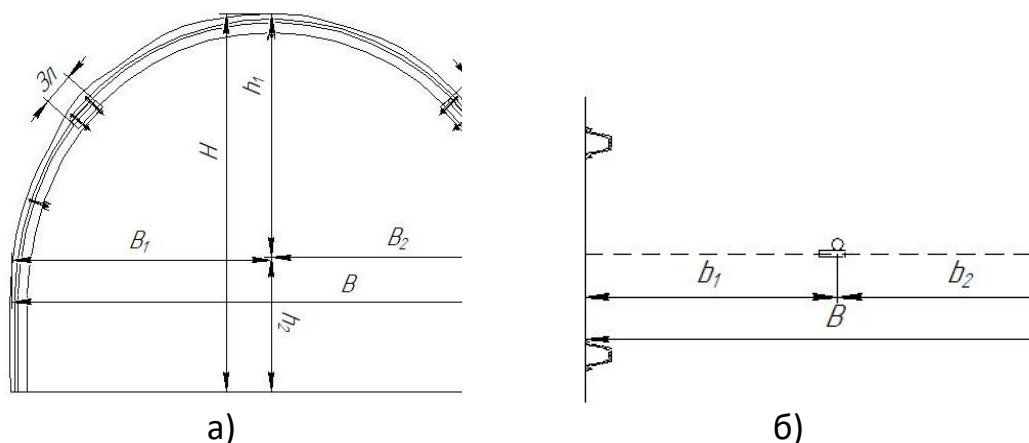


Рис. 2. Измеряемые параметры при проведении инструментального мониторинга: поперечное сечение выработки (а), вид сверху (б)

При проведении инструментального мониторинга ширина выработки B делится на две полуширины b_1 и b_2 , а высота H на две полувысоты h_1 и h_2 . Это необходимо для определения смещений кровли, почвы и каждого бока выработки отдельно. Привязка к горизонту ведется от противоположного очистному забою бока выработки. Результаты измерений заносятся в табл. 1.

Таблица 1

Сводная таблица результатов замеров при арочной крепи

ш. _____ сентября 20__ г.

№ п/п	ПК	B	b_1	b_2	H	h_1	h_2
ЗС1							
ЗС2							
ЗС3							

При рамно-анкерной крепи выработки последовательность операций остается такая же, однако замеры производятся от бока выработки до анкера. На одной замерной станции проводится несколько замеров на разном уровне (рис. 3). Далее в камеральных условиях производится непосредственный расчет ширины выработки. Полученные результаты заносятся в табл. 2.

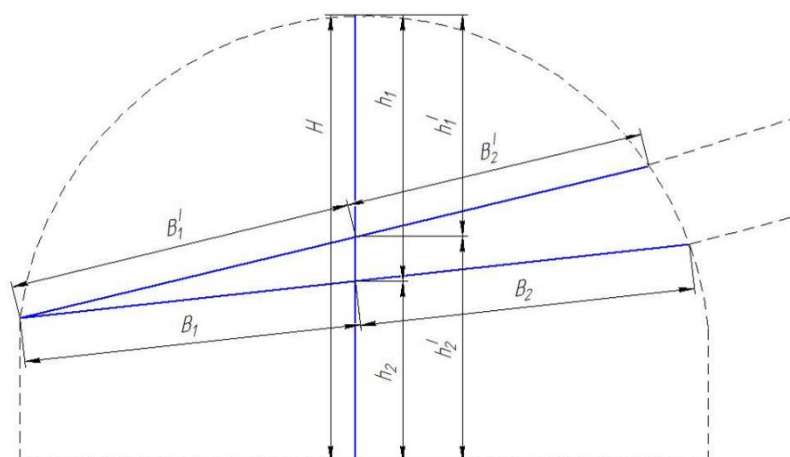


Рис. 3 – Измеряемые параметры при рамно-анкерной крепи

Таблица 2

Сводная таблица результатов замеров при рамно-анкерной крепи

ш. _____ сентября 2018 г.

№ п/п	ПК	h_1	h_2	b_1	b_2	h_1'	h_2'	b_1'	b_2'
ЗС1									
ЗС2									
ЗС3									

Для измерения параметров смещения рамно-анкерной крепи применяется устройство, которое состоит из блока крепления и шарнирно соединенной с ним площадки, на которой расположены на одном уровне лазерный дальномер и лазерный уровень, с возможностью измерения высоты выработки относительно горизонтально спроектированного луча.

Схема измерительного пункта в выработке с установленным устройством и инструментами показана на рис. 4.

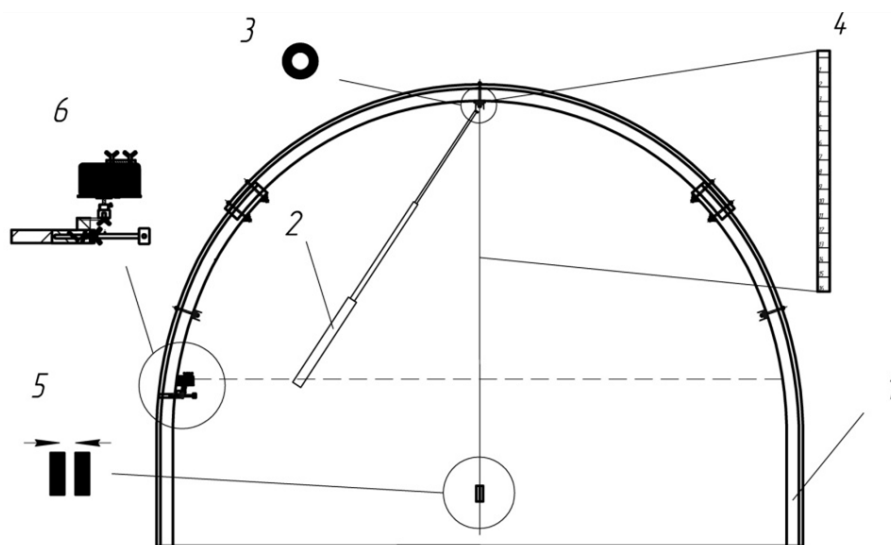


Рис. 4. Схема измерительного пункта замерной станции и применяемые инструменты:

1 – металлическая крепь; 2 – телескопический удлинитель для закрепления магнита в верхней точке крепи; 3 – магнит для закрепления ленты рулетки на в верхней точке крепи; 4 – лента рулетки; 5 – магниты-грузы закрепленные на нижней точке ленты рулетки; 6 – измерительное устройство (рис. 5)



Рис. 5. Установка измерительного устройства на стойке металлической крепи

Требования, которые соблюдались при устройстве замерных станций. Замерные станции устанавливались в пределах участков с выдержанными по длине горно-геологическими условиями, вне зоны влияния лавы, с неизменными параметрами крепи (вид, типоразмер, шаг установки крепи, материал затяжки и пр.). Расстояние между станциями составляло 5...10 м. Количество участков принималось индивидуально для каждой выработки. Участок для развертывания замерной станции, соответствовал следующим требованиям:

1. В местах, предусмотренных для установки станций, переборы сечения – минимальны, а форма контура – максимально близка к проектной.

2. Элементы рамной либо рамно-анкерной крепи, включая планки и хомуты замков, не имеют разрывов и сколов.

3. Рамы крепи соответствуют паспорту в части наличия и количества хомутов, межрамных стяжек, соответствия проектному шагу установки, наличия и целостности затяжки.

В случае, когда по ряду технологических либо прочих причин контрольный участок не мог в полной мере отвечать предъявляемым требованиям, выполнялась незначительная корректировка мест наблюдений с соответствующим отображением вносимых изменений.

Вывод. Достоинством применения данных методик является то, что измерение геометрических параметров внутреннего контура крепи осуществляется только в одной части выработки, исключая передвижения в другую. Все операции может выполнять один человек. Время на снятие необходимых параметров по одной раме крепи составляет 2...3 минуты, что позволяет за небольшой промежуток времени, провести серию измерений на значительном участке выработки. Данные методики позволяют отказаться от постоянных отвесов, трудоемкого и длительного проведения условного горизонтального уровня с помощью шнура, увеличивает точность измерений, а также позволяет работать в одной части выработки без перемещения через шахтное оборудование (конвейер) в другую. При этом существенно уменьшается трудоемкость выполнения измерений.

Перечень ссылок

1. Методические указания по исследованию горного давления на угольных и сланцевых шахтах // ВНИМИ. – Л., 1973. – 102 с.

2. Сергеев С.В., Севрюков В.В. Методика и результаты наблюдений за деформациями крепи горных выработок в богатых железных рудах КМА // Известия ТулГУ. Науки о Земле. Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2013. – Вып. № 1. – С. 170-176.

УДК 622.012:658.011.56

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНЫХ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Д.Г. Первая, В.Б. Скаженик, А.П. Серых
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
geosoftn@mail.ru

Аннотация. Проанализированы основные подходы к оценке возможных стратегий развития горнодобывающих предприятий. Отмечены недостатки принятия решений относительно стратегий развития угольных шахт Донбасса. На примере конкретной шахты рассмотрена технология построения пространственной компьютерной модели и её использование для оценки вариантов развития горных работ.

Annotation. The main approaches to assessing potential development strategies for mining enterprises are analyzed. Shortcomings in decision-making regarding development strategies for coal mines in Donbas are highlighted. Using a specific mine as an example, the technology for constructing a spatial computer model and its use in assessing mining development options is discussed.

Ключевые слова: технико-экономическая оценка месторождений, угольная шахта, пространственная модель, варианты развития горных работ, программное обеспечение.

Keywords: technical and economic assessment of deposits, coal mine, spatial model, mining development options, software.

Актуальность. В настоящее время угольная промышленность Донбасса находится в кризисном состоянии, обусловленным как внутренними (горно-геологическими и горнотехническими), так и внешними (экономико-финансовыми и геополитическими) факторами.

Глубина ведения горных работ, истощение запасов, устаревшее оборудование, высокая аварийность предопределяют низкую инвестиционную привлекательность угольных шахт. Падение мировых цен на уголь, глобальный тренд на снижение выбросов углекислого газа, высокая стоимость заёмных средств усугубляют сложную ситуацию в угольной отрасли.

В то же время закрытие угольных шахт приводит к возникновению дополнительных экологических проблем а также требует значительных финансовых ресурсов.

По данным [1], инвестор в угольные шахты Луганской народной республики оценил необходимый уровень вложений в 3 действующие шахты в 40 млрд. руб. Отсутствие господдержки, по мнению инвестора,

приведет к закрытию шахт, несмотря на то, что мощность угольного пласта на одной из шахт достигает 3-х метров.

В связи со значительными финансовыми, экологическими и социальными проблемами, возникающими при закрытии десятков угольных шахт, необходимы адекватные инструменты для оценки инвестиционной привлекательности угольных шах и для оценки возможных стратегий развития угледобывающих предприятий.

В сложившихся условиях решения относительно закрытия шахт могут приниматься ситуативно, без достаточных расчетных обоснований.

В мировой практике решениям относительно развития горных работ или относительно закрытия горнодобывающего предприятия предшествует комплексное технико-экономическое обоснование. При этом проводится аудит данных геологической разведки и разрабатывается компьютерная пространственная модель месторождения. С использованием модели проводится многовариантный пересчет вовлекаемых в отработку запасов месторождения при различных значениях прогнозной цены на добываемое полезное ископаемое а также расчет показателей рентабельности отработки запасов с учетом фактора времени.

Цель данной работы – на примере одной из шахт Донбасса рассмотреть технологию создания пространственной компьютерной модели шахты, позволяющей повысить адекватность оценки возможных стратегий развития предприятия.

Для построения модели использовалось программное обеспечение «Шахта 3D» [2, 3].

Перечень объектов модели угольной шахты, исходные данные для построения и различные способы построения модели объектов представлены в табл. 1.

С использованием программного обеспечения "Шахта 3D" построена пространственная модель части горных выработок шахты "Суходольская - Восточная" (рис.1).

Для построения модели земной поверхности и поверхности пласта использовалась триангуляция Делоне.

Существующие выработки строились исходя из векторизованных изображений бортов выработок.

Модель проектных и плановых выработок формировалась по заданному сечению выработки и указанию в программе трассы выработки. При этом возможна привязка выработок по координате Z либо к модели пласта (для пластовых выработок), либо к заданной плоскости (для полевых выработок).

В программе возможно автоматизированное построение разрезов и профилей вдоль заданной линии.

Таблица 1

Построение моделей объектов угольной шахты

Название объекта модели	Исходные данные	Способы построения модели
Земная поверхность	Топографическая основа земной поверхности. План горных выработок.	1. Векторизация изолиний поверхности. 2. Задание координат устьев разведочных скважин Триангуляция Делоне
Разведочные скважины	Геологический отчет (инклинометрия разведочных скважин и данные о структуре пласта).	Построение траекторий скважин в пространстве.
Поверхность пласта	Изогипсы пласта. Точки пересечения скважин с пластом.	1. Векторизация изогипс пласта 2. Построение кровли и почвы пласта по точкам пересечения скважин с пластом Триангуляция Делоне.
Существующие горные выработки	План горных выработок. Таблица маркшейдерских точек.	Векторизация бортов выработок. Привязка выработок по координате Z к маркшейдерским точкам. Триангуляция объемного тела.
Проектные горные выработки	План горных выработок.	Задание вида и параметров сечений горных выработок. Прорисовка трассы выработки в программе (средней линии выработки либо борта). Привязка выработки по координате Z Создание каркасной модели выработки.

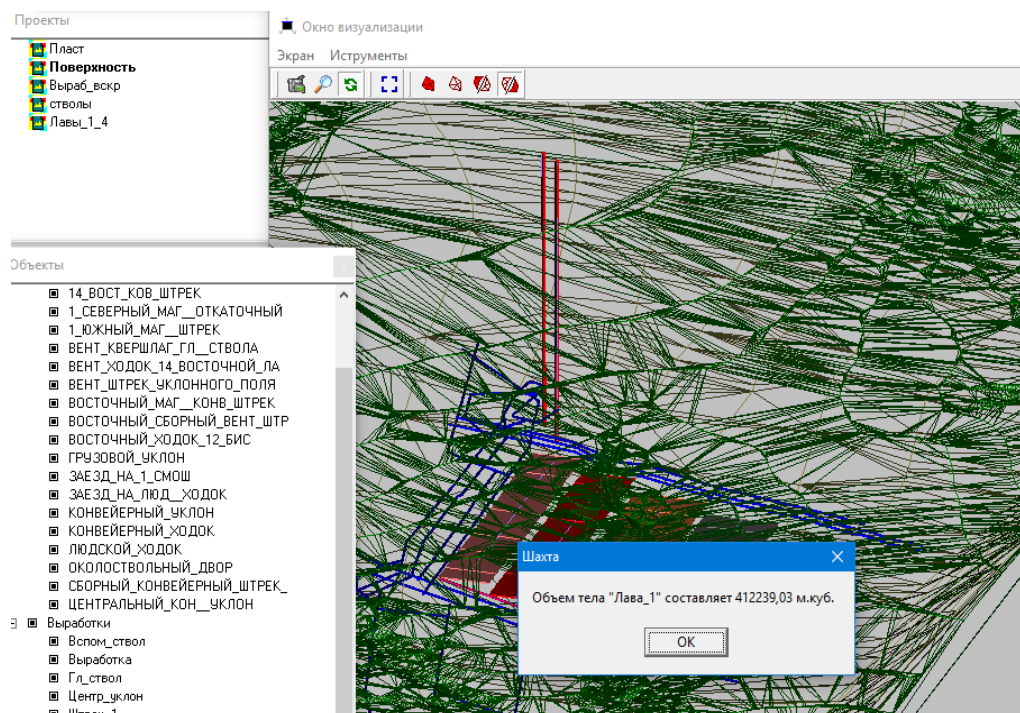


Рис. 1. Модель основных объектов угольной шахты

Автоматизация подсчетов объемов построенных тел (рис. 1) позволяет оперативно оценить запасы и объемы работ по нескольким вариантам развития горных работ.

Вывод. Построение полноценных пространственных моделей и реализация автоматизированной технико-экономической оценки позволят повысить объективность принимаемых решений относительно закрытия шахт либо целесообразности инвестиций в развитие горных работ.

Перечень ссылок

1. Инвестор в угольную отрасль ЛНР запросил Р40 млрд из ФНБ: [сайт]. URL: <https://www.rbc.ru/business/25/11/2025/692305ca9a794764262c7bcd?from=newsfeed> (дата обращения: 26.11.2025).
2. Скаженик В.Б. Проектирование разработки месторождений на основе компьютерного моделирования / В.Б. Скаженик// Известия Донецкого горного института. - 2011. - № 1. - С. 8-14.
3. Грищенко Н.Н. Пространственное моделирование зон многократной подработки горными выработками участков со сложной структурой рельефа /Грищенко Н.Н.,Скаженик В.Б., Бардакова Е.А., Чернышенко И.В. // Журнал теоретической и прикладной механики. ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет». 2024. № 3 (88). С. 89-99.

УДК 622.2

ROCKY DEM КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В.И. Кириленко
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы
Екатерины II»,
г. Санкт-Петербург
s235055@stud.spmi.ru

Аннотация. В работе рассматривается применение численного моделирования на основе метода дискретных элементов (МДЭ) в программном комплексе Rocky DEM для обоснования и оптимизации параметров системы разработки месторождений. Показано, что моделирование процессов выпуска руды позволяет количественно оценивать траектории движения частиц, их взаимодействие, а также формирование потерь и разубоживания при различных геометрических параметрах очистных выработок. Сделан вывод о эффективности использования Rocky DEM как инструмента цифрового анализа, позволяющего повысить качество проектирования и обеспечить оптимизацию параметров системы разработки.

Annotation. The paper considers the application of numerical modeling based on the discrete element method (DDE) in the Rocky DEM software package to substantiate and optimize the parameters of the field development system. It is shown that the modeling of ore release processes makes it possible to quantify the trajectories of particle movement, their interaction, as well as the formation of losses and dilution at various geometric parameters of the treatment workings. The conclusion is made about the effectiveness of using Rocky DEM as a digital analysis tool, which makes it possible to improve the quality of design and optimize the parameters of the development system.

Ключевые слова: численное моделирование; система разработки; коэффициенты разубоживания и потерь.

Keywords: numerical modeling; development system; dilution and loss coefficients.

Экономическая целесообразность является ключевым фактором при модернизации основных средств и внедрении передовых технологий. Поскольку многие рудники и шахты эксплуатируются уже десятилетиями, возрастает необходимость их обновления, разработки современных технических регламентов и проведения научно-исследовательских работ, направленных на обоснование безопасной и эффективной отработки оставшихся запасов [1, 2]. Цифровые и математические модели становятся необходимым инструментом для принятия управленческих решений, планирования работ и внедрения инновационных технологий, что делает их разработку одним из приоритетных направлений развития современной горнодобывающей отрасли. Наиболее

распространенными методами решения геотехнических и геомеханических задач являются:

– Метод конечных элементов (МКЭ) – численный метод, основанный на разделении массива на множество простых элементов, называемых конечными элементами. МКЭ позволяет решать задачи, связанные с перемещением и деформациями горных пород, напряженно-деформированным состоянием массива.

– Метод дискретных элементов (МДЭ) – численный метод, с помощью которого можно исследовать взаимодействие дисперсного материала, как систему отдельных частиц. Основное преимущество МДЭ заключается в том, что сложные процессы, такие как выпуск руды и пустых пород могут быть смоделированы без каких-либо чрезмерно упрощающих допущений. Каждая частица рассматривается с учетом взаимодействия ее с другими элементами и частицами системы.

– Метод конечных дискретных элементов (МКЭД) – численный метод, позволяющий моделировать интенсивное разрушение и фрагментацию элементов. МКЭД характеризуется системами, которые состоят из большого числа отдельных деформируемых тел, причем каждое тело разбито на конечные элементы.

Однако, только комплексное применение данных методов позволяет полноценно решать геотехнические и геомеханические задачи. Так, например, применение ПО Rocky DEM позволяет получить непосредственно данные по траектории, скорости, ускорению каждой частицы, показателям потерь и разубоживания при выпуске частиц.

На рис. 1 представлено моделирование процесса выпуска руды с различными расстояниями между очистными ортами – 17, 21 и 25 метров.

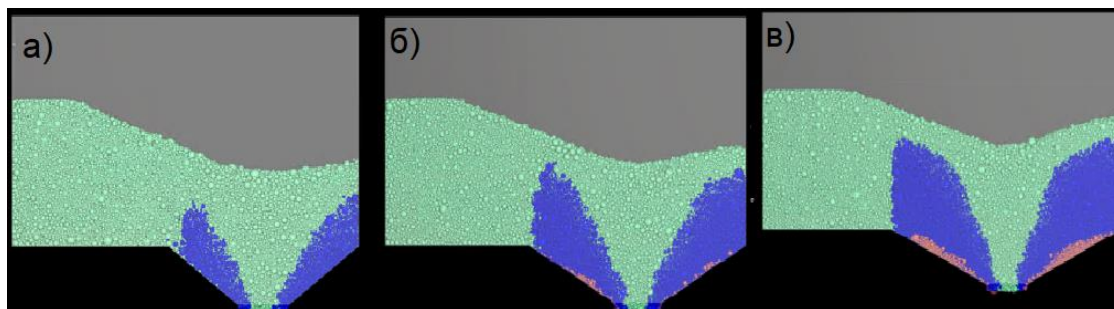


Рис. 1. Моделирование процесса выпуска руды в ПО Rocky DEM: а – расстояние между ортами – 17 м; б – расстояние между ортами – 21 м; в – расстояние между ортами – 25 м; красный цвет – частицы горных пород; зеленый цвет – обрванные горные породы; синий цвет – частицы руды

Вывод. Результаты моделирования демонстрируют, что цифровые технологии и программные комплексы нового поколения могут служить надёжным

инструментом обоснования технических решений на стадиях проектирования и эксплуатации. Применение Rocky DEM в сочетании с другими численными методами создаёт основу для формирования цифровых двойников технологических процессов и обеспечивает новый уровень управляемости горными работами. Таким образом, разработанная модель и полученные результаты подтверждают перспективность использования программного комплекса Rocky DEM как инструмента оптимизации параметров системы разработки и повышения технологической и экономической эффективности освоения месторождений.

Перечень ссылок

1. Зубов В. П., Трофимов А. В., Колганов А. В. Влияние особенностей управления состоянием массива горных пород на рудниках Талнахского рудного узла на показатели разубоживания // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. – № 12-1. – С. 87–106. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_121_0_87.
2. Трушко В. Л., Трушко О. В. Комплексное освоение железорудных месторождений на основе конкурентоспособных подземных геотехнологий // Записки Горного института. – 2021. – Т. 250. – С. 569-577. DOI: 10.31897/PMI.2021.4.10.
3. Пашкевич Н. В., Хлопонина В. С., Поздняков Н. А., Аверичева А. А. Анализ проблем воспроизводства минерально-сырьевой базы дефицитных стратегических полезных ископаемых // Записки Горного института. – 2024. – Т. 270. – С. 1004-1023. EDN HNTQBF.
4. Литвиненко В. С., Петров Е. И., Василевская Д. В., Яковенко А. В., Наумов И. А., Ратников М. А. Оценка роли государства в управлении минеральными ресурсами // Записки Горного института. – 2023. – Т. 259. – С. 95-111. DOI: 10.31897/PMI.2022.100.
5. Абдель Сабур С. А., Димитракопулос Р. Учет геологических и рыночных неопределенностей и операционной гибкости при проектировании открытых горных работ // Journal of Mining Science. – 2011. – №47 (2). – С. 191–201. DOI: 10.1134/S1062739147020067.

УДК 622.234

АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОСНОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ШТАБЕЛЯ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

В.И. Сушкова, М.А. Маринин
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы
Екатерины II»,
г. Санкт-Петербург
s235054@stud.spmi.ru

Аннотация. Обоснована возможность применения материала фракции 0-120 мм с песчано-глинистыми включениями в качестве дренажного слоя динамического штабеля. Комплекс лабораторных испытаний и численного моделирования позволил определить оптимальную мощность дренажного слоя, обеспечивающую требуемый фильтрационный режим и защиту трубопроводов.

Annotation. The feasibility of using 0-120 mm fraction material with sandy-clay inclusions for the drainage layer of a dynamic heap leach pad has been substantiated. A comprehensive suite of laboratory tests and numerical modeling was used to determine the optimal thickness of the drainage layer, ensuring the required filtration regime and protection of the pipelines.

Ключевые слова: кучное выщелачивание, дренажная система, дренажные трубы, геотехнические испытания, фильтрационные испытания.

Keywords: heap leaching, drainage system, drainage pipes, geotechnical testing, filtration testing.

Введение. Устойчивое развитие горнодобывающей отрасли требует внедрения ресурсосберегающих технологий, среди которых ключевую роль играет кучное выщелачивание (КВ) золота и меди из низкосортных руд [1]. Этот метод переработки рудных материалов позволяет эффективно извлекать полезные ископаемые, что делает его весьма популярным и востребованным.

Динамические штабели, использующие многоразовое основание, обладают экономическими преимуществами за счет оптимизации площадей и снижения капитальных затрат [2].

Дренажный слой выступает ключевым конструктивным элементом основания штабеля, а также обеспечивает эффективный сбор продуктивных растворов и одновременно служит защитным барьером для гидроизоляционного покрытия [3, 4].

Эксплуатация основания динамического штабеля сопряжена с комплексом технологических рисков, основными из которых являются:

1. Потеря дренирующих свойств происходит вследствие нескольких взаимосвязанных процессов.

Механическая кольтматация: проникновение мелкодисперсных частиц из размокающих окатышей рудного штабеля в поровое пространство дренажного материала.

Гранулометрическая неоднородность: высокое содержание глинисто-пылеватых фракций (до 25–30 %) способствует формированию слабопроницаемых прослоев при уплотнении.

2. Целостность системы сбора растворов нарушается под воздействием эксплуатационных нагрузок.

Механическое воздействие: сосредоточенные нагрузки от движения тяжелого горнотранспортного оборудования вызывают критические деформации грунтового массива, приводящие к смятию дренажных труб.

3. Эксплуатационная надежность конструкции обеспечивается только при соблюдении условий прочности.

Превышение несущей способности грунта эксплуатационной нагрузкой от карьерного самосвала вызывает разрушение основания, которое проявляется в виде значительных деформаций и образования выпоров.

Исследование направлено на определение оптимальных характеристик дренажного слоя, обеспечивающих эффективную работу динамических штабелей КВ при переработке песчано-глинистых руд.

Материалы и методы исследований. Объект исследования – дренажный слой основания динамического штабеля КВ, сформированный из материала отвалов фракции 20-70 мм и 0-120 мм. Изучалась система с перфорированными полиэтиленовыми трубами Перфокор SN16 DN/OD 160.

Лабораторные испытания проводились на специальном стенде [5] (45×45×45 см) в два этапа:

1) фильтрационные испытания без нагрузки;

2) испытания под ступенчатой нагрузкой до 12 тс, имитирующей давление штабеля высотой до 20 м и движение автосамосвала с удельным давлением на грунт 5,38 кг/см².

На каждом этапе нагрузки замерялась величина деформации дренажного материала, изменение коэффициента фильтрации (K_f) после уплотнения.

Численным моделированием методом конечных элементов в 3D-постановке проведен анализ несущей способности и устойчивости дренажной трубы при постепенном увеличении нагрузки до момента потери устойчивости. Учтены физическая и геометрическая нелинейность, а также контактное взаимодействие «труба-грунт».

Результаты и обсуждение. В ненагруженном состоянии обе исследуемые фракции показали высокую водопроницаемость. Для материала фракции 0-120 мм установлено снижение фильтрационной

способности под нагрузкой, однако его конечный показатель (~30 м/сут) остается достаточным для эффективного дренажа.

Установлено, что материал фракции 0-120 мм проявляет большую деформацию под нагрузкой по сравнению с фракцией 20-70 мм, что объясняется его гранулометрической неоднородностью и наличием мелких частиц.

Методом численного моделирования определена минимальная глубина заложения дренажной трубы Перфокор SN16 DN/OD 160. С учетом деформационных характеристик материала рекомендована увеличенная мощность дренажного слоя - 1,0 м.

Комплексный анализ подтвердил, что при мощности дренажного слоя 1,0 м и использовании трубы Перфокор SN16 обеспечивается трехкратный запас прочности, позволяющий эксплуатировать штабель высотой до 30 метров без риска повреждения дренажной системы.

Вывод. Результаты проведенных испытаний подтверждают целесообразность использования дробленого материала отвалов песчано-глинистых руд в качестве дренажного слоя для динамического штабеля КВ. Установлена оптимальная мощность дренажного слоя — 1 метр, которая обеспечивает требуемый фильтрационный режим и обеспечивает защиту дренажных труб от механических воздействий горнотранспортного оборудования.

Перечень ссылок

1. Дементьев В. Е., Дружинина Г. Е., Гудков С. С. Кучное выщелачивание золота и серебра. — Иркутск: Иргиредмет, 2004. — 352 с.
2. Ghorbani Y., Franzidis J.-P., Petersen J. Heap Leaching technology—current state, innovations, and future directions: A review // Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review. 2016, vol. 377, pp. 73–119. DOI: 10.1080/08827508.2015.1115990.
3. Фазлуллин М. И., Садыков Р. Х., Дементьев В. Е. Кучное выщелачивание благородных металлов. - Москва: Изд-во Акад. гор. наук, 2001. – 646 с.
4. Van Zyl D., Henderson M., Cobb B. Economic aspects of pad construction costs on heap leach projects. International Journal of Mining and Geological Engineering. 1990, vol. 8, pp. 275–286. DOI: 10.1007/BF00920641.
5. Патент РФ № 2779166, МПК В03В 13/00, Е02Д 1/00. Маринин М.А., Поспехов Г.Б., Поморцева А.А., Сушкова В.Н. Устройство для определения характеристик песчано-глинистых окомкованных руд. 2022. – 12 с.

УДК 622.281:533.6

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ

С.В. Чуяшенко
Шахта "Комсомолец Донбасса",
г. Кировское
donbass.chef22@gmail.com

Аннотация. Представлены результаты применения комбинированного способа обеспечения устойчивости конвейерного штрека при продольно-балочной связи комплектов овоидной крепи и использовании жесткой опорной конструкции на сопряжении лавы со штреком. Установлено, что применение данного способа позволяет обеспечить устойчивость штрека и снизить вертикальные и горизонтальные смещения боковых пород соответственно в 2,4 - 2,6 и 1,6-1,8 раза

Annotation. The results of using a combined method to ensure the stability of a conveyor drift with longitudinal beam connections of ovoid supports and the use of a rigid support structure at the junction of the lode with the drift are presented. It has been established that the use of this method allows for the stability of the drift and reduces the vertical and horizontal displacement of the side rocks by 2.4-2.6 and 1.6-1.8 times, respectively.

Ключевые слова: Устойчивость, конвейерный штрек, овоидная крепь, продольно-балочная крепь усиления, жесткая породная полоса, смещения боковых пород

Keywords: Stability, conveyor drift, ovoid support, longitudinal beam reinforcement, rigid rock band, lateral rock displacement

Опыт поддержания подготовительных выработок глубоких шахт и многочисленные экспериментальные исследования отечественных и зарубежных специалистов показывают [1-4], что обеспечение устойчивости выработок в течение всего срока их службы возможно лишь за счет использования несущей способности породного массива [5-7]. Поэтому, с переходом горных работ на глубины более 1000 м целесообразным направлением обеспечения устойчивости подготовительных выработок является применение комбинированных способов их поддержания, основанных на использовании анкерно-рамных и рамно-анкерных конструкций крепи [3,5,6], выборе рациональной формы поперечного сечения поддерживаемых выработок [2,4,11] и новых видов усиливающих крепей [5,6,10], одним из которых является продольно-балочная крепь усиления, прошедшая успешную проверку на ряде глубоких шахт Донбасса [7,8,9].

В условиях конвейерного штрека 6-й восточной лавы пласта l_1^B шахты "Щегловская-Глубокая" ПАО "Шахтоуправление "Донбасс" (рис. 1) на глубине 1250 м была проведена проверка эффективности

применения продольно-балочной крепи усиления для обеспечения устойчивости комплектов металлической податливой крепи.

Инновационность предлагаемого комбинированного способа обеспечения устойчивости конвейерного штрека состоит в технологической простоте сооружения и эксплуатации предлагаемых технических решений, их существенной дешевизне и возможности неоднократного повторного использования продольных балок после их демонтажа, что в итоге, как показывает опыт применения этого способа на ряде глубоких ах Донбасса [7-9], позволяет в среднем в 1,5-2,5 раза снизить вертикальные смещения пород кровли поддерживаемой выработки.

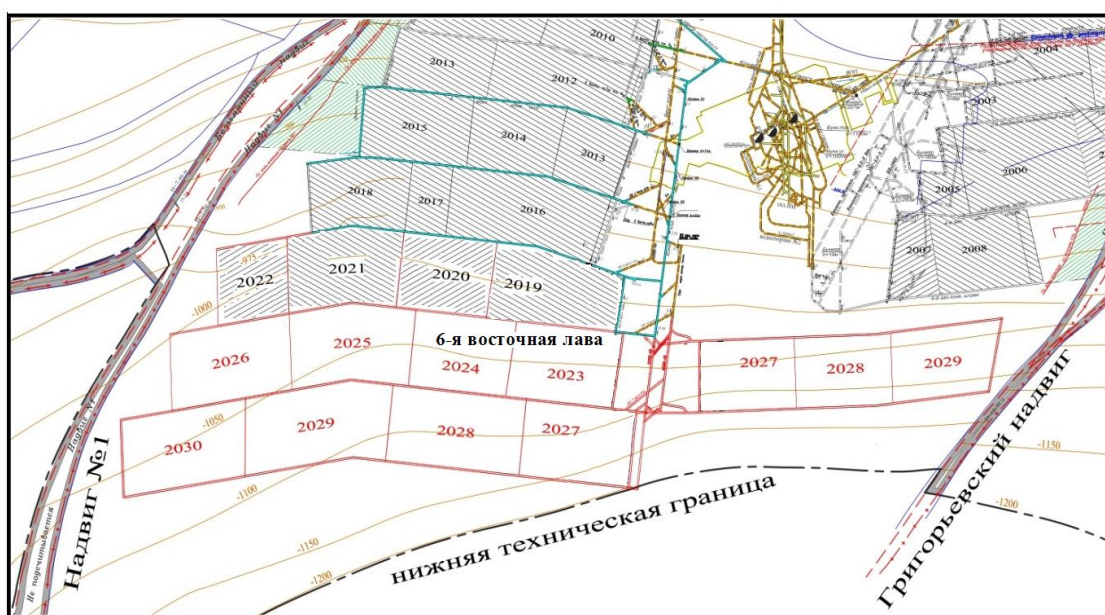


Рис. 1. Схема расположения 6-й восточной лавы на плане горных выработок пласта l_1^6 шахты "Щегловская-Глубокая"

Пласт l_1^6 со средней мощностью 1,28 м и углом залегания $10-15^\circ$ имел сложное двухпачечное строение (рис. 2). Верхняя и нижняя пачки угля мощностью соответственно 0,83-0,95 м и 0,23-0,38 м, были разделены прослоем глинистого сланца мощностью 0,07-0,31 м и прочностью 25-30 МПа.

Непосредственная кровля пласта была представлена алевролитом мощностью 6,0 м и прочностью 69-71 МПа. На отдельных участках пласта наблюдалось замещение алевролита аргиллитом мощностью 0,1-3,2 м и прочностью - 40 МПа. В основной кровле пласта залегал песчаник мощностью 21-31 м и прочностью 80-100 МПа.

В непосредственной почве пласта залегал алевролит мощностью 0,5-4,4 м и прочностью 50-60 МПа. В верхней своей части на глубину

0,3 м алевролит имел комковатую структуру. Ниже слоя алевролита располагался угольный пласт-спутник l_1^H мощностью 0,35-0,6 м и прочностью 15 МПа.

Ниже пласта l_1^B залегал алевролит мощностью 3,0-5,8 м и прочностью 50-60 МПа. В верхней своей части на глубину 0,3 м алевролит имел комковатую структуру.

Основная почва пласта была представлена песчаником мощностью 1,5-15 м и прочностью 80-100 МПа.

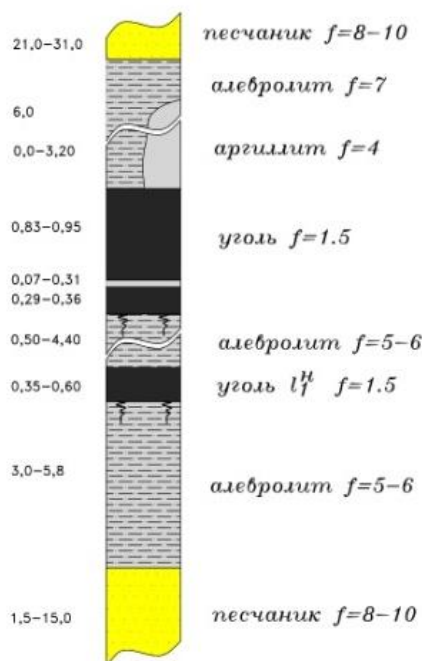


Рис. 2. Структурная колонка пласта l_1^B

Шаг обрушения пород непосредственной кровли был кратен шагу передвижки секции – 0,63-1,89 м. Первичный шаг посадки основной кровли – составлял 56-83 м. В установившемся режиме шаг обрушения основной кровли составлял 32-35 м. Эти величины были определены геолого-маркшейдерской службы шахты из опыта ранее отработанных лав.

Выемка и погрузка угля на скребковый конвейер СПЦ-271М в очистном забое 6-й восточной лавы пласта l_1^B осуществлялись комбайном УКД-200 при использовании механизированной крепи ДМ.

Конвейерный штрек проводился буровзрывным способом в режиме сотрясательного взрывания с отставанием от забоя лавы а расстояние не более 8 м. Погрузка взорванной горной массы на скребковый конвейер СП-202 осуществлялась породопогрузочной машиной 2ПНБ-2 (рис. 3).

Крепление конвейерного штрека осуществлялось арочной податливой крепью КМП-А5КМ 12,8 из СВП-33. Поперечное сечение штрека в проходке и в свету крепи составляло соответственно 17,3 м² и 22,5 м².

Для проведения исследований за проявлениями горного давления в конвейерном штреке при использовании одинарной (рис.4, а) и двойной (рис. 4, б) продольно-балочной крепи в сочетании с охраной штрека жесткой полосой из породных полублоков в выработке были сооружены три участка (один контрольный и два экспериментальных. На этих участках были сооружены контурные наблюдательные станции для выполнения замеров смещений боковых пород на контуре выработки на различном расстоянии этих станций от лавы.

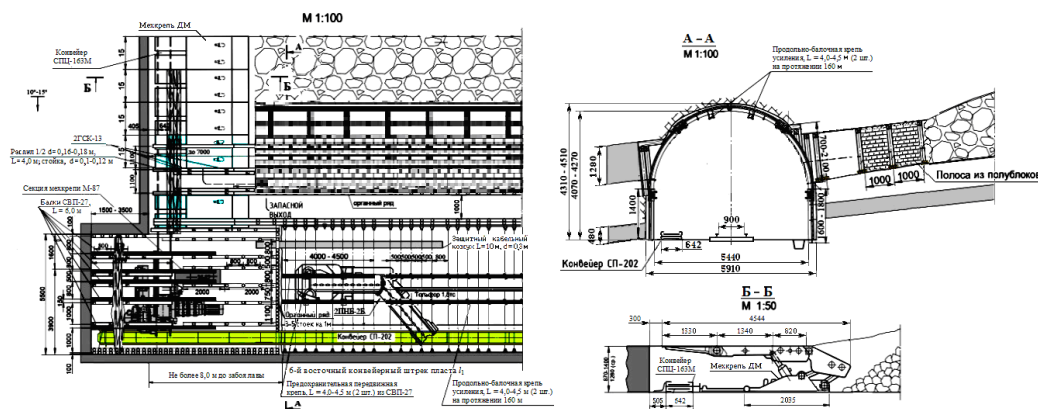


Рис. 3. Схема сопряжения конвейерного штрека с 6-й восточной лавой пласта I₁⁶

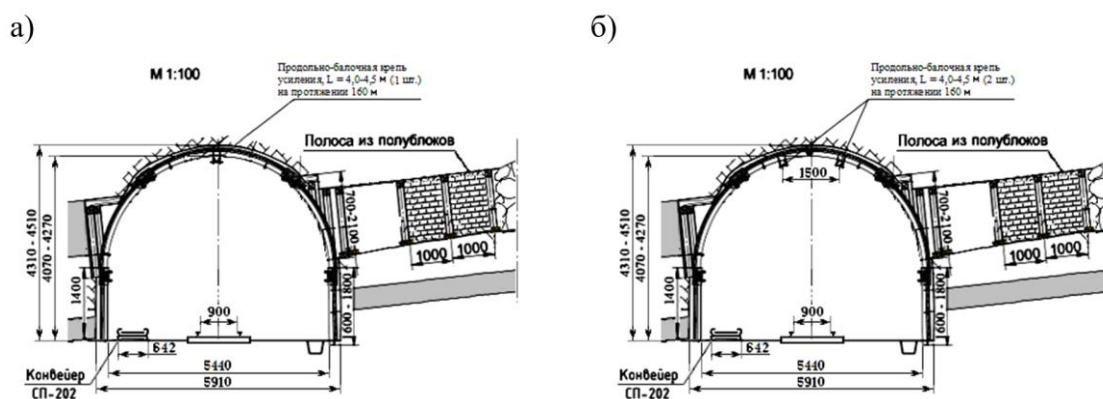


Рис. 4. Общий вид конвейерного штрека на сопряжении с очистным забоем при использовании одинарной (а) и двойной (б) продольно-балочной крепи

Конструкция замерных станций представлена на рис. 5.

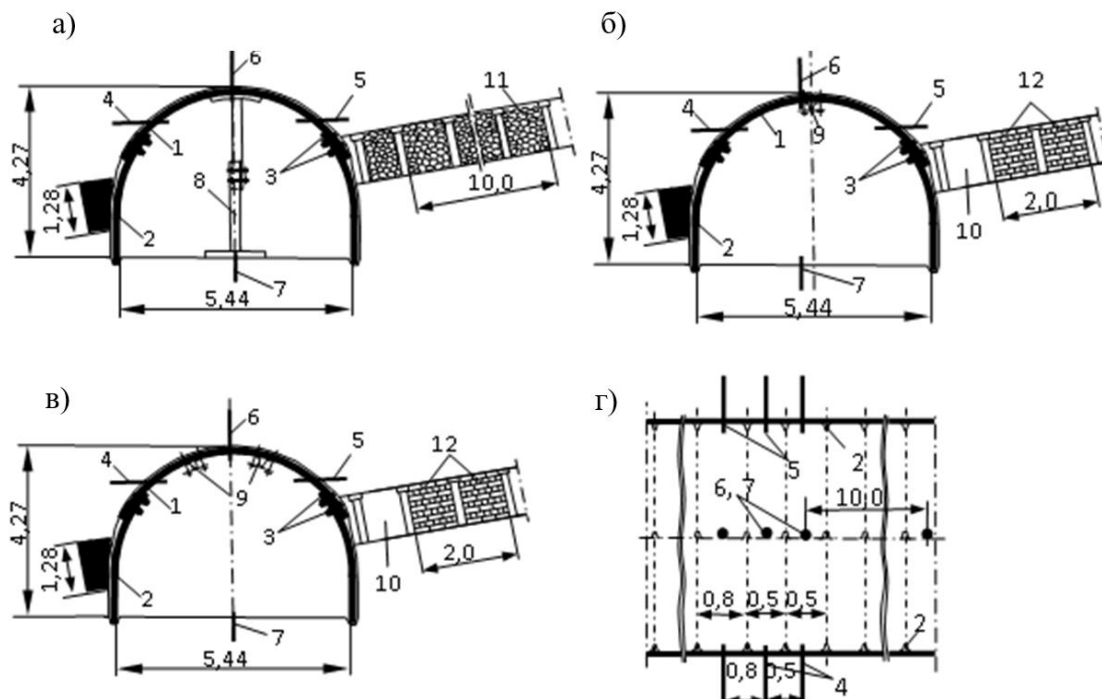


Рис. 5. Способы обеспечения устойчивости конвейерного штрека при традиционной шахтной технологии (а) и при использовании одинарной (б) и двойной (в) продольно-балочной крепи усиления: 1 – верхняк крепи; 2 – стойка крепи; 3 – замки крепи; 4 и 5 соосные боковые контурные реперы 6, 7 – соответственно верхний и нижний соосные контурные реперы; 8 – составная металлическая стойка крепи усиления; 9 – продольно-балочная крепь усиления; 10 – запасной выход из лавы на конвейерный штрек; 11 – бутовая полоса; 12 – бутовая полоса; 9 – жесткая полоса из породных полублоков

Каждая замерная станция состояла из трех замерных сечений, сооружаемых в трех смежных междрамных промежутках, в каждом из которых устанавливались по 4 контурных репера (рис. 5).

Контурные реперы попарно и соосно располагались в кровле-почве и боках выработки над угольным пластом. Для установки контурных реперов в средней части выработки в кровлю и почву, а в боках выработки по центру междрамного промежутка, бурились короткие шпуров диаметром 0,042 м и длиной 0,4 м. В кровле и боках выработки в качестве контурных реперов использовались деревянные стержни, а по почве устанавливался отрезок металлического прута диаметром 0,23 м. Контурные реперы закреплялись в шпурах с помощью деревянных клиньев.

Для проведения замеров смещений использовалась маркшейдерская рулетка конструкции ВНИМИ. Для фиксации замерного крючка рулетки в кровельном и боковых контурных реперах сверлились отверстия и устанавливались кольца из металлической проволоки. Для получения относительных замеров смещений кровли и почвы, а также обоих

боков выработки использовалась резиновая нить, которая растягивалась между боковыми реперами с помощью двух металлических крючков.

Замеры выполнялись с частотой 2 раза в неделю.

На первом (контрольном) участке использовалась шахтная технология крепления и поддержания штрека. В качестве основной крепи использовалась арочная крепь, усиленная составными металлическими стойками крепи усиления из двух отрезков специального профиля СВП-27, а охрана выработки осуществлялась бутовой полосой шириной 10,0 м (рис. 5, а).

На втором экспериментальном участке в качестве крепи усиления применялась одинарная продольная балка при охране выработки жесткой полосой из породных полублоков шириной 2,0 м (рис. 5, б).

На третьем экспериментальном участке комплекты арочной крепи конвейерного штрека соединялись по его длине двумя симметричными продольными балками, располагаемыми по центру выработки на расстоянии 1,5 м между собой. Охрана выработки также осуществлялась жесткой полосой из породных полублоков (рис. 5, в).

Продольно-балочная крепь усиления состояла из прямолинейных отрезков спецпрофиля СВП-27 длиной по 4,5 м каждый. Отрезки балок по длине штрека соединялись между собой внахлест на 0,5 м с помощью двух стандартных скоб с планками и гайками. Балка в проходческом забое подвешивалась по центру выработки к каждому верхняку основной крепи на двух металлических крючьях диаметром 0,024 м с помощью планки и двух гаек. Отставание крепи усиления от проходческого забоя не превышало 7,5 м (рис. 2).

На рис. 6 представлены результаты замеров смещений боковых пород конвейерного штрека 6-й восточной лавы пласта l_1^6 шахты "Щегловская-Глубокая", выполненных по контурным замерным реперам на трех замерных участках.

Из приведенных на рис. 6 графиков видно, что вслед за лавой наблюдается стабилизация вертикальных смещений боковых пород на расстоянии 120-140 м, а горизонтальных смещений - на расстоянии 100-120 м.

При использовании одинарной ПБКУ в сочетании с жесткой полосой из полублоков общие вертикальные смещения составили 2,4 м что на 1,5 м или в 1,63 раза меньше, чем при шахтной технологии поддержания и охраны конвейерного штрека.

Применение двойной продольно-балочной крепи позволило снизить общие вертикальные боковых пород до 1,6 м, что на 2,3 м или 2,44 раза меньше, чем при шахтной технологии обеспечения устойчивости

штрека. При этом применение двойной продольно-балочной крепи позволило снизить общую величину вертикальных смещений на 0,8 м или в 1,5 раза по сравнению с одинарной продольной балкой.

Следует также отметить, что вертикальные смещения пород кровли при шахтной технологии поддержания и охраны составили 1,7 м (что составило 44% общих вертикальных смещений). При использовании одинарной и двойной крепи усиления вертикальные смещения составили соответственно 1,1 и 0,65 м, что на 0,6 м и 1,05 м или в 1,55 и в 2,62 раза меньше, чем при шахтной технологии работ. При этом при двухбалочной крепи усиления смещений кровли на 0,45 м или в 1,69 раза меньше, чем при использовании одинарной крепи усиления.

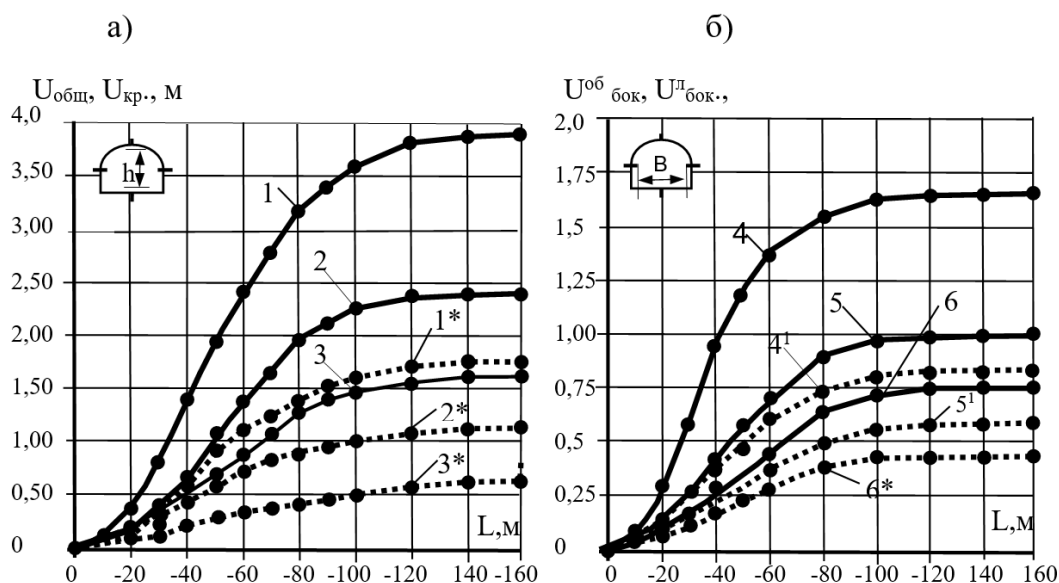


Рис. 6. Графики зависимостей общих вертикальных (1, 2, 3) и горизонтальных (4, 5, 6) смещений (боковых пород конвейерного штрека от расстояния до лавы: 1 и 4 - общие вертикальные и боковые смещения породного контура выработки при традиционной технологии поддержания; 2, 3 и 5, 6 - смещения и боковых пород при использовании соответственно одинарной и двойной продольно-балочной крепи усиления и охране выработки жесткими полосами из породных полублоков (штриховыми линиями и значком (*) показаны отдельные смещения пород кровли и боков выработки со стороны лавы)

Общие боковые смещения породного контура при шахтной технологии составили 1,65 м, при этом смещения пород со стороны лавы равнялись 0,85 м (58% всех горизонтальных смещений).

При использовании одинарной продольной балки общие горизонтальные смещения составили 1,0 м, что на 0,66 м или в 1,65 раза меньше, чем при шахтной технологии работ.

Применение двух продольных балок позволило снизить общие горизонтальные смещения до 0,75 м, что на 0,9 м или 2,2 раза меньше, чем при шахтной технологии обеспечения устойчивости штрека. При этом применение двойной продольно-балочной крепи позволило снизить общую величину горизонтальных смещений на 0,1 м или в 1,1 раза по сравнению с одинарной продольной балкой.

Следует также отметить, что горизонтальные смещения пород при шахтной технологии поддержания и охраны составили 0,85 м (что составило 52% общих горизонтальных смещений). При использовании одинарной и двойной крепей усиления горизонтальные смещения составили соответственно 0,58 и 0,45 м, что на 0,27 м и 0,4 м или в 1,47 и в 1,89 раза меньше, чем при шахтной технологии работ. При этом при двухбалочной крепи усиления боковые смещения на 0,13 м или в 1,29 раза меньше, чем при использовании одинарной крепи усиления.

Таким образом, применение комбинированного способа обеспечения устойчивости конвейерного штрека 6-й восточной лавы пласта I_1^6 позволило снизить величину общих вертикальных и горизонтальных смещений породного контура при использовании одинарной ПБКУ соответственно в 1,63 и 1,65 раза, а при использовании двойной ПБКУ соответственно в 2,44 и 2,2 раза.

При этом вертикальные смещения пород кровли при использовании одинарной и двойной ПБКУ были снижены соответственно в 1,55 и 2,62 раза, а горизонтальные смещения со стороны лавы были снижены соответственно в 1,47 и 1,89 раза.

Выводы. Представленные результаты экспериментальной проверки комбинированного способа обеспечения устойчивости конвейерного штрека за счет продольно-балочной связи комплектов основной крепи в сочетании с возведением жестких полос из породных полублоков, позволяют сделать вывод о целесообразности применения данного способа в подготовительных выработках глубоких шахт, поддерживаемых в зоне влияния очистных работ.

Предлагаемые технологические решения по обеспечению устойчивости, подготовительных выработок глубоких шахт, основанные на применении продольно-балочной крепи усиления из отрезков спецпрофиля СВП-27, отличаются простотой конструкции, малогабаритностью, незначительными затратами на их реализацию и возможностью многократного их использования.

Продольно-балочная консолидация комплектов основной крепи конвейерного штрека с 6-й восточной лавой пласта I_1^6 позволила снизить общие вертикальные и горизонтальные смещения боковых пород на контуре выработки в 1,63 и 1,65 раза при использовании одинарной ПБКУ и в 2,44 и 2,22 раза при двойной ПБКУ, что позволило существенно сократить затраты на ремонт конвейерного штрека.

Перечень ссылок

1. Заславский, Ю. З. Исследование проявлений горного давления в капитальных выработках глубоких шахт Донецкого бассейна / Ю. З. Заславский. М.: Недра, 1966. – 180с.
2. Якоби О. Практика управления горным давлением. Пер. с нем. —М: Недра, 1987. — 566 с.
3. Кошелев, К. В. Охрана и ремонт горных выработок / К. В. Кошелев, Ю.А. Петренко, А. О. Новиков – М.: Недра, 1990. – 220с.
4. Черняк, И. Л. Управление состоянием массива горных пород / И. Л. Черняк, С.А. Ярунин. - М.: Недра, 1995. – 395с.
5. Литвинский Г.Г. Стальные рамные крепи горных выработок / Г.Г. Литвинский, Г.И. Гайко, М.И. Кулдыркаев. – К.: Техника, 1999. – 216 с.
6. Гребенкин, С. С. Поддержание и проведение выработок глубоких шахт / С.С. Гребенкин, Ю. Ф. Булгаков, Н. Н. Касьян, Ю. А. Петренко и др. – Донецк: Каштан, 2005. – 256с.
7. Соловьев Г.И. Обеспечение устойчивости вентиляционных штреков при сплошной системе разработки / Г.И. Соловьев, В.Ф. Формос, Ф.А. Панин, С.В. Чуяшенко // Проблемы горного давления. – Донецк, 2017. – №1(32) – С. 32-45.
8. Соловьев Г.И. Консолидация основной крепи подготовительных выработок продольно-балочной крепью усиления / VI Международная научно-техническая конференция «Горная геология, геомеханика и маркшейдерия». Труды РАНИМИ, № 8 (23) (часть 1). - Донецк: 2019. С. 135-188.
9. Чуяшенко С.В. Комбинированный способ обеспечения устойчивости подготовительных выработок при сплошной системе разработки / С.В. Чуяшенко, Г.И. Соловьев, Ю.А. Петренко. Инновационные перспективы Донбасса, Т. 1: 1. Проблемы и перспективы в горном деле и строительстве. – Донецк: ДонНТУ, 2024. С.182-188.
10. Чуяшенко С.В. Особенности поддержания подготовительных выработок глубоких шахт комбинированными опорными конструкциями / С.В. Чуяшенко, Г.И. Соловьев, Ю.А. Петренко // «Наукоемкие технологии и оборудование в промышленности и строительстве», выпуск 6(80). Сборник научн. трудов ФГБОУ ВО "ДонГТУ", г. Алчевск: - 2024. С. 17-29.
11. Чуяшенко С.В. Особенности влияния формы поперечного сечения основной крепи на устойчивость подготовительных выработок глубоких шахт / С.В. Чуяшенко, Г.И. Соловьев, Ю.А. Петренко, А.И. Секирин, В.Г. Ефимов // Сборник трудов XXXII Международной научно-технической конференции "Машиностроение и техносфера XXI века". Донецк: ДонНТУ, 2025. С. 435-443.

УДК.622.831

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КРЕПИ НА КОНЦЕВОМ УЧАСТКЕ ЛАВЫ

Г.И. Соловьев, В.Ф. Формос, В.В. Глебко, К.В. Кирдан
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический универ-
ситет»,
г. Донецк
vformos110@mail.ru

Аннотация. Представлено решение задачи об определении силовых параметров применяемой на концевом участке лавы индивидуальной металлической крепи с использованием методов механики сплошной среды, которое позволяет учитывать деформационные характеристики жестких опорных конструкций, возводимых вдоль подготовительной выработки вслед за очистным забоем.

Annotation. The paper presents a solution to the problem of determining the force parameters of individual metal supports used at the end of a lava flow, using methods of continuum mechanics, which allows for the consideration of the deformation characteristics of rigid support structures built along the preparation workings behind the mining face.

Ключевые слова: Смещения пород кровли, индивидуальная металлическая крепь, изгибающий момент, поперечная сила, параметр.

Keywords: Roof rock displacement, individual metal support, bending moment, lateral force, parameter.

Обеспечение устойчивости подготовительных выработок в зоне интенсивного влияния очистных работ является важным условием эффективного использования современных механизированных комплексов. Применяемые в настоящее время средства крепления и способы поддержания подготовительных выработок глубоких шахт не позволяют сохранить их устойчивость в зоне опорного давления, что приводит к необходимости выполнения большого объема ремонтных работ.

Для поддержания выемочных выработок глубоких шахт в зоне опорного давления необходимо применение комбинированных способов их охраны и средств крепления, которые бы позволили обеспечить минимизацию смещений боковых пород за счет оптимизации режимов совместной работы системы «боковые породы – крепь выработки – опорные конструкции концевых участков лав».

Одним из перспективных направлений обеспечения устойчивости подготовительных выработок глубоких шахт, как показала опытно-промышленная проверка, является применение комбинированной арочно-анкерной крепи [1–4], а также жесткой продольной связи комплектов крепи по длине выработки [5–9].

Концевой участок лавы (рис. 1) является одним из наиболее важных и сложных звеньев угледобычи, предопределяющих успешную работу очистного забоя. Суммарные трудозатраты выполнения технологических процессов на участках верхнего и нижнего сопряжений очистного забоя составляют около 50% общей трудоемкости работ в лаве [2, 3].

Как показывают ранее проведенные исследования [1–3], определение технологических и геомеханических параметров концевых участков лав не поддается строгой аналитической формализации из-за сложности учета изменчивости структурно-литологических характеристик боковых пород и пространственно-временного характера протекания деформационных процессов в горном массиве.

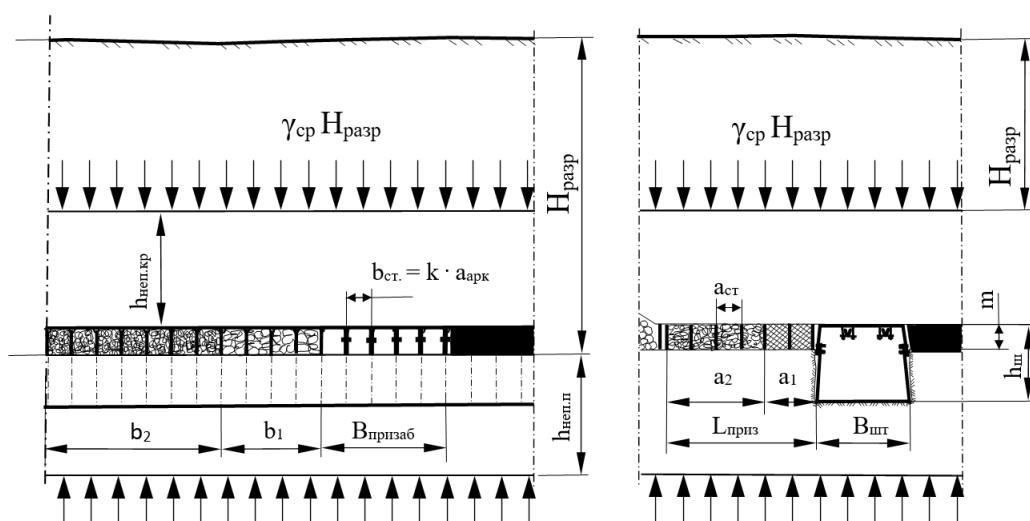


Рис. 1. Схема концевой участка лавы

Применение методов механики сплошной среды при решении задач о напряженно-деформированном состоянии боковых пород на концевом участке лавы сопряжено с необходимостью принятия ряда идеализаций о сплошности горного массива

Для расчета балки-стенки на упругих опорах (рис. 2) методом конечных разностей (методом сеток, [10]) надо знать реакции упругих опор на нижнем контуре балки стенки, которые можно определить, используя метод сил.

Как показано в исследованиях С.Н. Клепикова [10], для определения перемещений в точках нижнего контура балки-стенки можно с достаточной степенью точности (4-10%) применить формулы сопротивления материалов (метод начальных параметров, формулу Мора или правило Верещагина) для расчета обычных балок, но с обязательным учетом перемещений от поперечных сил. Тогда методом сил можно

определить реакции упругих опор (стоек) от воздействия на них балки-стенки – силы X_1 , X_2 , X_3 , и X_4 , учитывая симметрию относительно вертикальной оси.

Система канонических уравнений метода сил запишется в виде [10]:

$$\begin{aligned} \delta_{11} X_1 + \delta_{12} X_2 + \delta_{13} X_3 + \delta_{14} X_4 + \Delta_{1p} &= 0, \\ \delta_{21} X_1 + \delta_{22} X_2 + \delta_{23} X_3 + \delta_{24} X_4 + \Delta_{2p} &= 0, \\ \delta_{31} X_1 + \delta_{32} X_2 + \delta_{33} X_3 + \delta_{34} X_4 + \Delta_{3p} &= 0, \\ \delta_{41} X_1 + \delta_{42} X_2 + \delta_{43} X_3 + \delta_{44} X_4 + \Delta_{4p} &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

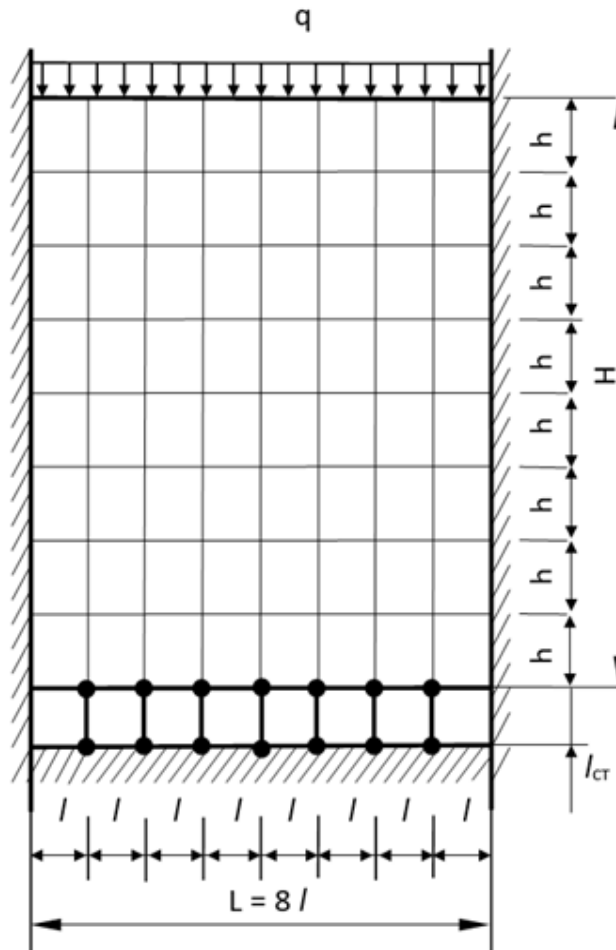


Рис. 2. Схема балки-стенки на упругих опорах (стойках)

Смысл каждого уравнения системы (1) заключается в том, что взаимное перемещение концов разрезанного стержня или стойки (упругой опоры, рис. 3) по направлению сил X_1 , X_2 , X_3 , X_4 и заданной распределенной нагрузки равно нулю.

Грузовые коэффициенты Δ_{ip} зависят от изгибающих моментов Δ_{ip} ($M_{изг}$) и поперечных сил $\Delta_{ip}(N_{поп})$, т.е.

$$\Delta_{ip} = \Delta_{ip}(M_{изг}) + \Delta_{ip}(N_{non}), \quad (2)$$

$$EI \Delta_{ip}(M) = -M_0 \frac{x_i^2}{2} + P_0 \frac{x_i^3}{6} - 24 \frac{x_i^4}{24}, \quad (3)$$

Окончательное уравнение перемещений от изгибающих моментов запишется в виде:

$$\Delta_{ip}(M) = \frac{ql^4}{EI} \bar{\Delta}_{ip}(M) \quad (4)$$

где $\bar{\Delta}_{ip}(M) = \frac{\bar{x}_i^2}{24} [16(\bar{x}_i - 4) - \bar{x}_i^2]$ - безразмерное перемещение.

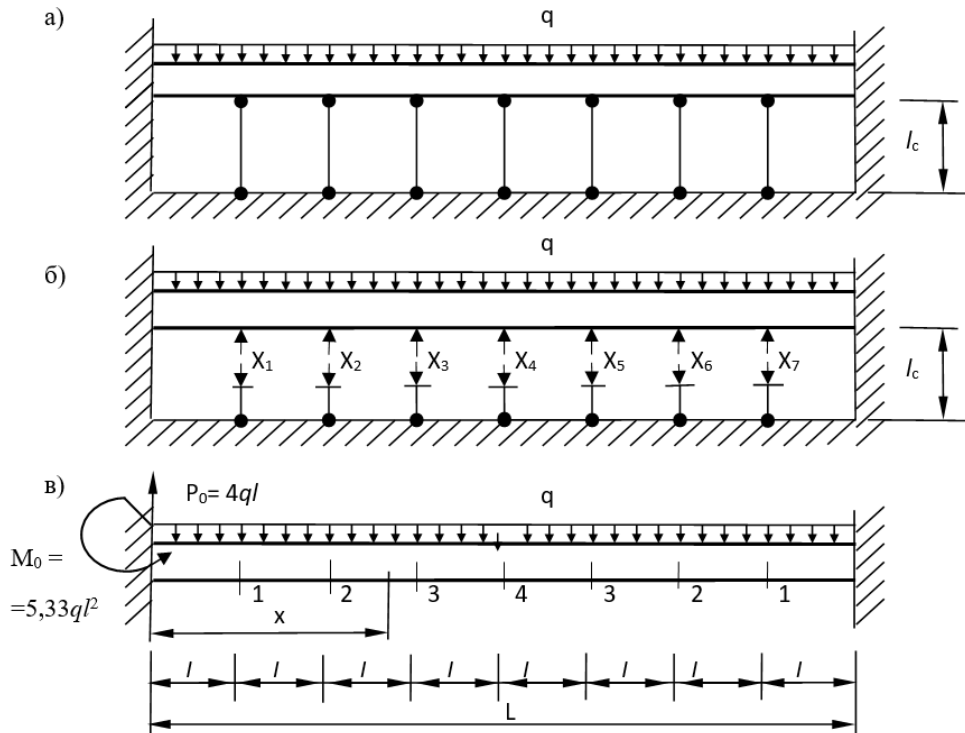


Рис. 3. Расчетная схема определения реакции упругих опор (стоек) балки-стенки

В результате численного решения уравнения (4) получим:

$$\begin{aligned} \Delta_{1p}(M) &= -2,041(6) \frac{ql^4}{EI}; \\ \Delta_{2p}(M) &= -6,0 \frac{ql^4}{EI}; \\ \Delta_{3p}(M) &= -9,375 \frac{ql^4}{EI}; \\ \Delta_{4p}(M) &= -10,6 \frac{ql^4}{EI}. \end{aligned} \quad (5)$$

Второе слагаемое в формуле (2), зависящее от поперечной силы, проще всего определить по правилу Верещагина [10]:

$$\Delta_{ip}(Q) = \sum \eta \frac{\omega(Q) Q_{1c}}{GF}, \quad (6)$$

где η – коэффициент неравномерности распределения касательных напряжений при изгибе, зависящий от формы поперечного сечения стержня; для прямоугольного стержня $\eta = 1,2$;

$$\eta = \frac{F}{I_z^2} \int_h \frac{S_z^2(y)}{b_y} dy \quad (7)$$

$\omega(Q)$ – площадь эпюры поперечных сил Q на рассматриваемом участке (рис. 4);

Q_{1c} – величина поперечной силы на единичной эпюре Q_i под центром тяжести грузовой эпюры:

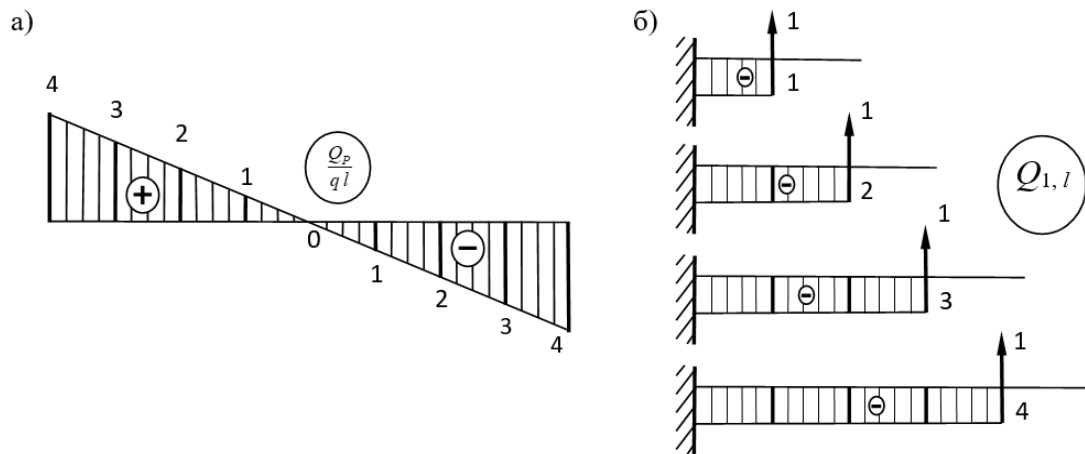


Рис. 4. Расчетная схема для определения грузовых коэффициентов от продольных сил по правилу Верещагина

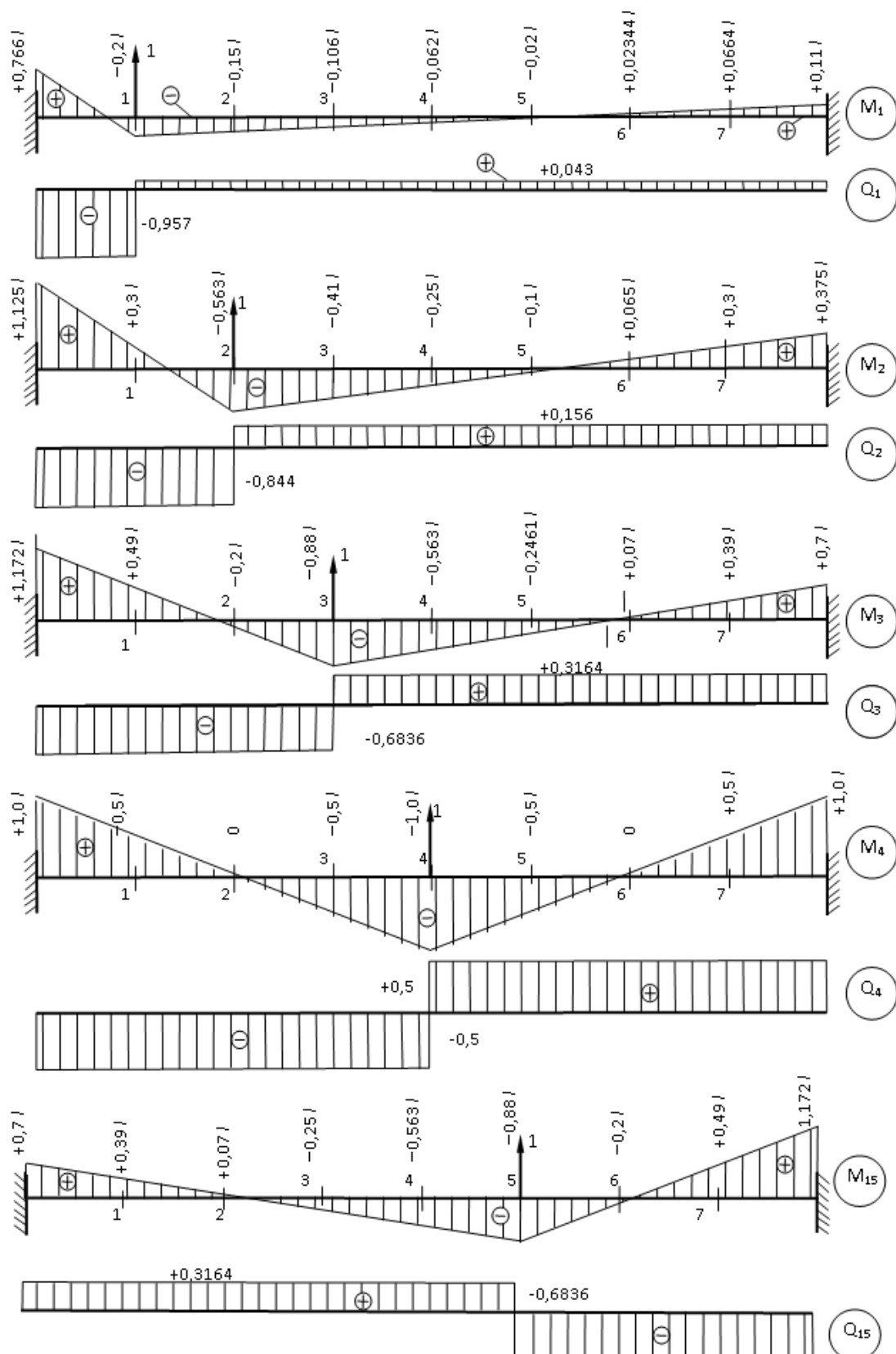
В результате получим систему четырех уравнений метода сил (1) в числовом виде:

$$\begin{aligned} 76,9335 X_1 + 15,943 X_2 + 16,1308 X_3 + 8,09(6) X_4 &= 55,801 ql, \\ 15,94 X_1 + 93,894347 X_2 + 33,13(6) X_3 + 16,69(3) X_4 &= 98,16 ql, \\ 16,1308 X_1 + 33,14 X_2 + 111,32018 X_3 + 25,29 X_4 &= 124,575 ql, \\ 8,09(6) X_1 + 16,69 X_2 + 25,29 X_3 + 47,34467 X_4 &= 66,73 ql, \end{aligned} \quad (8)$$

В результате решения системы уравнений (8) получим:

$$\begin{aligned} X_1 = X_7 &= 0,37235 ql, \quad X_2 = X_6 = 0,59524 ql, \\ X_3 = X_5 &= 0,71663 ql, \quad X_4 = 0,75401 ql. \end{aligned} \quad (9)$$

Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил приведены на рис. 5.



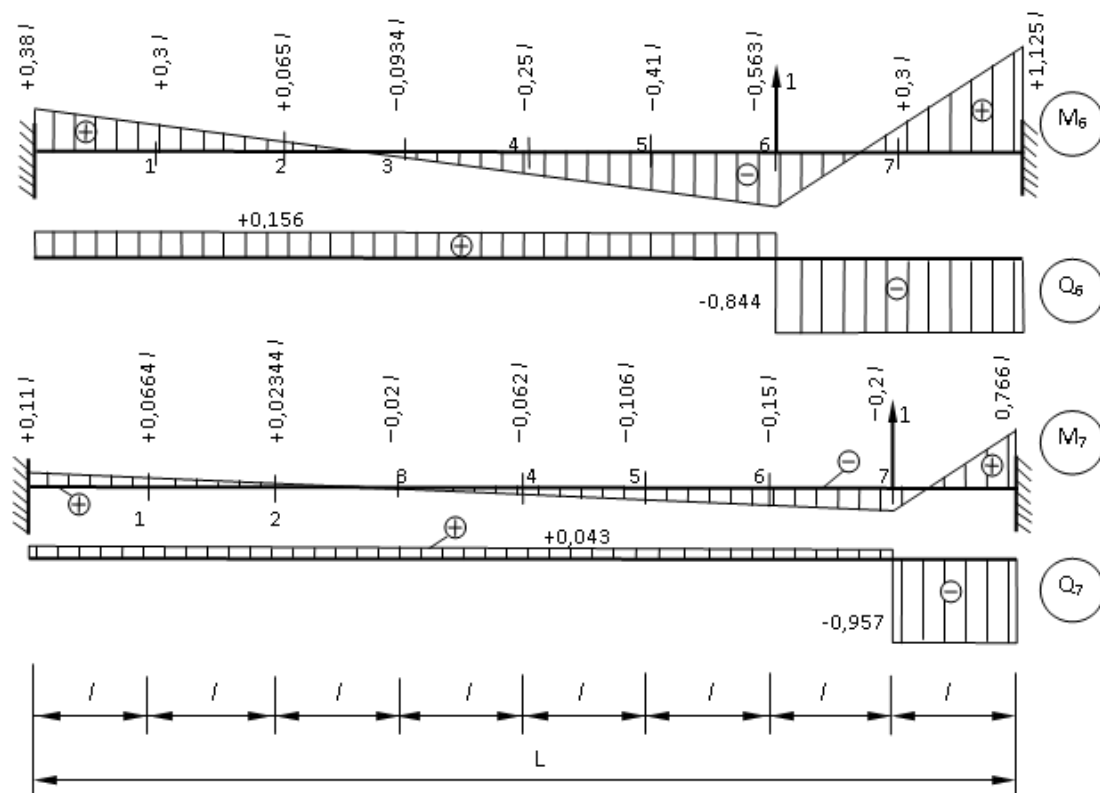


Рис. 5. Эпюры изгибающих моментов и продольных сил

Вывод. Таким образом, решение поставленной задачи позволяет определить реакции упругих опор на нижнем контуре балки-стенки или пород кровли. Полученное решение позволяет выбирать необходимые силовые параметры применяемой на конечном участке лавы индивидуальной крепи и деформационные характеристики жестких опорных конструкций, возводимых вдоль подготовительной выработки вслед за очистным забоем.

Перечень ссылок

1. Каретников В.Н., Клейменов В.Б., Нуждихин А.Г. Крепление капитальных и подготовительных горных выработок. Справочник. – М.: Недра, 1989. – 571с.
2. Черняк И.Л. Управление состоянием массива горных пород / И.Л. Черняк, С.А. Ярунин // М.: Недра, 1995. – 395с.
3. Литвинский Г.Г., Гайко Г.И., Кулдыркаев М.И. Стальные рамные крепи горных выработок. – К.: Техника, 1999. – 216 с.
4. Бондаренко Ю.В., Татьянченко А.Г., Соловьев Г.И., Захаров В.С. Разработка математической модели процесса деформирования контура выработки при использовании каркасной крепи усиления // Известия Донецкого горного института, 1998. – №2. – С. 92–96.
5. Бондаренко Ю.В., Соловьев Г.И., Кублицкий Е.В., Демин И.К. О физической модели взаимодействия каркасной усиливающей крепи выемочной выработки с вмещающими породами // Горный информационно-аналитический бюллетень Московского государственного горного университета. 2002. №6. С.183-187.

6. Соловьев Г.И., Панфилов Ю.Н., Толкачев А.Ф., Малышева Н.Н. Определение рациональных параметров арочной крепи с усиливающим сегментом жесткости // Весник Донецкого горного института. – № 1, 2005. – С. 39-46.

7. Соловьев Г.И. Определение параметров продольно-жесткой усиливающей крепи для выемочных выработок глубоких шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень, МГГУ, Москва. №9, 2005. – С. 230-233.

8. Гребёнкин, С. С. Поддержание и проведение выработок глубоких шахт [Текст] / С. С. Гребёнкин, Ю. Ф. Булгаков, Н. Н. Касьян, Ю. А. Петренко и др. – Донецк: Каштан, 2005. – 256 с.

9. Соловьев Г.И. Особенности проявления горного давления в конвейерной выработке при продольно-балочной связи комплектов арочной крепи / Труды РАНИМИ. Сборник научных трудов. – № 3 (41), Том 1. – Донецк, 2024. – С. 147-168.

10. Справочник по теории упругости (для инженеров-строителей). Под ред. П.М. Варвака и А.Ф. Рябова. Строитель, К.: 1971. – 426 с.

УДК 622.271.3

ЗАВИСИМОСТЬ УГЛА ОТКОСА НЕРАБОЧЕГО БОРТА КАРЬЕРА ОТ ВЫБРАННОГО АВТОТРАНСПОРТА

В.А. Вершиловский

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

v.vershilov@bntu.by

Аннотация. Данная работа показывает зависимость угла откоса нерабочего борта карьера от типа используемого автотранспорта. Уменьшение этого угла поможет в дальнейшем сократить объём вскрышных работ и увеличить экономическую эффективность разработки месторождения.

Annotation. This work demonstrates the dependence of the slope angle of the quarry's non-working side on the type of motor transport used. Reducing this angle will further help to minimize the volume of overburden stripping and increase the economic efficiency of the deposit development

Ключевые слова: нерабочий борт карьера, автотранспорт, безопасность, транспортная берма, объём вскрышных работ.

Keywords: non-working sides of the quarry, motor transport, safety, transport berm, volume of overburden stripping.

Целью работы являлось определить, на основе расчётов, как будет изменяться угол откоса нерабочего борта карьера при использовании идентичных автосамосвалов по их грузоподъёмности, но с различной шириной.

Нерабочим называется борт карьера, на котором в текущий момент не осуществляются горные работы. При разработке наклонных и крутых залежей на нерабочем борту карьера создаются предохранительные и транспортные бермы.

Предохранительные бермы играют важную роль в обеспечении устойчивости нерабочего борта, а также для задержания и последующей механизированной очистки осыпающихся с верхних уступов кусков породы, которые могут представлять опасность для работников и оборудования. В соответствии с постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 04.06.2020 г. №25 «Об утверждении Правил по обеспечению промышленной безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом», предохранительные бермы должны оставлять не реже чем через каждые три уступа, а ширина их должна быть не менее одной трети вертикального расстояния между смежными бермами, а также

иметь достаточную ширину для возможности её механизированной очистки осыпающегося материала. [1]

Транспортные бермы предназначены для соединения капитальных траншей с рабочими горизонтами на соответствующих уступах. Они также играют важную роль в улучшении дренажа, помогая отводить поверхностные воды и предотвращая затопление карьера. Для гарантии безопасности и эффективности горных работ необходимо соблюдать правила проектирования, строительства, а также регулярно проверять их состояние и проводить необходимые ремонтные работы. [2]

Угол откоса нерабочего борта карьера зависит от ширины транспортных и предохранительных берм, от угла откоса и высоты уступов. Схема нерабочего борта карьера представлена на рис. 1, что позволяет лучше понять взаимосвязь между этими элементами.

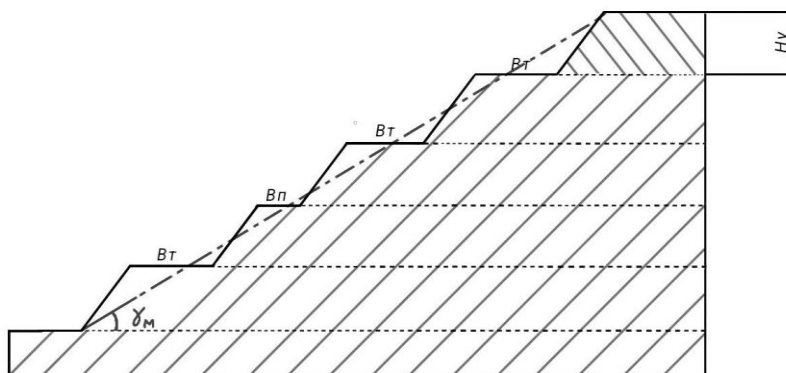


Рис. 1. Схема нерабочего борта карьера

Исходя из схемы нерабочего борта карьера, можно определить угол откоса нерабочего борта карьера.

$$\gamma_n = \arctg \left(\frac{\sum H_y}{\sum b_t + \sum b_p + \sum H_y \operatorname{ctg} \alpha} \right)$$

где b_t – ширина транспортной бермы, м;

b_p – ширина предохранительной бермы, м;

H_y – высота уступа, м;

α – угол откоса уступа, градус.

Определение оптимального угла откоса нерабочего борта карьера является ключевым фактором обеспечения безопасной и эффективной работы карьера.

Увеличение общего угла откоса нерабочего борта глубоких карьеров на 3-5 градусов приводит к уменьшению объёмов вскрышных работ на десятки миллионов кубических метров. В данной работе

увеличение общего угла откоса нерабочего борта карьера будет происходить за счёт уменьшения ширины транспортной бермы. [3]

Для решения данной проблемы рассмотрим взаимосвязь между подобранным оборудованием и изменением углов откоса нерабочих бортов. Таким образом, возникает необходимость в обосновании рациональных размеров транспортной бермы.

При выполнении расчёта был рассмотрен автосамосвал БелАЗ 7540А и самосвал JAC N410, необходимые технические характеристики представлены в табл. 1.

Таблица 1

Техническая характеристика автосамосвалов

Параметры	БелАЗ 7540А	Самосвал JAC N410
Грузоподъемность	30т	30т
Мощность двигателя	420 л.с.	430 л.с.
Максимальная скорость	50 км/ч	81 км/ч
Объем кузова	17.8 м ³	26 м ³
Ширина	3860	2550

Поскольку разработанный подход универсален, то для визуализации возможности его применения рассмотрим конкретный пример. Пусть будет 8 уступов высотой 10 метров и с углом откоса, равным 55 градусам. Проезжая часть дороги принимается двухполосная.

Для того чтобы установить корреляцию между углом наклона нерабочего борта карьера и шириной транспортной бермы, необходимо предварительно определить параметры транспортной бермы для двух различных по ширине автосамосвалов, а затем на основании полученных данных составить соответствующие рисунки (рис. 2 и рис. 3).

Проведя расчёт транспортной бермы для автосамосвала БелАЗ 7540А угол откоса нерабочего борта карьера был равен 25,54 градуса, а проведя расчет транспортной бермы для самосвала JAC N410, угол откоса нерабочего борта карьера был равен 27,39 градуса.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что использование самосвала JAC N410 экономически целесообразнее, так как в этом случае угол откоса нерабочего борта почти на 2 градуса больше, а следовательно, и объем вскрышных работ будет в разы

меньше чем при использовании БелАЗ 7540А. Однако не стоит забывать и о безопасности ведения горных работ, для этого необходимо проверить угол откоса нерабочего борта по условиям устойчивости. Для наиболее достоверных расчётов устойчивости необходимо производить расчёты в конкретных инженерно-геологических условиях.

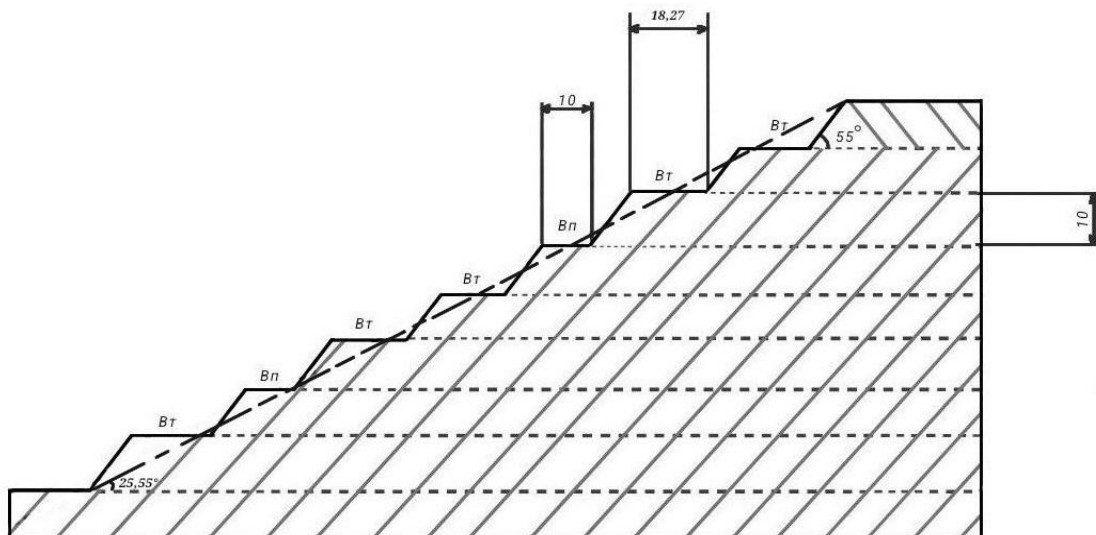


Рис. 2. Нерабочий борт карьера при использовании автосамосвала БелАЗ 7540А

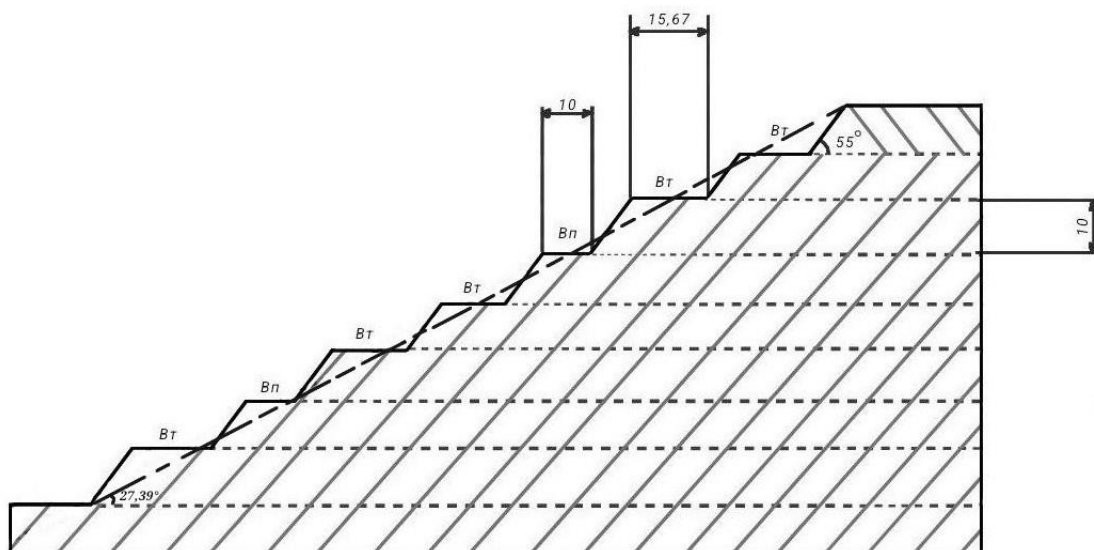


Рис. 3. Нерабочий борт карьера при использовании самосвала JAC N410

Вывод. Таким образом, задача определения угла откоса нерабочего борта карьера является многогранной и требует комплексного подхода, учитывающего как технические, так и природные факторы. Это позволит не только обеспечить безопасность работников, но и оптимизировать процессы добычи и транспортировки

полезных ископаемых, что в конечном итоге приведет к повышению эффективности работы всего карьера.

Перечень ссылок

1. Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 04 июня 2026 г. №25 «Об утверждении «Правил по обеспечению промышленной безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом»

2. Открытые горные работы: методическое пособие к выполнению курсового проекта для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» / В.И. Сенкевич. 2-е изд., исп. – Минск: БНТУ, 2011. – 99 с.

3. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Учебник для вузов. В 2-х частях. Часть 2. Технология и комплексная механизация. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 549 с.

УДК 622.232.5

ОТРАБОТКА ТОНКИХ КРУТОПАДАЮЩИХ ВЫБРОСООПАСНЫХ ПЛАСТОВ

В.С. Коломиец, В.В. Жипа
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
kolomiyets48@mail.ru

Аннотация. В работе предложена безлюдная отработка тонких выбросоопасных крутопадающих пластов с помощью гидроимпульсных установок – буровой и выемочной.

Annotation. The paper proposes an unmanned method of working out thin, steeply dipping, outburst-prone formations using hydroimpulse drilling and extraction units.

Ключевые слова: гидроимпульсная установка; тонкий, выбросоопасный, крутопадающий угольный пласт.

Keywords: hydroimpulse unit; thin, outburst-prone, steeply falling coal seam.

Введение. В Донецком бассейне суммарные запасы угля до глубины 1500 м составляют порядка 40,0 млрд. т. из них около 45÷50% всех запасов приходятся на тонкие и весьма тонкие пласты. Только ЦРД во вскрытых платах мощностью 0,3-0,6 м содержит более 900 млн. т. коксующегося угля. Тем не менее удельный вес добычи из них не превышает 13% [1] и в последние десятилетия этот показатель непрерывно сокращается.

Выемка тонких пластов осуществляется в основном комбайновыми комплексами с присечкой значительных объемов боковых пород. По данным ДонУГИ основная масса породы (более 70%) вынута из тонких пластов.

На крутонаклонных и крутопадающих тонких пластах комбайновую выемку дополняют щитовые агрегаты, а на весьма тонких и отбойный молоток. Основная масса этих пластов опасна по внезапным выбросам угля и газа.

До сих пор, с целью предотвращения выбросоопасности механизированной лавы, традиционно отработывался, расположенный рядом с последней, пласт-спутник с помощью отбойного молотка в уступной лаве.

Остальные маломощные пласты свиты оставались не отработанными.

Следует также отметить, что механическое воздействие на разрушаемый массив провоцирует внезапные выбросы на пластах, опасных по выбросам угля и газа, в незащищенных зонах.

Целью данной работы является обоснование безлюдной отработки тонких крутопадающих выбросоопасных пластов с помощью устройств, создающих импульсные струи.

Основное содержание. На кафедре «Энергомеханические системы» ФГБОУ ВО «ДонНТУ» на базе разработанного генератора импульсных струй, преобразующего малорасходный (до $0,0015 \text{ м}^3/\text{с}$) стационарный поток рабочей жидкости высокого давления (32,0 МПа) в импульсный повышенных мгновенных расходов (до $0,025 \text{ м}^3/\text{с}$) того же давления, создан ряд установок различного технологического назначения, как для горных предприятий, так и для многих отраслей промышленности (металлургия, энергетика).

Проведенными испытаниями в различных горно-геологических условиях были доведены до установочных серий гидроимпульсные буровая МБГИ-1 (рис.1) и выемочная ГИУВм-1 (рис.2) установки для отработки маломощных, в том числе и выбросоопасных крутопадающих пластов.



Рис. 1. Машина буровая МБГИ-1



Рис. 2. Выемочная установка ГИУВм-1

Технические характеристики установок МБГИ-1 и ГИУВм-1 приведены в табл. 1 и 2 соответственно.

В комплект МБГИ-1 входит:

- высоконапорная насосная установка типа УНГ или АНТ-02 с рабочими параметрами $P_0 = 30\text{--}32 \text{ МПа}$, $Q_0 = 0,0015 \text{ м}^3/\text{с}$;
- подводящие высоконапорные рукава с внутренним диаметром 20–25 мм;
- буровой став;
- станок подачи типа БШ-2м;
- пульт дистанционного управления.

Порядок ведения нарезных работ с помощью установки МБГИ-1 в основном аналогичен тому, что и при применении буровых установок с механическим режущим инструментом. Отличие состоит в мероприятиях, выполняемых при подводе энергоносителя.

Таблица 1

Техническая характеристика МБГИ-1

Наименование параметра	Значение
Диаметр скважины, м	0,4
Глубина бурения, м, не более	140
Производительность техническая, м/с (м/мин)	0,08-0,17 (4,8-10,2)
Угол наклона скважины к горизонту, град.	35-90
Способ выдачи горной массы	самотеком
Габаритные размеры, м длина; ширина; высота	1,92; 0,4; 0,4
Масса, кг	420

Таблица 2

Техническая характеристика ГИУВм-1

Наименование параметра	Значение
Производительность, т/мин.	1,0-2,0
Глубина выемки, м, не менее	0,15 0,9
за один проход	
за цикл	
Габаритные размеры установки, м длина; ширина; высота	1,8; 0,4; 0,28
Масса установки, кг	400

Обслуживали установку с откаточного штрека один машинист и два горнорабочих.

Вытекающая из проходимой скважины пульпа попадала на штрек в специально изготовленный деревянный короб, из которого вода удалялась в канавку штрека, а уголь в конце смены убирался в вагонетку.

В результате шахтных испытаний установки МБГИ-1 были получены следующие показатели:

- за период испытаний в условиях пластов «Калуга» и «Соленый» пройдено 9 скважин диаметром 400 мм, максимальной длины 106 м и общей – 500 м.
- отклонение скважины от заданного направления составило не более 1 м;
- при эквивалентном диаметре рабочих насадков 12 мм и давлении

на выходе питающей насосной установки $24,0 \div 28,0$ МПа техническая производительность МБГИ-1 составила $25 \div 40$ м/час, эксплуатационная - $4 \div 6$ м/час.

В комплект ГИУВм-1 входит:

- высоконапорная насосная установка того же типа что и для МБГИ-1;
- тяговая лебедка 1ЛГКНм-2;
- подводящие высоконапорные рукава с внутренним диаметром 20-25 мм;
- пульт дистанционного управления.

Выемка угля установкой ГИУВм-1 осуществлялась посредством ее перемещения вдоль забоя по челноковой схеме с помощью лебедки 1 ЛГКНм-2 со скоростью 6-10 м/мин. Истекающая при этом из исполнительного органа установки импульсная струя нарезала врубовую щель шириной 8-12 мм вдоль всего забоя по линии контакта почва-пласт.

За период испытаний из опытных лав было добыто около 26,0 тыс. тонн угля.

При этом, при диаметре рабочего насадка 10 мм и величине параметров, подводимого к ГИУВм-1 потока воды, $P_o = 27,0$ МПа, $Q_o = 5,4$ м³/час были получены следующие показатели:

- максимальная техническая производительность составила 1,4 т/мин (пл. «Толстый», мощность 0,7 м) и 3,0 т/мин (пл. «Мазурка», мощность 1,3 м). Эксплуатационная производительность при этом составила в среднем 55-100 т/сутки и 170-200 т/сутки, соответственно;
- влажность отбитой горной массы не превышала 10%;
- пробы воздуха на исходящей струе были более качественными по сравнению с пробами из молотковой и щитовой лавы;
- выполнение основной операции технологического цикла не требует присутствия ГРОЗ в забое.

Питание насосных установок, работающих с МБГИ-1 и ГИУВм-1, осуществляется от сети противопожарно-оросительного трубопровода.

В зависимости от горно-геологических условий разработка тонких и весьма тонких крутопадающих угольных пластов, при совместном использовании гидроимпульсных установок МБГИ-1 и ГИУВм-1, может осуществляться без присутствия человека в очистном забое и с его присутствием при креплении выработанного пространства и управлении горным давлением в очистном забое.

Безлюдную выемку можно будет применять при разработке угольных пластов с устойчивыми боковыми породами с оставлением

угольных целиков на всю высоту этажа (столбовая система). При этом возможны два варианта отработки пластов:

- с закладкой выработанного пространства рядовой породой;
- без закладки отработанных полос.

Ширина обрабатываемых камер зависит от крепости боковых пород. Количество пробуренных скважин, опережающих линию очистного забоя, должно быть не менее четырех.

Процесс выемки угля установкой ГИУВм-1 в камере продолжается непрерывно до полного завершения его добычи из последней. Отработанные камеры изолируются на откаточном штреке быстротвердеющими материалами на высоту не менее 2,0 м. Отставание заложённых камер от рабочей должно быть максимальным, но не более двух.

В случае необходимости крепления выработанного пространства первый ряд крепи устанавливается на расстоянии 0,5 м от угольного массива для обеспечения прохода ГИУВм-1.

Закладка выработанного пространства (самотечная) производится полосами шириной 2,5-4,5 м. Закладочный материал со стороны забоя удерживается рештками из распилов или металлической сеткой усиленных деревянными кострами.

Применение такой технологии возможно как при столбовой, так и сплошной системах разработки.

Вывод. Проведенные исследования по отработке с помощью импульсной струи воды, тонких, в том числе и выбросоопасных, крутопадающих угольных пластов, позволили рассмотреть возможность их выемки без присутствия людей в забое в период выполнения основной операции цикла.

Перечень ссылок

1. Мучник В.С., Маркус М.Н., Голланд Э.Б. Подземная гидравлическая добыча угля. – М.: Недра, 1986. – 223 с.

УДК 622.33:622.278

О ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДОН- БАССА

А.Л. Касьяненко
ФГБНУ «Институт физики горных процессов»,
г. Донецк
kasianenco@mail.ru

Аннотация. Проанализировано состояние угольной отрасли. Акцентируется внимание на развитие нетрадиционных технологий для разработки угольных месторождений. Предложена технология подземной газификации угля для разработки угольных пластов Донбасса. Рассмотрена сущность технологии и принципиальная схема модуля подземного газогенератора. Указаны научные направления для совершенствования технологии подземной газификации угля.

Annotation. The condition of the coal industry is analyzed. Attention is focused on the advance of unconventional technologies for the development of coal deposits. The technology of underground coal gasification for the development of Donbass coal seams is proposed. The essence of the technology and the schematic diagram of the underground gas generator module are considered. The scientific directions for improving the technology of underground coal gasification are shown.

Ключевые слова: уголь, подземная газификация угля, подземный газогенератор, синтез-газ, Донбасс, научные направления.

Keywords: coal, underground coal gasification, underground gas generator, syngas, Donbass, scientific directions.

Цены на уголь достигли своего многолетнего минимума, в связи со снижением спроса и ужесточением конкуренции. Снижение цен на нефть, газ, рекордно низкие цены на солнечную и ветровую энергию подорвали отрасль. По итогам 2024 года более половины угольных компаний России оказались убыточны [1]. На Донбассе угледобывающие предприятия находятся в крайне тяжелом положении, не рентабельные шахты планируют закрыть, рентабельные передать в частную собственность, согласно разработанной программе реструктуризации угольной отрасли ДНР и ЛНР [2]. В апреле 2025 года правительством РФ была принята Энергостратегия до 2050 [3], о необходимых мерах поддержки угольной промышленности, целью которой предусмотрены сохранение объемов экспорта угольной продукции и привлечение в отрасль инвестиций. Передача шахт ДНР и ЛНР в аренду инвесторам началась еще в 2023 году в соответствии с разработанной концепцией реформы угольной отрасли республик. Однако инвесторы отказались от 9 из 15 шахт, взятых в аренду [4].

В сложившихся условиях крайне важной становится проблема поиска экономически выгодных и экологически чистых технологий использования природных угольных ресурсов. В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [5] одним из приоритетных направлений выделен переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике.

Одним из нерешенных, но давно назревших вопросов является пересмотр применения нетрадиционных технологий для разработки угольных пластов [6]. Нетрадиционные технологии разработки угольных месторождений можно классифицировать по процессам добычи (рис. 1), в основе которых лежат вид и способ перевода угля в подвижное состояние.

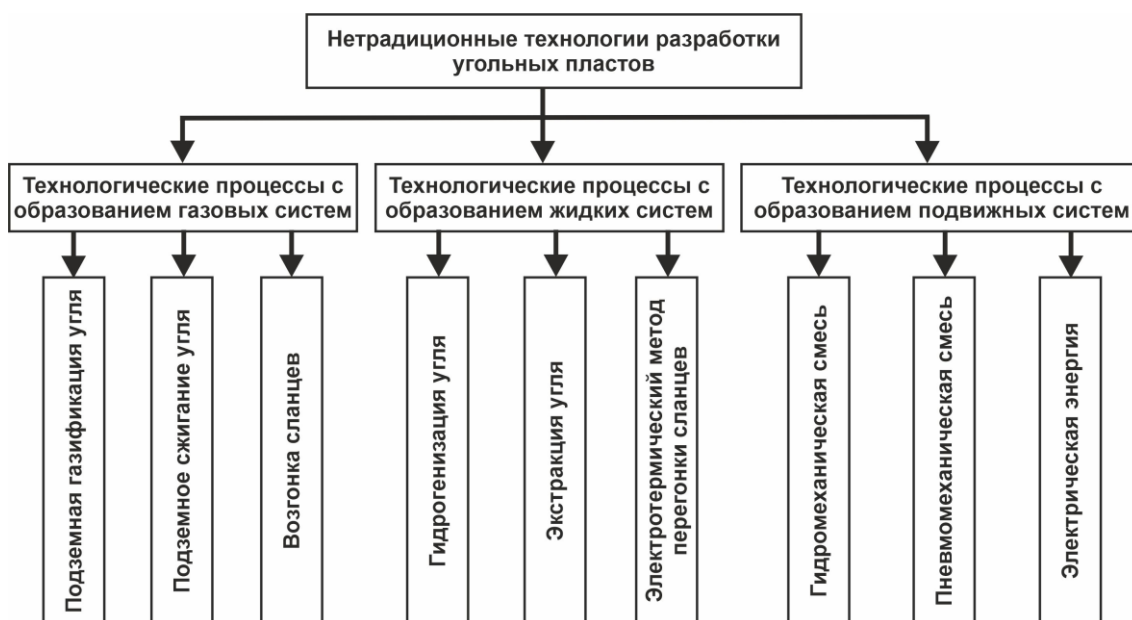


Рис.1. Классификация нетрадиционных технологий разработки угольных пластов.

Одной из перспективных и хорошо исследованных нетрадиционных технологий разработки угольных пластов является подземная газификация угля (ПГУ). В работе [7] указано, что на ликвидированных и неперспективных шахтах внедрение ПГУ для условий изолированных регионов является очень перспективным. Особенно это актуально для Донбасса, где восстановление добычи угля традиционным шахтным способом потребует колоссальных затрат времени и средств.

Подземная газификация угля – способ превращения угля в месте его залегания в горючий газ и вывод полученного в результате

неполного окисления угля генераторного газа на поверхность для его дальнейшего использования.

На рис. 2 представлена принципиальная схема модуля подземного газогенератора основанная на поточном методе ПГУ. По разработанной технологии процесс ПГУ осуществляется с дневной поверхности при помощи комплекса буровых скважин (1,2), соединенных между собой розжиговым каналом (5), проходящем в угольном пласте. В розжиговом канале создают очаг горения, к которому с одной стороны подводят воздух, содержащий свободный кислород, а с другой стороны отводят газ — продукт химического процесса, при котором углерод твердого топлива при высоких температурах превращается с помощью кислорода воздуха в горючий газ. Генераторный газ, полученный способом ПГУ, представляет собой смесь, состоящую из горючих компонентов (углеводороды, водород и угарный газ), кислых газов (сероводород и углекислый газ), балласта (азот) и кислорода, выступающего в роли окислителя при сжигании газа.

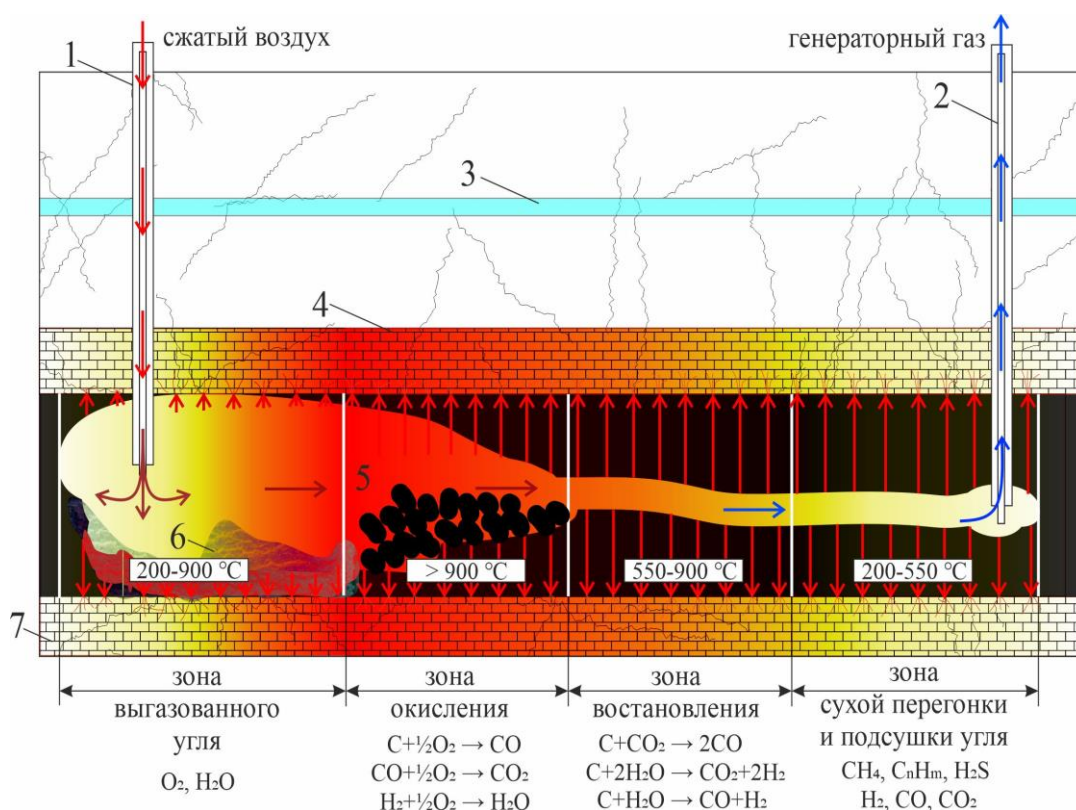


Рис.2. Принципиальная схема модуля подземного газогенератора с формированием в канале газификации зон физико-химического превращения угля в генераторный газ:

1 – воздухоподающая (нагнетательная) скважина; 2 – газоотводящая (продуктивная) скважина; 3 – подземные воды; 4 – породы кровли пласта; 5 – канал газификации; 6 – зола; 7 – породы почвы пласта

В настоящее время институт «Донгипрошахт» выполняет научно-исследовательскую работу «Оценка возможности применения подземной газификации углей в Донецком бассейне». В своей работе [8] институт использует критерии пригодности, основанные на современных достижениях в развитии данной технологии для условий Донбасса. Эти критерии позволяют выработать более широкие возможности для применения ПГУ в сложных горно-геологических условиях.

Между тем нельзя добиться эффективности ПГУ без решения ряда геомеханических вопросов, и для решения этих вопросов ФГБНУ «Институт физики горных процессов» ведутся [9] и имеется потенциал для проведения исследований в следующих научных направлениях:

- научный анализ существующих способов газификации в горно-геологических условиях Донбасса;
- разработка, анализ и испытание новых схем ПГУ;
- геомеханические аспекты поддержания скважин выработок;
- создание базы данных для расчета сдвижений поверхности в ПГУ;
- изменение прочности пород в случае теплового воздействия (прочность на сжатие растяжение в зависимости от температуры);
- термодинамика газугольного массива;
- скорость распространение (остывания) температуры по образцу (монолит, трещиноватая пористая порода).

Вывод. Комплексный анализ этих факторов позволит оптимизировать процесс подземной газификации и минимизировать затраты. Такие исследования, направленные на решение указанных проблем, безусловно будут своевременны в связи со сложившейся критической ситуацией в угледобывающей отрасли и востребованны для Донбасса с большими запасами угля, пригодных для внедрения ПГУ. Поэтому обоснование научно-технических решений по совершенствованию технологии ПГУ в горно-геологических условиях Донбасса является актуальной научной и практической задачей.

Перечень ссылок

1. Кризис в угольной отрасли - 2025: предпосылки и меры поддержки. – Текст: электронный // Журнал «Добывающая промышленность» [сайт]. – URL: <https://dprom.online/mining/kreezees-v-ugolnoyi-otraslee-2025-predposilke> (дата обращения: 16.09.2025).
2. Половину шахт Донбасса планируют закрыть из-за нерентабельности. – Текст: электронный // Электронное периодическое издание «Парламентская газета» [сайт]. – URL: <https://www.pnp.ru/economics/polovinu-shakht-donbassa-planiruyut-zakryt-iz-za-nerentabelnosti.html> (дата обращения: 20.10.2025).
3. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года: распоряжение Правительства РФ от 12 апреля 2025 г. № 908-р. – Текст: электронный // Официальный сайт Правительства Российской Федерации [сайт]. – URL: <http://government.ru/docs/54754> (дата обращения: 20.10.2025).

4. Инвесторы вернут угольные шахты властям новых регионов для их ликвидации. Кто и как будет заниматься закрытием проектов. – Текст: электронный // Официальный канал мультимедийного холдинга РБК [сайт]. – URL: <https://www.rbc.ru/business/21/04/2025/68027c749a79479cb47ad9cc> (дата обращения: 20.10.2025).

5. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145. – Текст: электронный // Официальный сайт Президента России [сайт]. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358> (дата обращения: 20.10.2025).

6. Плаkitкин, Ю. А. Прогнозные оценки масштабов применения новых технологий в угольной отрасли на период до 2040 года / Ю. А. Плаkitкин, Л. С. Плаkitкина, К. И. Дьяченко // Горная промышленность. – 2019. – № 5(147). – С. 10-16.

7. Петров, И.В. Предложения по декарбонизации угольной промышленности и устойчивому развитию обособленных регионов на основе подземной газификации углей / И.В. Петров, И.И. Уткин, В.Б. Джайянт // Уголь. – 2022. – № 9. – С. 41-47. – DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-41-47.

8. Андрусенко, И. Н. Определение области применения и параметров технологии подземной газификации угля в Донбассе / И. Н. Андрусенко, И. И. Гомаль, Касьяненко А. Л. // Научно-технические технологии и оборудование в промышленности и строительстве. – 2025. – № 9 (83). – С. 24-35.

9. Касьяненко, А. Л. Особенности использования подземной газификации угля в горно-геологических условиях Донбасса / А. Л. Касьяненко, Ю. Ю. Вишняк, А.В. Готов // Наука и инновации: глобальные перспективы и локальные решения : сборник научных статей I Международной научно-практической конференции, Саратов, 02 июня 2025 года. – Варна: Центр за научни изследвания и информация «Парадигма», 2025. – С. 399-406.

УДК 622.112.4:622.831.312

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА СКЛАДКООБРАЗОВАНИЯ ПОРОД В ОКРЕСТНОСТИ ВЫРАБОТОК

Ю.А. Петренко, В.И. Фомичёв, Д. Л. Касьяненко
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
kasdmit@yandex.ru

Аннотация. Приведены результаты лабораторных исследований на структурных моделях при различных формах сечений выработок. Установлено, что с увеличением смещений слоев в плоскости напластования наблюдается различная величина их поднятия в зависимости от формы сечения выработки.

Annotation. The results of laboratory studies on structural models with different shapes of work sections are presented. It has been established that with an increase in the displacement of the layers in the stratification plane, a different amount of their elevation is observed, depending on the shape of the cross-section mine workings.

Ключевые слова: горная выработка, форма сечения выработки, породы почвы, структурная модель, зона разрушенных пород, критерий подобия.

Keywords: mine workings, the shape of the cross-section mine workings, floor rocks, structural model, zone of destroyed rocks, similarity criterion.

Результаты исследований смещений породного массива по контуру выработок на физических моделях и в натурных условиях показывают, что величина их имеет значительные расхождения по периметру выработки. При этом конвергенция пород почвы-кровли в 2-6 раз превосходит конвергенцию боков выработок. Это связано с различным характером разрушения пород [1]. В кровле и почве выработки разрушение пород происходит в форме складки, а в боках - в виде отрыва и сдвига. При наличии в текстуре пород почвы прочного слоя его разрушение происходит в результате развития породной складки с образованием крупных породных блоков, для уборки которых при подрывке почвы необходимо применять буровзрывные работы, что повышает энергозатраты на разрушение пород и снижает темпы работ более чем в 5 раз [2].

Известно, что складка породных слоев образуется в результате их смещений в плоскости напластования. В естественных условиях смещения породных слоев в плоскости их напластования является результатом разрушения породного массива с увеличением его объема. При этом разрушение породных слоев и их смещение по плоскостям напластования происходит практически одновременно. Этот процесс можно исследовать на физических моделях из эквивалентных материалов [3].

Изготовление и испытание таких моделей сопряжено с трудоемкими процессами закатки, оснастки и отработки моделей. В то же время на них можно получить только качественную картину геомеханических процессов, происходящих в породном массиве вмещающем выработку.

В плане соблюдения основных критериев подобия соответствия процессов в модели и в натуре имеется ряд сложностей. Так при моделировании больших глубин разработки исходное поле напряжений принимается гидростатическим, что в большинстве случаев не соответствует действительности. Прочность пород в модели рассчитывается по известным зависимостям [3], однако отразить текстуру реальных горных пород с учетом их прочностных характеристик и геометрического подобия практически невозможно. Прочность реальных пород в образце с учетом геометрического масштаба отражается в модели уже как прочность пород в не соизмеримом объеме - прочность в массиве. Так песчинка размером 1 мм при геометрическом масштабе 1:50, 1:100 соответствует 50-100 мм в натуре. Еще большую проблему представляет соблюдение подобия реологических процессов материала модели и реальных горных пород, которые во многом определяют состояние горных выработок. Поэтому во многих случаях наряду со строгим учетом в физической модели многочисленных параметров породного массива отсутствует отражение физической сущности геомеханических процессов, происходящих в реальных условиях. Все это в конечном итоге существенно снижает достоверность получаемых на моделях результатов.

На основании изложенного представляется возможным исследовать общие закономерности складкообразования слоистых горных пород в окрестности выработок различной формы на структурных моделях. Главным условием достоверности получаемых результатов является соблюдение в моделях основных параметров процессов, которые в максимальной мере отражают физическую сущность исследуемого явления. При этом используется метод суперпозиции и метод аналогий.

В нашем случае в структурной модели используется геометрическое подобие формы и размеров сечения выработок; мощности породных слоев; размеров имитируемой зоны разрушенных пород в масштабе 1:50.

Метод суперпозиции в предлагаемых структурных моделях используется следующим образом. Если в реальных условиях формирование складки происходит за счет разрушения пород и сдвижения фрагментов разрушенного массива по плоскостям напластования, то в структурной модели из отдельных фрагментов формируется зона

разрушенных пород, а складка образуется за счет принудительного смещения этих фрагментов по плоскостям напластования.

Исследования производились на структурной модели, которая представляла собой металлический каркас 500х500 мм из швеллера шириной 30 мм. Бока каркаса закрывались стеклянными стенками толщиной 6 мм. Породный массив имитировался деревянными блоками 10-20-50 мм. Зона разрушенных пород составлялась из блоков соответствующей длины с закругленными концами. Последнее обеспечивало минимальную площадь контактов между отдельными фрагментами и предотвращало заклинивание последних за счет устранения контакта по всей торцевой поверхности. Имитация сдвижений породных блоков в модели производилась за счет винтовых домкратов, расположенных на боковых стойках каркаса. Сдвигение массива модели по плоскостям напластования производилось подвижными планками через камеры, заполненные водой и соединенные между собой. Последнее обеспечивало симметричное смещение тела модели на ее боковых границах.

В моделях изучались особенности процесса складкообразования пород кровли и почвы выработок при различных их формах (арочная, трапецевидная, круглая, ромбовидная). Поперечное сечение выработок составляло 12 м² в натуре.

Модель крепи выработок изготавливалась из медной фольги толщиной 0,1 мм.

При отработке структурных моделей определялась зона породного массива, участвующая в формировании складок в зависимости от формы выработки и размера породных фрагментов. Производились также измерения смещений почвы, кровли и боков выработок в зависимости от задаваемых смещений на боковых границах модели. Оценка неравномерности смещений контура выработок в зависимости от их формы и размеров породных фрагментов производилась относительно величин смещений боков выработок:

$$K_n^k = \frac{U_k}{U_6}; K_n^п = \frac{U_п}{U_6},$$

где K_n^k , $K_n^п$, - коэффициенты неравномерности смещений соответственно кровли и почвы;

U_k , $U_п$, U_6 - величины смещений соответственно кровли, почвы и боков выработки.

Интенсивность складкообразования пород почвы и кровли выработок оценивалась через коэффициент интенсивности K_i , который определялся как отношение величины поднятия (опускания) слоев (Δy) к величине смещения слоев в плоскости напластования (Δx).

На рис. 1 представлено состояние моделей после испытаний. Анализ приведенных рисунков показывает, что в качественном отношении картины деформирования контура выработок соответствуют состояниям выработок наблюдаемым в шахтных условиях [4].

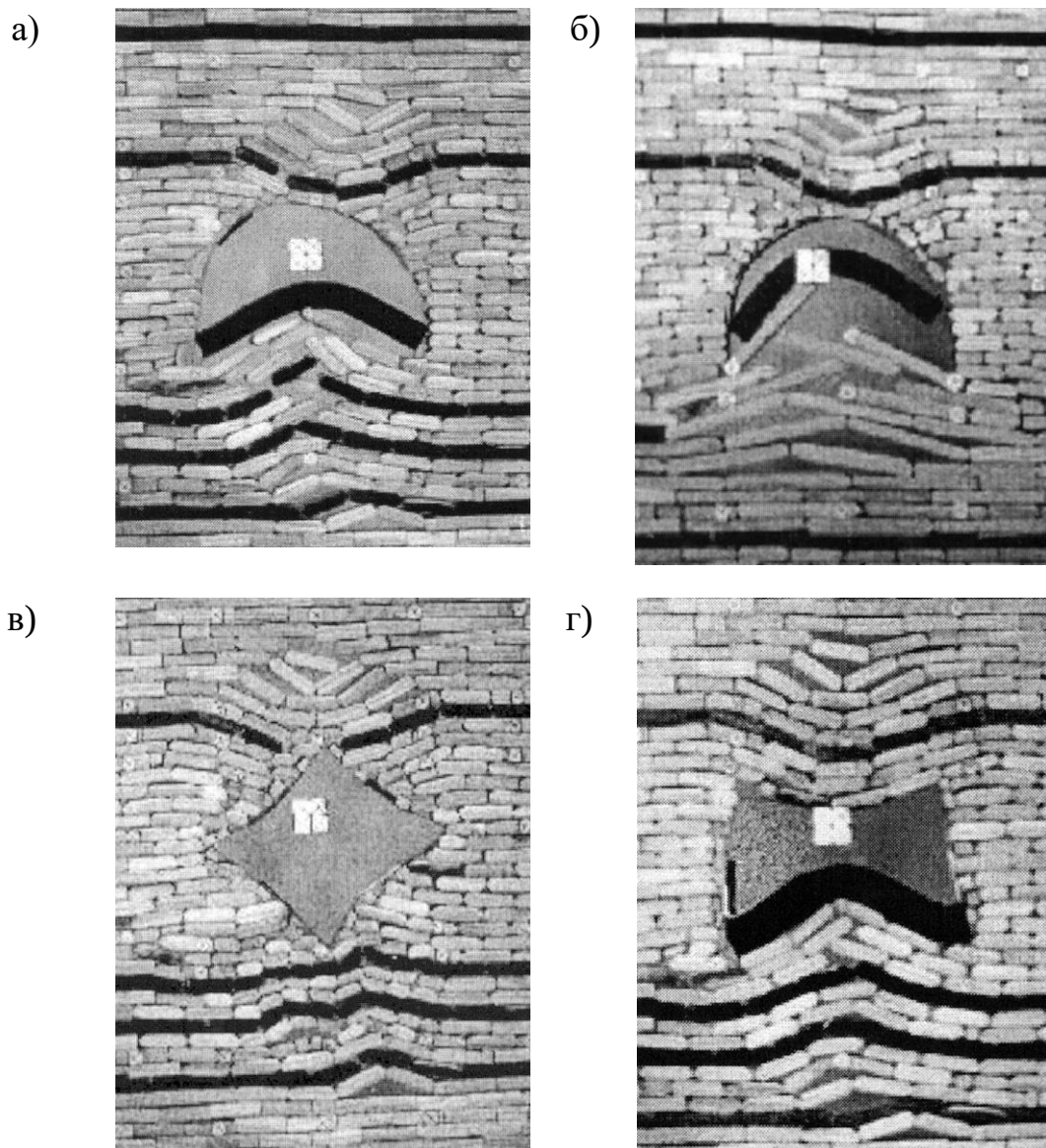


Рис.1. Вид модели с выработкой: а) арочной формы при величине блока в почве 20 мм; б) арочной формы при величине блока в почве 50 мм; в) ромбовидной формы при величине блока в почве 10 мм; г) трапециевидного сечения при величине блока в почве 20 мм.

На основании обработки данных измерений смещений имитируемого породного массива на структурных моделях при различных формах сечений выработок можно сделать следующие выводы о том, что с увеличением сдвижений слоев в плоскости напластования наблюдается

различная величина их поднятия в зависимости от формы выработки. Так, например, при величине горизонтальных смещений пород 2 мм их вертикальное поднятие соответственно составляет: для арочной формы – 8,5 мм; для трапециевидной формы – 8 мм; для круглой – 2 мм; для ромбовидной – 1,5 мм. При величине горизонтальных смещений 6 мм величины вертикальных поднятий слоев почвы соответственно составляет 23; 23; 8 и 4 мм.

При любой форме выработки наблюдается уменьшение интенсивности процесса складкообразования пород. Так, например, при трапециевидной форме выработки интенсивность складкообразования пород на контуре составляет $\Delta y/\Delta x = 6$, на удалении 1 м – $\Delta y/\Delta x = 3$, на удалении 2 м – $\Delta y/\Delta x = 1$, а на удалении 2,2 м – $\Delta y/\Delta x = 0$. По этому показателю можно установить на какую глубину распространяется область пород, участвующих в формировании складки в зависимости от формы выработки. Эта зона распространяется в зависимости от формы выработки вглубь массива на расстояние соответственно: при трапециевидной форме – 2,2-3 м; при арочной – 2,7 м; при круглой – 1,6-2 м. Следует отметить также, что при различной форме выработки, с увеличением смещений слоев пород в плоскости напластования (Δx), интенсивность процесса их складкообразования уменьшается.

Максимальные смещения контура почвы наблюдаются при блоках размером 5 см (2 м). При размерах блоков 2 и 1 см смещения контура почвы соответственно составляют 1,0 и 0,6 м.

Таким образом, форма выработки оказывает существенное влияние на величину смещений пород контура почвы в результате процесса складкообразования пород.

Вывод. Особенности механизма складкообразования пород почвы выработок заключаются в следующем:

- интенсивность складкообразования пород затухает с увеличением смещений слоев почвы по плоскостям напластования;
- размер породных блоков не оказывает заметного влияния на распространение зоны складкообразования пород в глубь массива, но существенно влияет на величину поднятия почвы в полость выработки.

Перечень ссылок

1. Касьяненко, А. Л. Обеспечение устойчивости пород почвы выемочных выработок при наличии в их текстуре прочных слоёв: специальность 25.00.22 «Гео-технология (подземная, открытая и строительная)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Касьяненко Андрей Леонидович. – Донецк, 2017. – 237 с.
2. Петренко, Ю. А. Способ обеспечения устойчивости пород почвы на основе использования благоприятных горно-геологических условий / Ю. А. Петренко, Г. И. Соловьев, А. Л. Касьяненко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2025. – № 1. – С. 506-517.

*Сборник научных трудов V форума
студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков
«ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ДЕЛА»
г. Донецк, ДонНТУ, 27-28 ноября 2025 г.*

3. Глушихин, Ф. П. Моделирование в геомеханике / Ф. П. Глушихин, Г. Н. Кузнецов, М. Ф. Шклярский и др. – М.: Недра, 1991. – 240 с.

4. Усовершенствование способов поддержания выработок глубоких шахт на основе инновационных технологических решений: отчет о НИР: Н-2022-3 / Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет»; ГОУВПО «ДонНТУ»; рук. Петренко Ю. А.; исполн.: Касьяненко А. Л. [и др.]. – Донецк. – 2020. – 238 с. – Инв. № 00009879.

УДК 551.21:622

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ВУЛКАНАХ

Д. И. Мамонтова, А. Л. Касьяненко
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
tsssdasa@gmail.com

Аннотация. Проведен анализ актуальности добычи полезных ископаемых на вулканах. На основе проведенного анализа показана перспективность разработки вулканогенных месторождений для извлечения редкоземельных элементов. Рассмотрены сферы применения редкоземельных элементов, их стратегическая значимость. Показан отечественный опыт исследований продуктов вулканической деятельности.

Annotation. The relevance of mining on volcanoes is analyzed. Based on the analysis, the prospects of developing volcanogenic deposits for the extraction of rare earth elements are shown. The fields of application of rare earth elements and their strategic importance are considered. The native experience of researching volcanic activity products is shown.

Ключевые слова: вулканодобыча, редкоземельные элементы, вулканогенные месторождения, отечественный опыт, стратегическая значимость.

Keywords: volcano mining, rare earth elements, volcanogenic deposits, native experience, strategic importance.

Одним из перспективных ресурсов полезных ископаемых являются продукты вулканической деятельности – горные породы, сформировавшиеся на земной поверхности или близ нее в результате вулканических извержений. Актуальность темы обусловлена тем, что традиционные месторождения постепенно истощаются, что заставляет человечество обращать взгляд на новые более сложные, но чрезвычайно перспективные источники добычи. Вулканические регионы, особенно зоны активного вулканизма и древние вулканические пояса, являются такими источниками. Вулканогенные месторождения представляют особый интерес для горнодобывающей отрасли [1].

Продукты вулканической деятельности уже давно используются человечеством для получения строительных материалов [2]. Однако химический состав продуктов вулканической деятельности представлен в том числе широким спектром полезных компонентов, цветных и благородных металлов, редких и редкоземельных элементов [3–7]. Основные полезные элементы вулканогенных месторождений и область применения данных элементов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Распределение элементов в вулканогенных месторождениях и область их применения

Группа	Элемент	Содержание (%)	Область применения
Благородные металлы	Au, Ag, Pt, Rh	0,5-5,0	электроника, ювелирное дело
Цветные металлы	Cu, Zn, Pb	1,0-8,0	строительство, машиностроение
Редкие элементы	Li, Co, Ni, Ru	0,1-2,0	электроника, металлургия
Редкоземельные элементы	Re, Ir, Nd, Sc, Sm, Y	0,05-1,0	научное оборудование, атомная промышленность, авиастроение, космические и военные технологии
Неметаллы	S, Se, Te	10-30	химическая промышленность

Стоит особо обратить внимание на освоение редкоземельных элементов (РЗЭ). Свое название РЗЭ получили из-за их крайне низкой концентрации в полезных ископаемых, а также потому, что ни один из них не встречается в природе в чистом виде. Все месторождения РЗЭ имеют очень низкое содержание полезных компонентов в добываемой руде, концентрация от 1% считается достаточной для начала их разработки [8].

Президент Российской Федерации Владимир Путин в феврале 2025 г. на совещании отметил, что Россия планирует кратно увеличить производство РЗЭ [9]. РЗЭ применяются в высокотехнологических отраслях промышленности, используются при производстве ветряных генераторов, электромобилей, солнечных батарей, ракетных двигателей, аэрокосмического оборудования, микроэлектроники, лазерных систем, медицинского оборудования, систем наведения и приборов ночного видения, ультразвуковых и акустических преобразователей, беспилотников, оптоволоконной и лазерной техники и др. Заменить некоторые РЗЭ при производстве вышеприведенной техники и оборудования в большинстве случаев абсолютно невозможно. Именно поэтому доступ к этим ресурсам становится стратегическим вопросом для России [10].

Целесообразность привлечения инвестиционных ресурсов к разработке РЗЭ оправдана их чрезвычайно высокой стоимостью [11]. Цены на редкие и редкоземельные металлы по состоянию на 20 октября 2025 года, по данным ISE (Институт редкоземельных элементов и стратегических металлов) [12], приведены в табл. 2.

Таблица 2

Цены редких и редкоземельных металлов по данным ISE на 20 октября 2025 года

Наименование РЗЭ (чистота $\geq 99\%$)	Стоимость за кг в рублях (цена указана по курсу ЦБ на 20 октября 2025 года)
Осмий (Os-187)	806 000 000
Родий (Rh)	24 564 000
Иридий (Ir)	13 995 000
Рубидий (Rb)	9 413 000
Рутений (Ru)	2 790 000
Гафний (Hf)	395 000
Рений (Re)	351 000
Скандий (Sc)	266 000
Германий (Ge)	159 000
Тербий (Tb)	96 000
Лютеций (Lu)	64 000
Галлий (Ga)	28 000
Индий (In)	23 000
Неодим (Nd)	9 000
Литий металлический (Li)	7 000

Российская Федерация обладает значительными запасами вулканогенных месторождений, распределенных по различным регионам страны. Особого внимания заслуживают Камчатка и Курильские острова, где также сосредоточены месторождения золота и серебра. Уральский регион традиционно славится запасами меди и цинка, а Алтайский край – полиметаллическими рудами. Кольский полуостров представляет интерес как источник редкоземельных элементов [13].

Вулканогенные месторождения на данный момент используются для добычи алмазов, железной и медной руд, но вполне осуществимая перестройка производственного процесса позволит в дальнейшем добывать также и РЗЭ. В частности, в России уже ведутся исследования связанные с извлечением РЗЭ из вулканических газов [14] и продуктов

извержения грязевых вулканов [15]. Добыча редкоземельного рения (Re) из газа курильского вулкана уже рассматривается как проект для инвестирования. Так компанией ООО «Институт вулканологии» разработан проект «Русский рений» цель, которого организовать производство и добычу рения и других редких металлов из вулканических газов на единственном в мире промышленном месторождении – вулкане Кудрявый на острове Итуруп [16].

Вывод. Российская Федерация, обладая обширными территориями в пределах активных и древних вулканических поясов, в первую очередь на Камчатке, Курильских островах и на Урале, имеет огромный, но еще в полной мере нереализованный потенциал в этом направлении. Исследование продуктов вулканической деятельности сопряжено с уникальными вызовами: сложными геологическими условиями, удаленностью от промышленных регионов территорий расположения вулканических поясов, высокой экологической опасностью и необходимостью значительных инвестиций при их разработке. Тем не менее, успешное развитие разработки вулканогенных месторождений способно не только обеспечить страну стратегическим сырьем, но и дать мощный импульс для развития современных высокотехнологичных отраслей промышленности.

Перечень ссылок

1. Чарыев, Б. Использование вулканических ресурсов / Б. Чарыев, С. Бабаева, Ю. Байрамов, Р. Какабаев, В. Рахмедов // Международный научный журнал «Символ науки». – 2024. – №4-2-2. – С. 30-31.
2. Ковальченко, О. В. К вопросу о применении продуктов вулканической деятельности в строительном материаловедении / О. В. Ковальченко, Н. И. Алфимова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 6. – С. 24-28. – DOI 10.12737/article_5926a0593fffb1.48828859
3. Волков, А. В. Минеральное богатство вулканических поясов Тетиса / А. В. Волков, А. А. Сидоров // Вестник Российской академии наук. – 2014. – Т. 84, № 4. – С. 326-335. – DOI 10.7868/S086958731404015X.
4. Blundy, J. The economic potential of metalliferous sub-volcanic brines / J. Blundy, A. Afanasyev, B. Tattitch, S. Sparks, O. Melnik, I. Utkin, A. Rust // Royal Society Open Science. – 2021. – Vol. 8. – Iss. 6. – pp. 1-28. – DOI 10.1098/rsos.202192
5. Дергачев, А. Л. Вулканогенные колчеданные месторождения богатых золотом руд / А. Л. Дергачев, Н. И. Еремин // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. – 2018. – № 3. – С. 3-11.
6. Hakim, A.Y.A. Mineralogy and element mobility of lithium and rare-earth elements in Sidoarjo Mud Volcano, Indonesia / A.Y.A. Hakim, K. Anggayana, T. Indriati, B. Sulistijo, Syafrizal, M.N. Heriawan, A. H. Widayat // Jurnal GEOSAPTA. – 2022. – Vol. 8. – №2. – pp. 99-107. – DOI 10.20527/jg.v8i2.13936
7. Агафонов, Л. В. Распределение редкоземельных элементов в породах вулкана Шаварын-Царам (МНР) / Л. В. Агафонов, Ю. А. Еркушов // Геология и геофизика. – 1984. – Вып. 6. – Т. 25. – С. 65-76.
8. Анисимов, Л. А. Месторождения редкоземельных элементов - перспективный стратегический ресурс России / Л. А. Анисимов, О. Л. Донцова // Недра

Поволжья и Прикаспия. – 2023. – № 112. – С. 11-20. – DOI 10.24412/1997-8316-2023-112-11-20.

9. Совещание по развитию отрасли редкоземельных металлов 24 февраля 2025. – Текст: электронный // Официальный сайт Президента России – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/76330> (дата обращения: 20.10.2025).

10. Крюков, В. А. Стратегическое значение редкоземельных металлов в мире и в России / В. А. Крюков, А. В. Толстов, Н. Ю. Самсонов // ЭКО. – 2012. – № 11(461). – С. 5-16.

11. Кузнецов, И. Б. Инвестиционные ресурсы в проектах по добыче и переработке редкоземельных металлов и алмазов / И. Б. Кузнецов, З. З. Умаров // ЭКО. – 2012. – № 11(461). – С. 28-37.

12. Institut für Seltene Erden und Metalle AG (Институт редкоземельных элементов и стратегических металлов) – Текст: электронный // Официальный сайт. – URL: <https://institut-seltene-erden.de> (дата обращения: 20.10.2025). -Доступ свободный.

13. Новые и нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых Прибайкалья и Забайкалья : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Улан-Уде, 10-12 ноября 2010 года / Ответственный редактор Е.В. КИСЛОВ. – Улан-Уде: ЭКОС, 2010. – 208 с.

14. Бицкий, Р. Р. Перспективные методы извлечения полезных компонентов из вулканических газов / Р. Р. Бицкий // Горные науки и технологии. – 2017. – № 4. – С. 3-11. – DOI 10.17073/2500-0632-2017-4-3-11.

15. Челноков, Г. А. Редкоземельные элементы в водах грязевых вулканов Керченско-Таманской области / Г. А. Челноков, Н. А. Харитонова, В. Ю. Лаврушин, А. С. Айдаркожина, Г. Женг // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. – 2023. – № 5. – С. 58-71.

16. Проект «Русский рений» (ООО «Институт вулканологии») – Текст: электронный // Официальный сайт. – URL: <https://rus-rhenium.com/> (дата обращения: 20.10.2025). - Доступ свободный.

УДК 622.33.012

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЦЕПИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ГОРНОЙ МАШИНЫ

Д.Д. Матлахов

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,

г. Донецк

dmitro-ur@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке устройства быстрого действия для выявления короткого замыкания в цепи электропривода горной машины, эксплуатируемой в условиях повышенной опасности. Предложено новое устройство, основанное на комбинации быстродействующих датчиков тока и напряжения и специализированного микроконтроллера, реализующего алгоритм анализа скорости изменения токов и напряжений.

Ключевые слова: короткое замыкание, электропривод, горная машина, защита, быстродействие, алгоритм, датчик.

Annotation. The article is devoted to the development of a device for fast detection of a short circuit in the electric drive circuit of a mining machine operating in a high-risk environment. A new device is proposed, based on a combination of fast-response current and voltage sensors and a specialized microcontroller that implements an algorithm for analyzing the rate of change in currents and voltages.

Keywords: short circuit, electric drive, mining machine, protection, speed, algorithm, sensor.

Горное производство представляет собой комплекс взаимосвязанных энергоёмких технологических процессов и предполагает применение высокомоощного электромеханического оборудования в условиях потенциальной опасности возникновения пожара, взрыва метано-воздушной смеси или угольной пыли. Факторы опасности дополняются высокой степенью вероятности механического повреждения гибких кабелей участковых электросетей, которые применяются для подвода электроэнергии от участковых распредпунктов к электродвигателям потребителей [1]. В результате таких повреждений могут возникать состояния междуфазных коротких замыканий, сопровождаемые воспламенениями электрооборудования; опасность электрического поражения человека при касании фазного проводника, находящегося под напряжением [2].

Эти обстоятельства обуславливают необходимость применения целого комплекса мер по защитному обесточиванию рудничных электротехнических комплексов при возникновении аварийных или

опасных состояний, что реализуется соответствующими автоматическими средствами защиты.

Лишь объективное установление истинных причин инцидентов открывает возможности для разработки эффективных мер по предотвращению подобных событий в будущем и минимизации рисков для здоровья шахтёров.

Разработкой устройства быстродействующего выявления короткого замыкания в цепи электропривода горной машины занимаются многие ученые в России, среди которых следует отметить: К.Н. Маренич, посвятившего свои работы методам повышения надежности электроснабжения горных предприятий и анализу аварийных режимов в электрических сетях [1]; А.Б. Смыков, И.А. Соколов, исследовавшие вопросы снижения рисков возникновения короткого замыкания на этапе проектирования систем электроснабжения горных машин [3].

Актуальность проблемы разработки устройства быстродействующего выявления короткого замыкания в цепи электропривода горной машины обусловлена необходимостью эффективного управления технологическими процессами, повышении надежности и безопасности эксплуатации горного оборудования, снижении затрат на ремонт и техническое обслуживание, а также своевременного принятия мер по предотвращению аварийных ситуаций.

Развитие технических средств автоматизации, в т.ч., использование интеллектуальных систем открывает возможности повышения эффективности максимальной токовой защиты в части ускорения выявления и обесточивания цепей междугазных коротких замыканий. Этим обусловлена актуальность глубокого изучения вопросов, относящихся к процессу возникновения и протекания короткого замыкания и построению средств ускоренного подавления аварийных и опасных состояний участков электрической сети.

Простейший принцип выявления токовой перегрузки силового электрического присоединения основан на сравнении величины тока этого присоединения с заданной уставкой. Это создаёт возможность формирования команды на защитное отключение сети в случае превышения током уставки защиты [4].

Существующие технические средства максимальной токовой защиты шахтных участков электросетей основаны на сравнении тока в защищаемом присоединении с заданной величиной токовой уставки, то есть требуют выполнять расчёт и выбор уставки максимальной токовой защиты.

Этот принцип отличается простотой реализации, но имеет определённые недостатки:

- вероятность ошибки персонала при определении и регулировании уставки срабатывания защиты;
- некоторая задержка во времени срабатывания защиты, обусловленная продолжительностью достижения величиной контролируемого тока величины уставки срабатывания защиты в этом случае на значительном интервале времени по аварийному присоединению, протекает ток короткого замыкания, что в условиях шахты представляет повышенную опасность пожара и взрыва метано-воздушной смеси.

Ускорение процесса выявления короткого замыкания возможно на основе реакции на скорость нарастания тока в защищаемом присоединении.

Примером реализации функции контроля скорости нарастания тока в сети является схема быстродействующей максимальной токовой защиты типа БМЗ с функцией реакции на скорость нарастания тока в сети, которая представлена на рис. 1 [5].

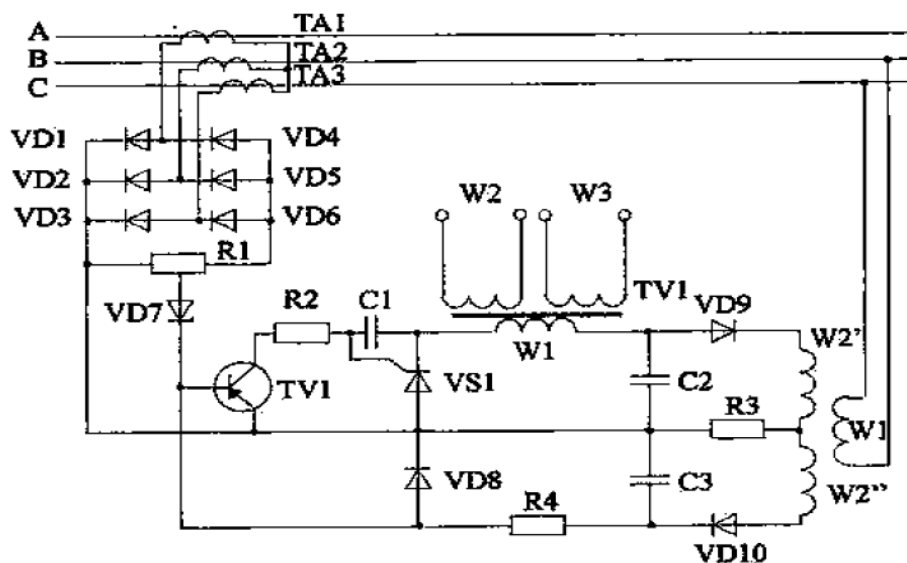


Рис. 1. Схема быстродействующей максимальной токовой защиты типа БМЗ с функцией реакции на скорость нарастания тока в сети

На данной схеме предусмотрена реакция стабилитрона VD7 на величину падения напряжения (что является функцией скорости нарастания тока сети) на резисторе R1 нагрузки мостового выпрямителя VD1-VD6. К недостаткам схемы относится громоздкость, более сложная конструкция.

Такое техническое решение реализовано на дискретной элементной базе, где точность реакции измерительного контура находится в некотором диапазоне, определяемом параметрами его структурных компонентов. Повысить точность работы защиты возможно на основе применения цифровой, в том числе микропроцессорной схемотехники [6].

Предлагается разработка устройства, основанного на комбинации быстродействующего датчика тока, а также специализированного микроконтроллера, реализующего алгоритм быстрого анализа сигналов и принятия решения об отключении электропривода, схема которого представлена на рис. 2.

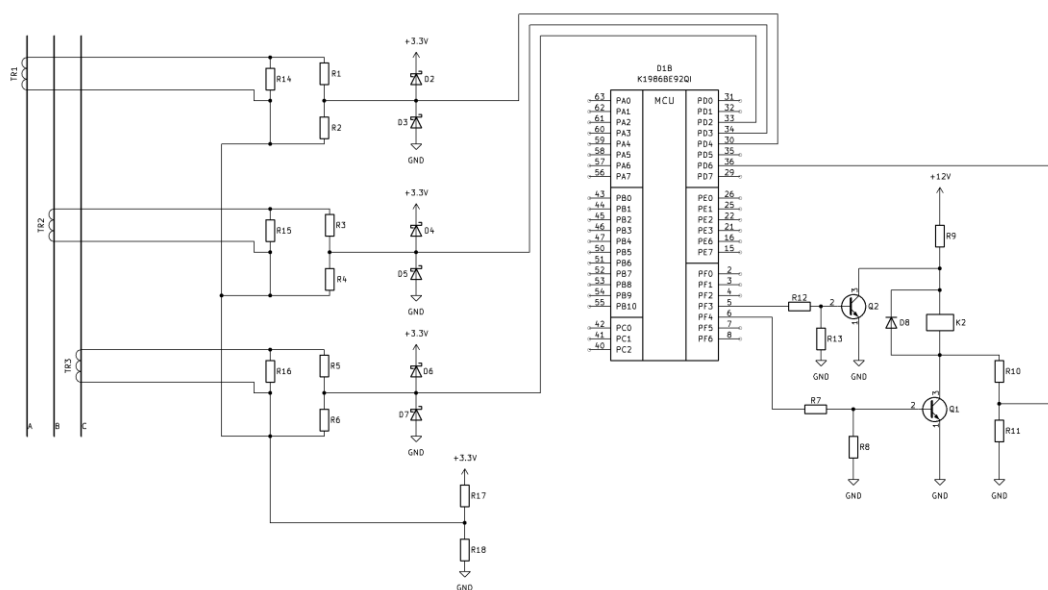


Рис. 2. Схема устройства быстродействующего выявления короткого замыкания в цепи электропривода горной машины

При подаче сигнала на включение нагрузки сигналом на PF4 открывается транзистор Q_1 и подключает нагрузку к сети. Схемы защиты в бесконечном цикле по три раза проверяются значения на входах микроконтроллера PD2, PD3, PD4 с условием $U < U_{изм.} < U_{max.}$, при отклонении от условия более одного раза происходит снятие сигнала с пина PF4 и транзистор Q_1 закрывается, отключая нагрузку от сети.

Для ситуации, в которой выходит из строя транзистор Q_1 меряется напряжение контактом PD6 между Q_1 и реле K2 при условии, что транзистор Q_1 открылся, а на PD6 есть сигнал, отличающийся от нуля, то пином PF3 открывается транзистор Q_2 и отключает питание реле.

Алгоритм базируется на анализе скорости изменения напряжения на вторичной обмотке измерительного трансформатора и сравнении текущих значений с эталонными.

Преимуществами данной схемы устройства быстродействующего выявления короткого замыкания в цепи электропривода горной машины является ее универсальность, гибкость настройки, более компактное исполнение, возможность применения для решения различных задач, передачи данных о состоянии нагрузки в диспетчерский пункт.

Вывод. Разработанное устройство предоставит возможность оперативно выявлять короткое замыкание в цепи электропривода горной машины, минимизируя последствия аварийных ситуаций и способствуя повышению безопасности и эффективности горных работ. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию алгоритма и адаптацию устройства к различным типам горного оборудования.

Перечень ссылок

1. Маренич, О.К. Анализ технических возможностей применения средств токоограничения в электросетях участка шахты / О.К. Маренич, И.В. Ковалева // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых: сб. науч. тр. XVII Междун. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов, г. Донецк, 24-25 мая 2017 г. – 2017. – С. 153-155.
2. Ковалева, И.В. Токоограничение цепи защитного отключения как инновационное решение в области повышения ресурса шахтной участковой трансформаторной подстанции / И.В. Ковалева, О.К. Маренич // Вестник Донецкого национального технического университета. – 2019. – № 2 (16). – С. 95-101.
3. Смыков, А.Б. Снижения рисков возникновения короткого замыкания на этапе проектирования систем электроснабжения горных машин / А.Б. Смыков, И.А. Соколов // Вестник КузГТУ. – 2005. – №3. – С. 8-11.
4. Рима́н, Я.С. Защита шахтных участковых сетей от токов короткого замыкания / Я.С. Рима́н. – М.: Недра, 1985. – 88 с.
5. Маренич, К.Н. Автоматическая защита электрооборудования шахт от аварийных и опасных состояний: уч. пособ. для высш. учебн. заведений / К.Н. Маренич, И.В. Ковалёва. – Донецк: ООО «Технопарк ДонГТУ «УНИТЕХ», 2015. – 214 с.
6. Дубинка, Е.С. Новые технические решения в области повышения ресурса и безопасности эксплуатации электрооборудования технологического комплекса участка шахты / Е.С. Дубинка, О.К. Маренич // Актуальные эколого-политологические аспекты современности : научно-практическая конференция (в рамках междунар. науч.-практ. форума «Россия в 21 веке: глобальные вызовы, риски и решения», г. Донецк, 28 февр. - 4 апр. 2019 г.): сб. науч. тр. конф. – 2019. – С. 51-53.

УДК 622.271:658.011.56

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ДОБЫВАЕМОГО СЫРЬЯ НА КАРЬЕРАХ ФЛЮСОВЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ

М.А. Тохтамыш, В.Б. Скаженик, И.И. Клочко
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
tokhtamysh18@gmail.com, geosoftn@mail.ru, i.klochko@gmail.com

Аннотация. Проанализированы основные факторы, влияющие на качество добываемого полезного ископаемого в условиях действующего предприятия. Сформированы требования к построению модели предприятия, добывающего флюсовые известняки, обеспечивающей комплексный учет влияющих факторов.

Annotation. The main factors influencing the quality of the extracted mineral in the conditions of the operating enterprise are analyzed. The requirements for the construction of a model of an enterprise producing flux limestones have been formed, which provides a comprehensive account of the influencing factors.

Ключевые слова: месторождение флюсовых известняков, качество добываемого сырья, технология открытых горных работ, буровзрывные работы, управление качеством.

Keywords: the deposit of flux limestones, the quality of the extracted raw materials, the technology of open-pit mining, drilling and blasting, quality management.

В текущих условиях, характеризующихся колебаниями внешних экономических факторов, для горнодобывающих предприятий металлургической отрасли необходимы решения, позволяющие оперативно управлять себестоимостью и качеством продукции. Нестабильность цен на сырье, проявляющая тенденцию к снижению, является тем фактором, который обуславливает важность поиска таких решений.

При долгосрочной разработке карьеров их доработка в настоящее время и ближайшие десятилетия связана с ухудшением качества добываемого сырья, что оказывает негативное влияние на сбыт продукции, приводя к осложнению финансового положения предприятий.

Вовлечение в разработку более бедных руд требует разработки новых подходов к управлению технологическими процессами добычи и переработки полезного ископаемого. Решение данной задачи напрямую связано с необходимостью постоянного учета множества факторов, что предполагает создание комплексных моделей и внедрения обработки информации с использованием возможностей современных информационных технологий.

Качество как общая характеристика продукции, предлагаемой потребителю, зависит от ряда факторов на всех этапах производственного цикла, который в свою очередь основан на геологических условиях

месторождения и технологических процессах: буровзрывных работ, выемки, погрузки, усреднения, обогащения полезного ископаемого (в карьере или на обогатительной фабрике).

В горной квалиметрии, основанной как научное направление Г.Г. Ломоносовым, факторы влияния на качество сырья разделены на три основных группы: природные, технологические, экономические [1]. Для условий предприятий, добывающие флюсовые известняки, эти факторы представлены на рис. 1.



Рис. 1. Факторы, влияющие на качество добываемых флюсовых известняков

Изношенность используемой техники также накладывает свое влияние на качество и себестоимость добычи полезного ископаемого. Эти два параметра в условиях экономической нестабильности и нестабильности рынка сбыта являются крайне важными и связанными между собой.

При прочих равных условиях (природных, производительности, материальных и других затратах) качество горных работ характеризуется совокупностью следующих показателей [1]:

- уровнем извлечения полезного ископаемого из недр;
- его разубоживанием вмещающими породами;
- степенью обеспечения стабильности качества сырья в процессе его добычи.

Одним из важных направлений совершенствования систем управления качеством добываемого сырья является разработка методологии выработки оптимальных решений на основе комплексного моделирования условий залегания полезного ископаемого и производственных процессов, влияющих на показатели качества продукции [1].

При решении задач управления качеством на нерудных карьерах следует обратить внимание на опыт исследований уральской школы управления качеством минерального сырья, которая основывается на фундаментальных результатах д.т.н., проф.: Бастана П.П., Хохрякова В.С., Гальянова А.В., Лаптева Ю.В., Аленичева В.М. и др [2].

В работе [2] решена задача разработки методики районирования карьерного пространства и анализа заданных объемов минерального сырья требуемого качества на базе блочного моделирования. Предложена экспресс-методика геоинформационного обеспечения процессов планирования горных работ, основанная на вероятностно-статистическом анализе изменчивости качественных характеристик, обеспечивающая гибкое поэтапное принятие технологических решений. На основе методики выбирается способ управления качеством минерального сырья и производится автоматизированный поиск перспективных для управления качеством участков рабочей зоны карьера. Автор выделяет основные направления использования горно-геологических информационных систем (ГГИС) и методик моделирования при управлении качеством. Изложенные в работе идеи применимы и для карьеров флюсовых известняков.

Основными показателями качества известняка являются химическое содержание и фракционный состав. Способ подготовки для флюсовых известняков по их показателю крепости в подавляющем большинстве буровзрывной. Следовательно, в этой плоскости находится один из главных ресурсов для решения задачи повышения качества.

При подготовке пород взрывом на карьерах флюсовых известняков (и прочих скальных пород), наибольшее влияние в технологической схеме оказывают буровзрывные работы. Весь объем скальных горных пород отделяется от массива с помощью энергии взрыва. При этом возможен выход мелких некондиционных фракций и негабарита, который нуждается в дальнейшем дроблении. Влияние на качество горной массы буровзрывных работ определяется параметрами и расположением проектируемых скважин, их фактическим положением при бурении, выбором применяемого взрывчатого вещества.

Текущий этап работы отмечен созданием пространственных моделей месторождения, отражающих часть природных и технологических факторов для горного предприятия. В работе [3] в контексте решения задачи управления качеством минерального сырья приводятся обязательные элементы системы управления качеством сырья на основе ГГИС.

В свою очередь, одним из перспективных направлений развития ГГИС считается расширение его функционала использованием

технологий искусственного интеллекта (ИИ), в частности, применения генеративного ИИ. Традиционный ИИ относится к системам, которые предназначены для обучения на определенном наборе входных данных и позволяют принимать решения или прогнозы на их основе.

Модели генеративного ИИ требуют набора данных для их обучения. В массиве данных выделяются закономерности, на основе которых посредством комбинирования и модификации исходной информации происходит генерация новых данных. Важной особенностью применения генеративных методов ИИ в проектировании и планировании горных работ считается использование методов оптимизации с учетом большого количества природных и технологических параметров и ограничений, что в совокупности со способностью обрабатывать значительные объемы информации позволит решать задачи больших размерностей [4].

Выводы. На текущем этапе работы реализовано построение пространственных компьютерных моделей месторождений флюсовых известняков, которые позволяют отражать качество геологических запасов, формировать плановые и проектные решения и оценивать объемы включаемых в разработку запасов различного качества. Последующие направления исследований заключаются в построении математических и аналитических моделей с целью расчета параметров производственных процессов, в частности, буровзрывных работ, в получении зависимостей и закономерностей, которые позволили бы управлять качеством и снижать себестоимость добываемого полезного ископаемого.

Перечень ссылок

1. Ломоносов Г.Г. Горная квалиметрия: Учебное пособие. – 2-е изд., стер., - М.: Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2007, - 201 с.: ил.
2. Яковлев А.М. Обоснование методики геоинформационного моделирования при планировании горных работ в режиме управления качеством сырья: дис. ... канд. техн. наук : 25.00.35. / Яковлев Андрей Михайлович – Екатеринбург, 2022, - 152 с.
3. Макаров В.А., Малиновский Е.Г., Кацер И.И., Курчин Г.С., Ефимов А.В. Динамическая система управления качеством минерального сырья. Журнал Сибирского федерального университета, 2016, 9(1), 126-132. DOI: 10.17516/1999-494X-2016-9-1-126-132.
4. Наговицын О.В. Развитие горно-геологической информационной системы в современных реалиях российской горнодобывающей отрасли. Горная промышленность. 2023; (5S):35–40. <https://doi.org/10.30G8G/1G06-6162-2023-5S-35-40> .

УДК 622.232

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТНЫХ РАБОТ ОТ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

Д.Д. Выговская, Д.Д. Выговский, Д.Р. Скляр
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
v.d.d@mail.ru

Аннотация. Предложен корреляционный анализ определения зависимостей технологической надёжности очистных процессов, зависящих от основных горно-геологических и горнотехнических факторов угольного пласта.

Annotation. Correlation analysis of determination of dependencies of technological reliability of cleaning processes depending on main mining-geological and mining-technical factors of coal bed is proposed.

Ключевые слова: Корреляционный анализ, зависимость, надёжность, факторы, математическая модель.

Keywords: Correlation analysis, dependence, reliability, factors, mathematical model.

При оптимизации параметров подготовки шахтных полей определение количественных зависимостей технологической надёжности очистных процессов во многом зависит от горно-геологических и горнотехнических условий (факторов) угольного пласта.

Сущность экспериментальной оценки надёжности очистных процессов заключается в том, что на основании статистических данных производится определение фактических значений надёжности с заданной достоверностью.

Достоверность показателей надёжности достигается проведением инструментальной обработки данных по работе очистных комплексно-механизированных забоев в течении месяца.

При обработке данных определяются значения чистого машинного времени работы лавы, т.е. наработка на отказ и время восстановления отказов, заключающих в себя:

- простои, связанные с авариями машин и механизмов в лаве, так и вне лавы;
- простои, обусловленные горно-геологическими условиями работы;
- простои, вызванные технологией ведения очистных работ лавы (спуск комбайна, выемка ниш и др.);

– простои, связанные с недостаточно четкой организацией труда в лаве.

Необходимо учитывать, что не все виды простоев являются отказами, однако, при определении надежности необходимо учитывать все виды простоев, для объективной оценки выемки угля в лаве с точки зрения ее приспособления к различным изменениям условий эксплуатации.

Анализ отказов (простоев) показывает, что около 75 % их бывает по внутрилавным причинам. Из внутрилавных причин 60-80 % приходится на не четкую организацию выполнения концевых операций – нарушение кровли при выемке ниш, нарушение кровли при задвижке комбайнов в нишу и передвижка приводных головок конвейеров. Остальные 20-40 % внутрилавных отказов были по причине отказа комбайна, крепи или конвейера.

Вопросом технологической надёжности большое внимания было уделено учеными Толкачевым А.В., Бурчаковым А.С. и др. [1,2].

Для определения критерия надёжности была принята предложенная исследователями зависимость, которая учитывает различные влияющие факторы, имеет физический смысл, является наглядной и достаточно простой и удобной для математического выражения, позволяющая наметить пути совершенствования.

Основными критериями надёжности были приняты:

T – наработка на отказ;

T_B – время восстановления отказа;

$P(t)$ – вероятность безотказной работы в течение времени t .

Наработка на отказ представляет собой среднее время работы между последними отказами

$$T = \sum_{i=1}^n t_{pi} / n, \quad (1)$$

где t_{pi} – интервал между отказами; n – количество отказов за время работы.

Функция $P(t)$ показывает вероятность того, что в течение требуемого времени работы не будет отказа, а вероятность будет $T \geq t$, то $P(t) = P(T \geq t)$.

Восстановление отказа представляет собой среднее время восстановления одного отказа

$$T_B = \sum_{i=1}^n \tau_i / n, \quad (2)$$

где τ_i – время, затраченное на устранение отказа.

Показатель надёжности очистных процессов определяется из следующего выражения

$$k_{н.оч} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{pi}}{\sum_{i=1}^n t_{pi} + \sum_{i=1}^n \tau_i} . \quad (3)$$

Это выражение представляет собой вероятность работоспособного состояния машин и механизмов в лаве в любой произвольный момент времени.

Статистические данные рассматриваемых лав были разделены на 4 группы по мощности разрабатываемых пластов, а именно: 0,8...1,0м; 1,0...1,2м; 1,2 ... 1,4м; 1,4м и более.

Результаты определения надёжности очистных процессов по принятым группам очистных забоев [3] приведены в таб`л.1.

Таблица 1

Определение надёжности очистных процессов в лаве

Мощность пласта, м	Количество лаво-месяцев лав	Среднемесячный $k_{н.оч}$ по лаве		Диапазон изменения длины лавы, м
		Диапазон изменения $k_{н.оч}$	Соотношение в % к общему числу	
0,8-1,0	$\frac{131}{25}$	0,25-0,40	34	140-160
		0,40-0,70	36	160-180
		больше 0,70	30	170-200
1,0-1,2	$\frac{35}{8}$	0,25-0,40	28	150-170
		0,40-0,60	69	160-180
		больше 0,60	3	170-190
1,2-1,4	$\frac{78}{12}$	0,30-0,50	21	160-180
		0,50-0,70	75	170-200
		больше 0,70	4	200-220
1,4 и более	$\frac{127}{18}$	0,30-0,50	28	180-250
		0,50-0,70	65	190-220
		больше 0,70	7	170-190

Проведенный анализ результатов расчета показателя технологической надёжности очистных процессов показал, что при отработке толстых пластов мощностью 0,8-1,0 м очистные забои (39,6 %) распределились почти равномерно по низкому, среднему и высокому показателю $k_{н.оч}$. Это указывает на то, что большинство комплексно-механизированных лав (66 %) имеют достаточно высокую надёжность ($k_{н.оч}=0,50-0,80$) при отработке тонких пластов.

При отработке пластов мощностью 1,0-1,2 м уровень надежности выше средней наблюдается в 72 % работающих очистных забоев (что составляет 12,7 % от общего числа анализируемых лав). Наиболее высокая надежность ($k_{н.оч}=0,50-0,70$) при отработке пластов 1,2-1,4 м составляет 79 % от числа работающих лав или 19 % от общего числа.

Отработка пологих пластов мощностью 1,4 м и больше имеет показатель надежности 0,50-0,70 в 72 % работающих лав или 28,6 % от общего числа рассматриваемых очистных забоев. Все это указывает на то, что показатель надежности имеет довольно большой диапазон изменения и это вызвано влиянием различных горногеологических и горнотехнических факторов. Отбор наиболее влияющих факторов на надежность очистных процессов произведен по одномерному статистическому анализу [4] и для установления зависимостей их влияния были отобраны следующие факторы: m – мощность пласта, м; α – угол падения пласта, град; H – глубина ведения очистных работ, м; q – природная газоносность пласта, м³/т.с.д.; $k_{уст}$ – коэффициент устойчивости окружающих пород; $k_{оп}$ – коэффициент, отражающий склонность пласта к выбросам угля и газа; $l_{оз}$ – длина очистного забоя.

Установление зависимостей влияния основных факторов на надежность очистных процессов проводилось по программе корреляционного анализа "Статистика" для персонального компьютера. Выбор корреляционных уравнений зависимостей проводился по 16 наиболее принятым видам математических зависимостей (линейная, гиперболическая, степенная и др.) и корреляционному отношению – r для каждого исследуемого фактора (изменяемого в пределах от 0,20 до 0,87). Наиболее весомые по r корреляционные зависимости влияния основных факторов на надежность очистных процессов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Уравнения парных корреляционных зависимостей

Влияющие факторы	Вид зависимости	Значение r
m	$k_{н.оч} = m / (0,47 + 1,24 \cdot m)$	0.78
α	$k_{н.оч} = \alpha / (-0,56 + 1,66 \cdot \alpha)$	0.85
q	$k_{н.оч} = q / (-0,74 + 1,63 \cdot q)$	0.85
H	$k_{н.оч} = H / (-215,29 + 1,81 \cdot H)$	0.80
$k_{уст}$	$k_{н.оч} = -0,02 + 0,65 \cdot k_{уст}$	0.45
$l_{оз}$	$k_{н.оч} = l_{оз} / (-28,45 + 1,78 \cdot l_{оз})$	0.68
$k_{п.в}$	$k_{н.оч} = k_{п.в} / (-0,01 + 1,76 \cdot k_{п.в})$	0.77
$k_{оп}$	$k_{н.оч} = k_{оп} / (-0,65 + 2,28 \cdot k_{оп})$	0.67

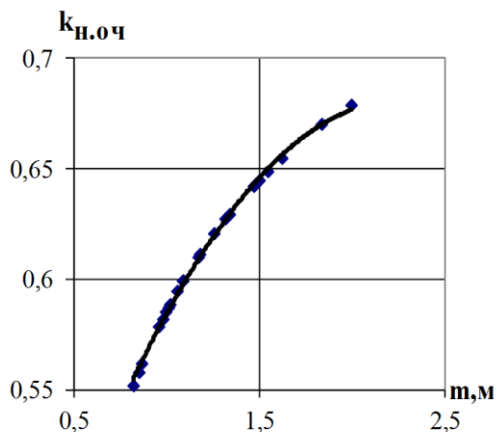


Рис.1 График зависимости надежности очистных процессов от мощности угольного пласта

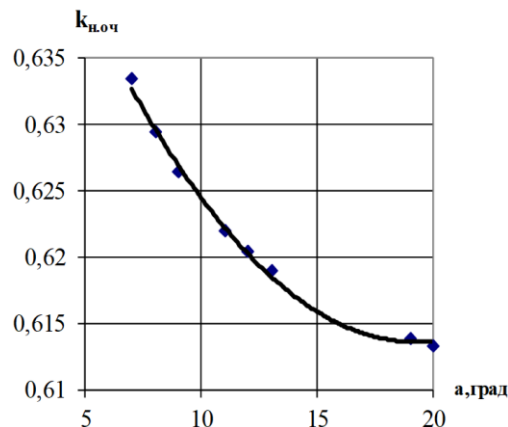


Рис.2 График зависимости надежности очистных процессов от угла падения угольного пласта

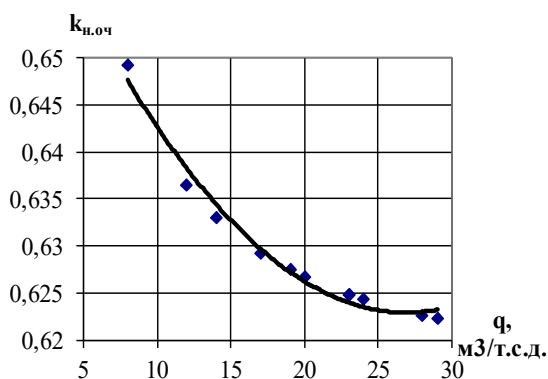


Рис.3 График зависимости надежности очистных процессов от природной газоносности угольного пласта

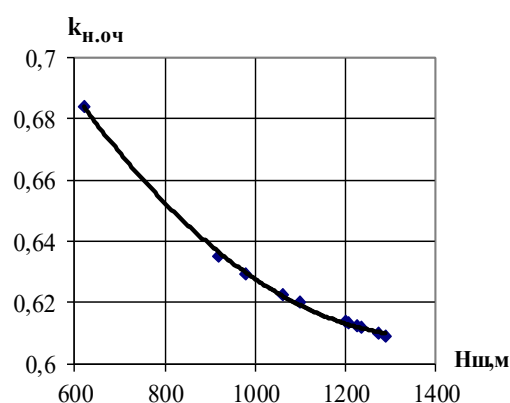


Рис.4 График зависимости надежности очистных процессов от глубины ведения очистных работ

Установленные зависимости позволяют правильно проанализировать процесс ведения очистных работ и выявить наиболее влияющие факторы на него, а также на надежность очистного процесса в целом по лаве.

На базе проведенных исследований и корреляционного анализа по установлению зависимостей влияния основных факторов на надежность очистных процессов была определена многофакторная корреляционная модель надежности очистных процессов отработки пологих пластов шахт Донецко-Макеевского района.

Многофакторная модель имеет следующий вид:

$$k_{н.оч} = 3,93 \cdot m^{0,14} \cdot \alpha^{0,14} \cdot H^{-0,11} \cdot q^{-0,01} \cdot k_{уст}^{-0,87} \cdot k_{оп}^{-0,36} \cdot k_{п.в}^{-0,11} \cdot l_{оз}^{-0,31} \quad (R = 0,79)$$

где R – коэффициент множественной корреляции. (Данная модель действительная при следующих диапазонах изменения влияющих

факторов: $m=0,8-1,6$ м; $\alpha=7-19$ град; $H=720-1275$ м; $q=5-31$ м³/т.с. д.;
 $k_{уст}=0,9-1,15$; $k_{оп}=0,9-1,1$; $k_{п. в}=0,06-0,46$; $l_{оз.}=160-250$ м)

Вывод. Рекомендуемая многофакторная математическая модель надежности очистных процессов позволяет определить показатель надежности очистных процессов для конкретных условий отработки пологих шахто-пластов, что дает возможность прогнозировать изменение уровня добычи угля в очистном забое от влияния основных факторов.

Перечень ссылок

1. Топчиев А.В., Тетопанов В.Н. и др. Надёжность горных машин и комплексов. Издательство "Недра", М. - 1968. – 88 с.
2. Воробьев Б.М., Бурчаков А.С., Шибаетов Е.В. Надёжность технологических схем и процессов угольных шахт. – М.: "Недра", 1975. – 237 с.
3. Выговская Д.Д. Обоснование параметров запасов угольных ступеней глубоких горизонтов (на примере шахт Донецко-Макеевского угольного района): дис. канд. техн. наук / Д.Д.Выговская; ДПИ - Донецк: ДПИ, 2000. – 297 с.
4. Майзель Л.Л. Методика применения корреляционного анализа при решении инженерно-экономических задач в угольной промышленности. М.: Издательство ИГД им. А.А. Скочинского. - 1967. – 55 с.

УДК 622.232

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ОХРАНЫ УЧАСТКОВОЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ ВЫБРОСООПАСНОГО ПЛАСТА m_3

Д.Д. Выговский, Д.Д. Выговская, Д.Р. Скляр
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»
г. Донецк
lfylfy050240@mail.ru

Аннотация. Приведен выбор рационального способа охраны горных выработок при отработке выбросоопасного пласта, уголь которого склонен к самовозгоранию.

Annotation. The article presents a rational method for protecting mine workings during the development of a seam with a risk of outbursts, the coal of which is prone to spontaneous combustion.

Ключевые слова: Горная выработка, способы охраны, система разработки.

Keywords: Mine workings, protection methods, development system.

Одним из важнейших вопросов при выборе системы разработки угольного пласта является охрана горной выработки вообще, а в условиях пласта m_3 в особенности при выборе рационального способа охраны её на весь срок службы.

С точки зрения склонности угля к самовозгоранию предпочтительнее выемочные выработки проводить полевыми, а с точки зрения опасности пласта по выбросам – пластовыми, так как при полевом расположении штреков придётся многократно проводить вскрытие пласта, что выполняется по специальному проекту выполнение которого требует затрат по времени.

Анализ возможных систем разработки для выбросоопасного пласта m_3 комбинированная столбовая со сплошной система разработки с прямоточным проветриванием на фланговую выработку с подачей свежей струи по двум выработкам, оконтуривающим лаву, является **наиболее приемлемой** (рис.1). Основным достоинством этого варианта системы разработки является схема проветривания типа 3В [1], что обеспечивает высокую безопасность работающим в очистном забое выбросоопасного пласта (выход на свежую струю в случае выброса) и потенциальную возможность максимальной нагрузки на очистной забой по газовому фактору.

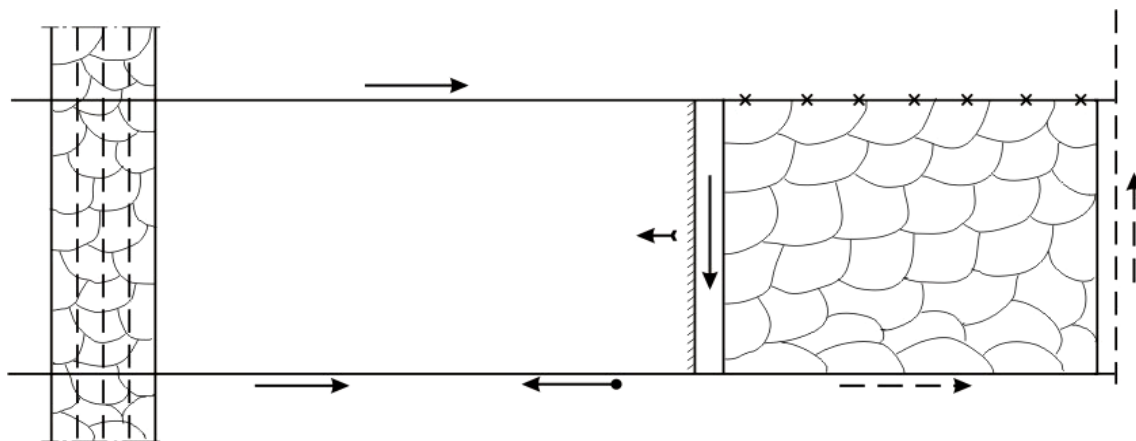


Рис. 1. Комбинированная система разработки столбовая со сплошной

Из наиболее приемлемых систем разработки при отработке выбросоопасного пласта m_3 рекомендуется комбинированная столбовая со сплошной система разработки, для которой и проводится выбор рационального способа охраны участковых выработок [2].

Анализ возможных систем разработки выбросоопасного пласта m_3 показал, что комбинированная система разработки столбовая со сплошной с прямоточным проветриванием на фланговую выработку с подачей свежей струи по двум выработкам, оконтуривающим лаву, является наиболее приемлемой для отработки высокогазоносного и выбросоопасного пласта m_3 (рис.1).

При подготовке яруса панели рекомендуется принимать проведение штреков пластовыми, предусматривая при этом меры по недопущению утечек воздуха через охранные сооружения в выработанное пространство.

В качестве средств охраны выемочных выработок на пласте m_3 возможны: бутовые полосы, БЖБТ, костры, бутокостры, литые полосы из быстротвердеющих материалов.

При выборе способа охраны выработок для принятой системы разработки необходимо определять величины смещений боковых пород угольного пласта.

Для примера расчета смещений приняты горно-геологические параметры пласта m_3 : глубина работ – 1100 м; мощность пласта $m=1,8$ м; прочность угля на сжатие $\sigma_{сж} = 10$ МПа; непосредственная кровля – аргиллит мощностью 1,5 м и прочностью 35 МПа; основная – песчаник мощностью 6 м и прочностью 80 МПа; в почве – аргиллит мощностью 1,5-3 м и прочностью 35 МПа, алевролит мощностью 5 м с прочностью 60 МПа. Площадь поперечного сечения выработки 16,4 м², принята по

габаритам транспортного оборудования и проверена по скорости воздушной струи [2,4].

Средняя расчётная прочность пород определяется по формуле

$$R_{\text{ск}} = \frac{K_c \cdot K_w \cdot (R_1 \cdot m_1 + R_2 \cdot m_2 + R_3 \cdot m_3 + R_4 \cdot m_4)}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4} =$$

$$/ = 0,9 \cdot 1 \cdot \frac{80 \cdot 6 + 35 \cdot 1,5 + 10 \cdot 1,8 + 35 \cdot 3}{6 + 1,5 + 1,8 + 3} = 50 \text{ МПа} . \quad (1)$$

где K_c – коэффициент структурного ослабления массива горных пород;

K_w – коэффициент учитывающий обводненность пород;

$R_1, R_2, \dots$ – прочность пород слоев 1, 2, 3,..., МПа;

$m_1, m_2, \dots$ – мощность слоев 1, 2, 3,..., м.

Для почвы средняя расчетная прочность будет равна

$$R_{\text{сп}} = \frac{K_c \cdot K_w \cdot (R_2 \cdot m_2 + R_3 \cdot m_3 + R_4 \cdot m_4 + R_5 \cdot m_5)}{m_2 + m_3 + m_4 + m_5} =$$

$$= \frac{0,9 \cdot 1 \cdot (35 \cdot 1,5 + 10 \cdot 1,8 + 35 \cdot 3 + 60 \cdot 0,5)}{1,5 + 1,8 + 3 + 0,5} = 57 \text{ МПа} \quad (2)$$

Схема для определения средней расчётной прочности и степени пучения пород приведена на рис. 2.

$$\frac{H_p}{R_{\text{сп}}} = \frac{1010}{57} = 18; \quad (3)$$

Породы почвы относятся к среднепучащим.

Определяются расчетные смещения пород кровли и почвы для указанных ранее условий

$$U_k = U_{\text{общ}} \cdot K_k, \text{ мм}; \quad (4)$$

$$U_{\text{п}} = U_{\text{общ}} \cdot (1 - K_k), \text{ мм}, \quad (5)$$

где $U_{\text{общ}}$ – общие расчетные смещения, мм;

$$U_{\text{общ}} = [U_{\text{пр}} \cdot K_{\text{пр}} + V_0 \cdot t_0 + (U_1 + U_1^{\text{ост}} + U_2) \cdot K_{\text{кр}}] \cdot K_a \cdot K_s, \text{ мм} \quad (6)$$

где $U_{\text{пр}}$ – смещения пород за время проходки выработки, мм;

$K_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий способ проведения выработки;

V_0 – средняя скорость смещения пород в выработке вне зоны влияния очистных работ, мм/мес.;

t_0 – время поддержания выработки до начала влияния очистных работ, мес.;

$V_{\text{п}}$ – скорость проведения выработки, м/мес.;

U_1 – смещения за период влияния временного опорного давления, мм;

$U_1^{\text{ост}}$ – смещения пород за период влияния остаточного опорного давления позади забоя первой лавы, мм.

$$U_1^{\text{ост}} = K_{\text{опр}} \cdot m + V_1^{\text{ост}} \cdot t_1, \text{ мм}, \quad (7)$$

где $K_{\text{опр}}$ – коэффициент, учитывающий способ охраны выработки;

m – мощность пласта, мм;

$V_1^{\text{ост}}$ – скорость смещения пород в зоне остаточного опорного давления, мм/мес.;

t_1 – время нахождения выработки в зоне остаточного опорного давления, мес.;

U_2 – смещения пород за период влияния временного опорного давления от очистного забоя смежного этажа, мм;

$K_{\text{кр}}$ – коэффициент, учитывающий класс кровли по обрушаемости;

K_a – коэффициент влияния угла падения пласта;

K_s – коэффициент, учитывающий влияние площади поперечного сечения выработки.

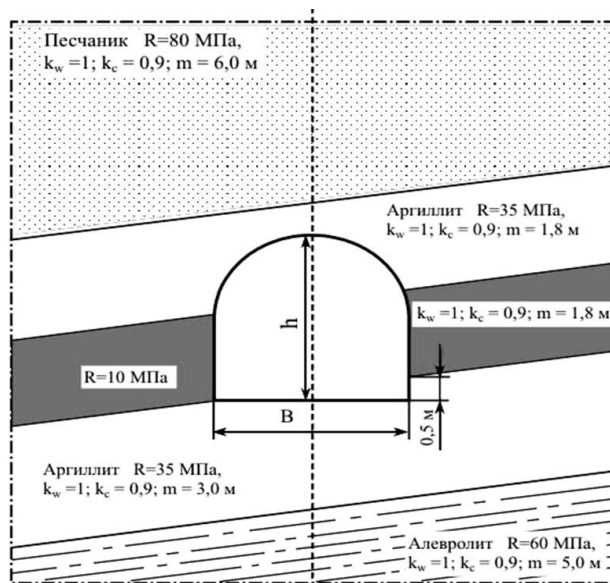


Рис. 2. Схема к определению прочности пород R

При охране выработки бутовой полосой

$$V_1^{\text{ост}} = 0,04 \cdot 800 + 24 \cdot 7,5 = 212 \text{ мм}$$

$$U_{\text{общ}} = [112 \cdot 1 + 8 \cdot 7,5 + (350 + 212 + 350) \cdot 1] \cdot 1 \cdot 1,01 = 1094 \text{ мм}.$$

K_k – коэффициент равный 0,66;

$$U_k = 1094 \cdot 0,66 = 722 \text{ мм},$$

$$U_{\text{п}} = 1094 \cdot (1 - 0,33) = 733 \text{ мм}.$$

Аналогично рассчитываем смещения для других способов охраны.

Результаты расчетов сведены в табл. 1.

Таблица 1

Смещения пород кровли и почвы пласта

№ п/п	Охранное сооружение	Величина смещений, мм	
		Кровли	Почвы
1	Бутовая полоса	722	733
2	БЖБТ	708	733
3	Костры	720	733
4	Бутокостры	715	733
5	Литая полоса	700	733

Как следует из табл.1, что ни один из рассматриваемых способов охраны выработок не обеспечивает условий безремонтного поддержания выработок, а величины смещений боковых пород при различных средствах охраны отличаются незначительно.

Поэтому на этом этапе необходимо рассмотреть более детально технико-технологические характеристики названных способов охраны участковых выработок для принятой системы разработки.

Возведение бутовой полосы при мощности пласта 1,8 м чрезвычайно трудоемко (ее ширина должна быть не менее 15 м, ширина бутового штрека около 7,0 м), а усадка до момента достижения необходимой несущей способности будет достигать 80-90 см.

Возведение полос из БЖБТ более технологично, но при мощности пласта 1,8 м так же весьма трудоемко. Кроме того, требуются дополнительные меры по изоляции выработанного пространства от утечек воздуха. Последнее в условиях пласта, уголь которого склонен к самовозгоранию, весьма ответственно.

Подобные БЖБТ недостатки присущи способам охраны кострами и бутокострадами.

Литая полоса из быстротвердеющих материалов в условиях пласта m_3 шахты им. А.Ф. Засядько представляется наиболее рациональной.

Во-первых, при ее возведении возможно применять механизацию. Во-вторых, являясь жёсткой опорой с высокой несущей способностью, более других отвечает требованиям охраны при наличии в основной кровле мощного труднообрушающегося песчаника. И в-третьих, она обеспечивает надёжную изоляцию выработанного пространства от утечек воздуха. На основании вышеизложенного рекомендуется считать способ охраны участковых штреков литой полосой, ширина которой в соответствии с рекомендациями [2] – 1,5 м **рациональным**. В условиях пласта m_3 подготовка выемочных столбов исключается проведением штреков заново с оставлением межлавных целиков (потери угля,

чрезвычайно сложная изоляция и обработка целиков для недопущения самовозгорания). По тем же причинам исключается способ подготовки столбов путем проведения сдвоенных штреков. Не обеспечивается безопасность в отношении самовозгорания угля и при проведении вентиляционного штрека вприсечку к выработанному пространству с оставлением технологического целика угля. В соответствии с указаниями [2] основные горные выработки (стволы, бремсберги, уклоны, главные и групповые штреки) проводить по пласту m_3 **нельзя**. Подготовку выемочных полей осуществлять путем проведения пластовых штреков до границ выемочного поля с отработкой его обратным ходом от его границы к уклону без оставления целиков угля над откаточным и под вентиляционным штреками.

На основании анализа и сравнения существующих способов охраны рекомендуется для принятой комбинированной (столбовая со сплошной) системы разработки при пластовом расположении выработок, охраной их литыми полосами из быстротвердеющих материалов, при повторном использовании транспортного штрека в качестве вентиляционного (рис. 3).

Вывод. При выполнении указанных технологических рекомендаций поставленная задача может быть успешно решена.

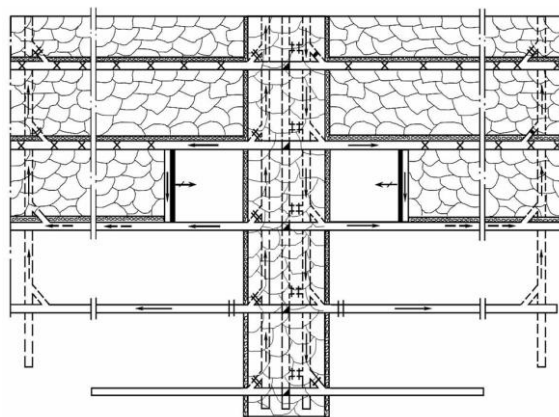


Рис. 3. Комбинированная система разработки (столбовая со сплошной)

Перечень ссылок

1. Руководство по проектированию угольных шахт. Макеевка: МакНИИ, 1989. – 319с.
2. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. Л. ВНИМИ, 1986 – 122 с.
3. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа. – М.: МУП СССР, 1989. – 191 с.
4. Унифицированные типовые сечения горных выработок. Том 1,2. – Киев: Будівельник, 1971. – 415 с.

УДК 622.012:658.011.56

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

И.В. Чернышенко, В.Б. Скаженик
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
geosoftn@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ использования компьютерных моделей для обоснования вариантов разработки угольных шахт. Рассмотрены особенности угольных шахт как объектов моделирования. Предложены подходы к пространственному и временному моделированию вариантов развития горных работ и последствий подработки территорий угольными шахтами.

Annotation. An analysis of the use of computer models to substantiate coal mine development options is conducted. The characteristics of coal mines as modeling objects are examined. Approaches to spatial and dynamic modeling of mining development options and the consequences of undermining territories by coal mines are proposed.

Ключевые слова: моделирование угольных шахт, анимационные модели, программное обеспечение, прогноз последствий подработки, нейросетевые модели.

Keywords: Coal mine modeling, animation models, software, mining impact forecasting, neural network models.

Обоснование решений по развитию горных работ на угольных шахтах осложняется изменчивостью и непредсказуемостью как внешних, так и внутренних факторов, оказывающих влияние на функционирование шахты. Такие особенности угольных шахт, как инерционность системы, уникальность условий разработки, развитие горных работ в пространстве и во времени, множество взаимосвязанных подсистем и звеньев определяют сложность в разработке стратегий развития шахт.

В современных условиях, характеризующихся повсеместным внедрением таких аспектов информационных технологий как автоматизация и роботизация, технология обработки больших данных, интернет вещей, прогнозная аналитика, искусственный интеллект, машинное обучение, анимация и сценарный анализ развития производственных систем разработка компьютерных моделей угольных шахт является актуальной задачей.

Развитие компьютерных технологий создаёт основу для комплексного моделирования угольных шахт и гибкой корректировки принимаемых решений. Однако многообразие горно-геологических и горнотехнических условий, а также обусловленное этими обстоятельствами многообразие технологических процессов при подземной разработке

угольных месторождений осложняет создание и распространение программного обеспечения для моделирования угольных шахт и комплексного решения геологических, проектных, производственных задач.

В изменяющихся условиях функционирования шахт поиск наилучших решений может быть обеспечен применением компьютерных моделей, имитирующих развитие горных работ в пространстве и во времени.

Цель данной статьи заключается в анализе способов моделирования, обеспечивающих пространственную динамическую анимацию и прогнозную аналитику развития угольных шахт.

Известные в мире горно-геологические информационные системы (ГГИС), как правило, обеспечивают создание геологической пространственной модели и последовательное решение задач: формирование единой базы данных геологической и производственной информации, оконтуривание залежи полезного ископаемого, подсчет запасов различными методами (в том числе с использованием геостатистики), проектирование и планирование горных работ, маркшейдерское обеспечение. Некоторые программные продукты содержат модули стратиграфического моделирования, ориентированные на угольные месторождения. Однако, несмотря на широкое применение ГГИС на рудных месторождениях, на угольных шахтах использование этих программных продуктов ограничено рядом обстоятельств.

Идеология развития компьютерных систем на угольных шахтах должна заключаться в разумном сочетании как собственных разработок, так и известных зарубежных программных продуктов.

Среди задач, актуальных при моделировании угольных шахт, можно выделить следующие:

1. Интерпретация данных разведки с использованием функций стратиграфического моделирования обеспечит лучшее понимание структуры недр и позволит выделить литологические слои вмещающих пород. Выделение слоев с разными прочностными характеристиками необходимо для управления напряженно-деформированным состоянием массива горных пород, для прогноза сдвижений и деформаций земной поверхности. Моделирование тектонических нарушений позволит снизить вероятность остановки добычных забоев за счет учета нарушений при планировке шахтного поля.

2. Моделирование сложившейся инфраструктуры горных выработок и отработанного пространства. Протяженность поддерживаемых выработок на рассматриваемых шахтах составляет до 180 км. Большая часть запасов отработана, на многих шахтах работы проводились

на нескольких пластах, что предопределяет необходимость оценки использования сети горных выработок с учетом подработки.

3. Моделирование проектных горных выработок и планирование развития горных работ. В условиях сложной сети существующих выработок принятие рациональных решений относительно вариантов подработки запасов без создания компьютерной модели затруднено. Развитый инструментарий моделирования проектных вариантов сети горных выработок и последовательности отработки запасов может обеспечить конструирование наиболее эффективных вариантов развития горных работ.

С участием сотрудников Донецкого национального технического университета разработана система «Шахта 3D», ориентированная на построение пространственной модели угольной шахты исходя из имеющейся документации [1]. Программное обеспечение реализовано на языках высокого уровня, для программирования графических функций используется библиотека OpenGL.

С использованием программного комплекса построены модели ряда угольных шахт, система активно используется в учебном процессе. Однако на текущий момент система не обеспечивает анимацию вариантов развития горных работ.

С целью отражения динамики развития шахты использовалась программная платформа Blender и специальное программное обеспечение, реализованное на языке Python.

Результаты моделирования шахты представлены на рис. 1.

При моделировании горных выработок в базе данных фиксируется следующая информация: дата начала или окончания проведения выработки, скорость проведения, название выработки, оборудование, тип выработки, площадь поперечного сечения, высотная отметка земной поверхности, назначение выработки. Для построенной выработки рассчитываются: длина выработки, средневзвешенный угол наклона выработки, средняя глубина заложения выработки [2].

При создании модели выемочного столба вводятся данные: средняя мощность пласта в пределах проектируемого выемочного участка, название лавы, оборудование, дата запуска лавы, скорость подвигания очистного забоя и плотность угля в массиве. После ввода данных в пространстве модели появится объект, отображающий выемочный столб в виде поверхности. На основании введенных данных рассчитываются следующие показатели: суточная добыча, длина лавы, длина вынимаемой части столба, его площадь, предполагаемый объем запасов [2].

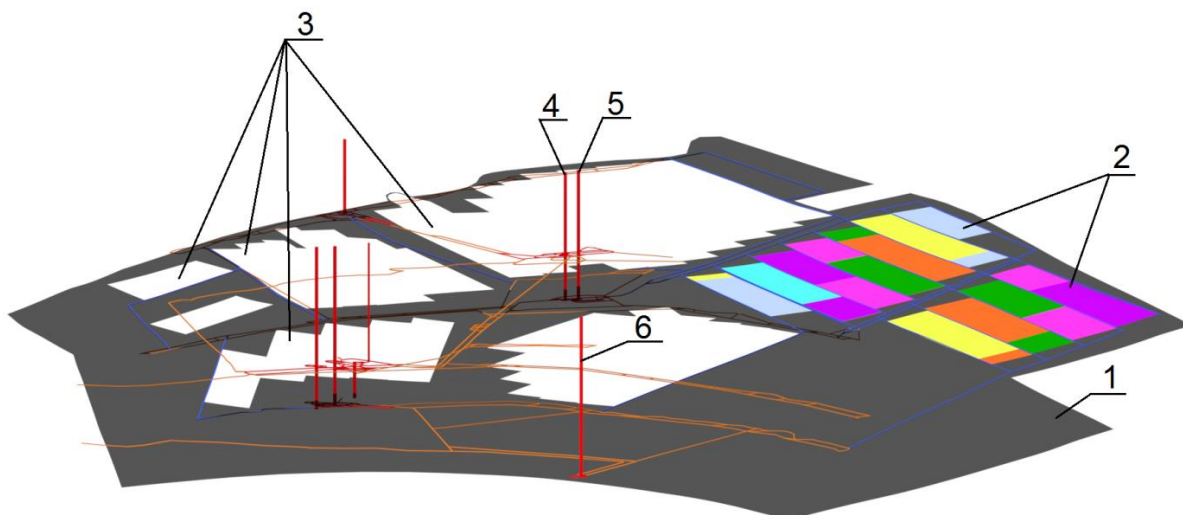


Рис. 1. Пространственная модель угольной шахты:
1 – угольный пласт; 2 – выемочные столбы; 3 – отработанные
участки пласта; 4 – главный ствол; 5 – вспомогательный ствол; 6 –
вентиляционный ствол)

Для сравнения вариантов развития горных работ используется интегральный показатель, отражающий суммарный объем поддерживаемых горных выработок за рассматриваемый период.

Цифровая трансформация в угольной отрасли включает построение прогнозных моделей на основе нейросетей. В горном деле нейросети могут использоваться для решения следующих задач [3]:

- построение регрессионных моделей, классификация и распознавание объектов («Многослойный персептрон MLP»);
- фрагментации горных пород, анализ гранулометрического состава взорванных пород («Свёрточная Нейронная Сеть CNN»);
- обработка временных рядов, моделирование динамики процессов («Рекуррентная Нейронная Сеть RNN» и «Долгосрочная Краткосрочная Память LSTM»);
- кластеризация, выявление наборов независимых признаков, распознавание классов подземных аварий в угольных шахтах, кластеризация данных опробования руд по литологическому и минералогическому составу с целью прогнозирования технологических показателей извлечения («Самоорганизующаяся карта Кохонена SOM»).

С целью прогноза последствий подработки территорий угольными шахтами и прогноза активизации сдвижения горных пород при затоплении шахт с участием авторов разработаны нейросети вида MLP и LSTM [3].

Выводы. Цифровизация в угольной отрасли должна предусматривать комплексное внедрение систем, обеспечивающих

пространственное, динамическое моделирование, а также нейросетевое моделирование с прогнозной аналитикой.

Разработанное программное обеспечение создает основу для построения систем, позволяющих имитировать сценарии развития угольных шахт, визуализировать развитие горных работ в динамике и совершенствовать прогнозные модели на основе машинного обучения.

Перечень ссылок

1. Грищенко Н.Н. Пространственное моделирование зон многократной подработки горными выработками участков со сложной структурой рельефа /Грищенко Н.Н.,Скаженик В.Б., Бардакова Е.А., Чернышенко И.В. // Журнал теоретической и прикладной механики. ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет». 2024. № 3 (88). С. 89-99.

2. Чернышенко И. В. Построение компьютерной модели сети горных выработок угольной шахты в системе AutoCAD// Сборник материалов XII всероссийской научно-практической конференции «Россия молодая», Кемерово, КузГТУ. 2020. – С. 10709.1-10709.5.

3. Грищенко Н.Н. Нейросетевые модели прогноза последствий подработки земной поверхности / Н. Н. Грищенко, В. Б. Скаженик, И.В. Чернышенко, Ф. М. Голубев // Журнал теоретической и прикладной механики. 4(89) (Dec. 2024), 104–112. DOI: <https://doi.org/10.24412/0136-4545-2024-4-104-112>.

УДК 622.012

ПРОГНОЗ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА

Ю.А. Петренко, А.Л. Касьяненко, Я.Д. Зозуля
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
yarzozulia@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается задача прогнозирования устойчивости горных выработок для шахт Донецкого бассейна. С целью оценки рисков двух ключевых видов деформаций – пучения почвы и обрушения пород кровли – разработана модель машинного обучения на основе алгоритма Random Forest.

Annotation. The article addresses the task of predicting the stability of mine workings for the mines of the Donets Basin. To assess the risks of two key types of deformation – soil heaving and roof rock collapse (roof fall) – a machine learning model based on the Random Forest algorithm has been developed.

Ключевые слова: горные выработки, устойчивость, прогнозирование, машинное обучение, Random Forest, пучение почвы, куполение.

Keywords: mine workings, stability, prediction, machine learning, Random Forest, soil heaving, roof fall.

В современных условиях угольная промышленность Донбасса сталкивается с глубоким системным кризисом. Горные работы на большинстве шахт приостановлены, а предприятия функционируют в режиме водоотлива. В связи с инвестиционной непривлекательностью, многие из них ожидают ликвидации. Вместе с тем, часть шахт является перспективной для консервации, поскольку при улучшении экономической конъюнктуры их эксплуатация может быть возобновлена.

Ключевой задачей при консервации угольных шахт является комплексная оценка состояния горных выработок и прогнозирование их поведения в долгосрочной перспективе. Существующая статистика демонстрирует масштаб проблемы: в среднем по отрасли более 40% проводимых выработок требуют ремонта до сдачи в эксплуатацию, а 52% действующих выработок уже деформированы. При этом до 45% от общего объема деформаций связано с процессом пучения почвы. Выдавливание пород может достигать критических величин (нередко превышая 1 м), что приводит к сокращению сечения, повреждению крепи и транспортных коммуникаций, нарушению вентиляции и, в конечном

итоге, к полному выводу выработки из строя. Наряду с пучением, серьезную угрозу представляет обрушение пород кровли.

Таким образом, разработка и внедрение методов интеллектуального анализа данных для оценки риска пучения почвы и обрушения кровли представляется актуальным и практически значимым направлением, напрямую связанным с повышением надёжности и безопасности процессов консервации шахт.

Для таких задач хорошо подходят искусственные нейронные сети, так как они способны выявлять сложные нелинейные зависимости между множеством геолого-технических параметров и состоянием выработки [1]. Отличительной особенностью нейросетевых моделей является возможность установления искомым взаимосвязей на основе обработки статистических данных без аналитического описания зависимостей между входными и выходными переменными [2]. В частности, нейросети «могут служить инструментом определения относительной важности факторов, влияющих на устойчивость подземных сооружений» и моделировать комплексные зависимости, недоступные простым эмпирическим формулам.

Цель данного исследования – построение и оценка прогнозной модели для двух бинарных целевых признаков: «Куполение» (обрушение пород кровли) и «Пучение» горных пород.

Для достижения поставленной цели использован метод – Random Forest. Это широко распространенный алгоритм машинного обучения, разработанный Лео Брейманом и Адель Катлер, который объединяет выходные данные множества деревьев решений для получения единого результата. Его простота в использовании и гибкость способствовали широкому распространению, так как он решает как задачи классификации, так и задачи регрессии [3]. Такой подход эффективно выявляет нелинейные зависимости между признаками и целевыми метками, обеспечивает устойчивость к переобучению и высокую точность классификации.

Для прогноза геомеханических процессов, целесообразно использовать обширный статистический материал, собранный в результате многолетних наблюдений на шахтах и обобщающий накопленный производственный опыт разработки угольных пластов. Такая информация геологических и маркшейдерских служб угольных шахт представлена в систематизированном виде в Каталоге [4].

Исходный набор данных для обучения модели содержит 598 наблюдений по угольным пластам и 60 признаков, включающих геологические (вмещающие породы, прочностные характеристики),

структурные (углы залегания, информация о тектонических нарушениях) и классификационные (типы пород и т.п.) параметры.

Некоторые признаки в исходной таблице могли быть представлены в текстовом формате, для их преобразования применялась функция перевода строк в числа, после чего столбцы получили числовой тип. Категориальные признаки кодировались целочисленными метками. В качестве целевых переменных были определены два бинарных столбца: метка наличия куполения и метка наличия пучения пород.

Выборка была случайным образом разделена на обучающую и тестовую части (пропорция 80/20) с сохранением баланса классов. Для каждой из двух задач (куполение, пучение) обучался отдельный классификатор Random Forest. Обучение проводилось с фиксированным параметром `random_state` для воспроизводимости результатов. Для оценки обобщающей способности модели использовалась кросс-валидация и отложенная тестовая выборка.

Качество классификации оценивалось с помощью стандартного набора метрик: *accuracy* (доля правильно классифицированных примеров), *precision* (точность – доля правильно предсказанных положительных примеров среди всех предсказанных как положительные), *recall* (полнота – доля правильно обнаруженных положительных примеров среди всех фактических положительных), *F1-score* (гармоническое среднее *precision* и *recall*), а также площадь под ROC-кривой (ROC AUC). Кроме того, анализировалась матрица неточностей (*confusion matrix*) для каждой задачи: матрица суммирует количество истинно и ложно классифицированных объектов по всем классам. Для вычисления метрик использовались функции библиотеки *scikit-learn*.

Основным результатом исследования стало создание и апробация модели для прогноза двух бинарных целевых признаков: «Куполение» (обрушение пород кровли) и «Пучение» горных пород на основе реальных производственных данных с использованием алгоритма Random Forest.

Для задачи прогнозирования пучения модель показала сбалансированную работу: *Accuracy* = 0,733, ROC AUC = 0,745, F1 - score = 0,731. Модель демонстрирует сопоставимую эффективность для обоих классов, что подтверждает ее практическую применимость для оценки рисков пучения.

Для задачи прогнозирования куполения результаты оказались менее сбалансированными: *Accuracy* = 0,742, ROC AUC = 0,660, F1 - score = 0,653. Анализ метрик показал, что модель хорошо фиксирует наличие куполения (*Recall* = 0,989), но недостаточно надежно определяет его

отсутствие, что объясняется значительным дисбалансом классов в исходных данных.

Выводы. Разработанный подход на основе алгоритма Random Forest подтвердил свою эффективность для прогнозирования геомеханических процессов в горных выработках. Созданная модель для прогноза пучения показала устойчивые результаты и может рассматриваться как практический инструмент для оценки рисков при консервации шахт.

Перспективы дальнейших исследований включают оптимизацию гиперпараметров моделей, применение методов борьбы с дисбалансом классов и расширение набора признаков. Предложенная методика открывает новые возможности для повышения безопасности и эффективности процессов консервации угольных шахт Донбасса.

Перечень ссылок

1. Yangkyun Kim, Sean S. Lee Application of Artificial Neural Networks in Assessing Mining Subsidence Risk / Yangkyun Kim, Sean S. Lee [Электронный ресурс] // MDPI: [сайт]. — URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/4/1302#:~:text=An%20artificial%20neural%20network%20,17> (дата обращения: 25.11.2025).
2. Грищенко Н.Н. Нейросетевые модели прогноза последствий подработки земной поверхности / Н. Н. Грищенко, В. Б. Скаженик, И.В. Чернышенко, Ф. М. Голубев // Журнал теоретической и прикладной механики. 4(89) (Dec. 2024), 104– 112. DOI: <https://doi.org/10.24412/0136-4545-2024-4-104-112> .
3. Eda Kavlakoglu What is random forest? / Eda Kavlakoglu [Электронный ресурс] // IBM : [сайт]. – URL: <https://www.ibm.com/think/topics#:~:text=Random%20forest%20is%20a%20com-only,both%20classification%20%20and%20regression%20problems> (дата обращения: 25.11.2025).
4. Каталог шахтопластов Донецкого угольного бассейна с характеристикой горно-геологических факторов и явлений [Текст] / Москва: Институт горного дела им. А.А. Сковородинского, 1982 – 268 с.

УДК 339.138: 622.3: 658.8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДБОРА ПЕРСОНАЛА ДЛЯ МАРКЕТИНГОВОЙ СЛУЖБЫ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Д.В. Манолий, И.С. Костюк
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
dima.manolij@mail.ru

Аннотация. *Исследуются проблемы процесса подбора персонала для маркетинговых подразделений горных предприятий. Обоснована необходимость внедрения ИИ в HR-процессы для повышения эффективности рекрутинга. Разработаны рекомендации по интеграции ИИ в процесс формирования кадрового состава маркетинговой службы.*

Annotation. *The article explores the challenges of recruiting for marketing departments in mining enterprises. It highlights the need for AI integration into HR processes to enhance recruitment efficiency. The article provides recommendations for integrating AI into the marketing department's recruitment process.*

Ключевые слова: *подбор персонала, HR-маркетинг, горные предприятия, ИИ-технологии, репутация предприятия*

Keywords: *recruitment, HR marketing, mining enterprises, AI technologies, enterprise reputation*

Постановка проблемы. Перспектива успешной деятельности и конкурентоспособность горного предприятия в будущем находятся в прямой зависимости от эффективности функционирования его маркетинговой службы. Данная структурная единица не только обеспечивает предприятие необходимыми производственными и человеческими ресурсами высокой степени качества и экономической целесообразности, но и играет ключевую роль в формировании позитивного имиджа и деловой репутации предприятия, а также в разработке и реализации успешной кадровой стратегии.

Эффективная и результативная работа маркетинговой службы, за счёт успешного стратегического планирования и целенаправленных рыночных исследований, способствует созданию устойчивых конкурентных преимуществ предприятия высокого уровня. Она разрабатывает и внедряет маркетинговые кампании, направленные на привлечение инвестиций, партнеров и клиентов, а также на удержание достигнутых рыночных позиций. В результате этого предприятие получает долгосрочный доступ к необходимым ресурсам и продолжительное

время поддерживает высокий уровень производственной эффективности.

Кроме того, маркетинговая служба играет важную роль в формировании организационной культуры коллектива и деловой репутации предприятия. Она разрабатывает и реализует программы по повышению лояльности сотрудников, а также проводит мероприятия, направленные на укрепление внутренних коммуникаций и повышение мотивации персонала. В результате формируется благоприятная рабочая среда, способствующая развитию профессиональных навыков и достижению высоких производственных результатов.

Таким образом, формирование кадрового состава маркетинговой службы на угольных предприятиях представляет собой актуальную и стратегически важную задачу. Её успешное решение окажет значительное влияние на оптимизацию процессов добычи угля, эффективное управление сбытом угольной продукции, а также будет способствовать повышению деловой репутации предприятия и формированию благоприятного морального климата внутри коллектива. В контексте современных экономических условий и возможностей, в которых дополнительное расширение производства обеспечивает использование инструментов искусственного интеллекта (ИИ), поскольку конкурентоспособность и устойчивое развитие угольного предприятия являются весомыми факторами успеха, поэтому данный аспект приобретает особую ценность и значимость для горных предприятий в нынешних нестабильных условиях.

Цель. Выявить перспективные направления использования возможностей и потенциала ИИ для эффективного совершенствования процесса подбора персонала для маркетинговой службы горных предприятий и для планирования и организации непосредственно самого процесса подбора персонала.

В рамках поставленной цели предполагается решить **следующие задачи:**

- изучить возможности и потенциал использования ИИ в маркетинговой деятельности и выделить перспективные направления его применения для решения кадрового вопроса при создании маркетинговой службы;
- разработать рекомендации по интеграции и внедрению ИИ в процесс формирования кадрового базиса маркетинговой службы горного предприятия.

Несмотря на то, что «впервые концепция ИИ или сокращенно AI (*artificial intelligence*) была сформирована уже в 1956 году и это произошло на конференции в Дартмутском колледже Джон Маккарти, где

когнитивист и специалист по информатике, впервые предложил этот термин» [1], а за последнее десятилетие ИИ стремительно внедрился в научно-производственную сферу, в которой существенно ускорил решение научных и производственных проблем, а также позволил преодолевать когнитивные барьеры на границе психологической инерции мышления. Это позволило ускорить поиск инновационных идей в решении насущных и первостепенных задач, в том числе и в маркетинговой деятельности, поскольку «основные механизмы маркетинга, использующие искусственный интеллект, включают в себя несколько важных элементов, которые делают его привлекательным и мощным инструментом» [2].

Также этого мнения придерживается Игнатова К.А. [3], поскольку она подчеркивает, что происходит «трансформация роли маркетолога», поэтому она предлагает «комплексный взгляд на будущее маркетинга, где синергия человеческого таланта и ИИ становятся главным фактором успеха», что подтверждает «исключительную актуальность исследования механизмов и последствий интеграции ИИ в маркетинговую деятельность». Хотя, другие, а их по утверждению Тереховой Е.А. [1] «около 52% выражают больше опасений, чем восторга от развития технологий ИИ», однако на наш взгляд процент таких опасений ею завышен.

В условиях динамично развивающейся нестабильности рынка труда и возрастающей конкуренции за высококвалифицированные кадры, внедрение ИИ-технологий становится ключевым фактором, повышающим ранг конкурентоспособности горного предприятия. Искусственный интеллект обладает потенциалом для автоматизации рутинных задач, анализа больших объемов данных и выявления скрытых закономерностей, что позволяет значительно повысить скорость и качественные показатели процесса подбора персонала.

Анализ актуальных теоретических и эмпирических исследований показывают, что широкий круг исследователей (Терехова Е.А. [1], Терехова А.С., Ляхнович А.С., Шандора Н.И. [4], Хачатурян К.С., Пономарева Н.С., Корюшов Н.В. [5] и др.) рассматривали и предлагали направления применения ИИ в маркетинге, но при этом эти авторы не предлагали непосредственное его использование для формирования коллектива маркетинговых подразделений. При этом Игнатова К.И. выполнила «анализ необходимых компетенций и моделей команд» [3], в которых по причине большого многообразия и сложности компетенций, предлагалось горизонтальное разделение ролей маркетологов по технологическому и функциональному принципу в пределах подразделения. Также в публикациях [3, 6] предлагались новые требования и

критерии к претендентам на должность маркетолога с дополнительными компетенциями в сфере технологий ИИ. Таким образом, результаты исследований доказали необходимость появления новых моделей организации маркетинговых команд, способных эффективно и максимально использовать преимущества ИИ.

Изучение практического опыта применения ИИ на промышленных предприятиях различных отраслей и сравнение возможностей ИИ с потребностями маркетинговой деятельности на горных предприятиях позволяют определить следующие перспективные направления его применения для кадрового ресурсообеспечения маркетинговых служб:

1. При анализе существующих методов подбора персонала в маркетинговой службе горных предприятий. Для этого важно и необходимо выявить основные проблемы и ограничения традиционных подходов, таких как интервью, анкетирование и оценка резюме. Это позволит определить, какие задачи могут быть успешно решены с помощью ИИ-технологий для подбора критериев оценки кандидатов и разработки обновленной матрицы компетенций для них, поскольку «традиционные компетенции маркетолога дополняются и переосмысливаются, формируя новую матрицу компетенций, необходимую для эффективной работы в современную эпоху» [3].

2. Для исследования потенциала и возможностей ИИ при автоматизации рутинных процессов маркетинговой службы. Поскольку применение машинного обучения и алгоритмов обработки естественного языка (NLP) и предиктивной аналитики должно помочь автоматизировать сбор и анализ данных рынка труда и существенно упростить и ускорить процесс отбора кандидатов для проведения кастинга.

3. Для повышения качества разработки моделей прогнозирования потребностей в персонале на основе мониторинга и прогнозирования поведения рынков. В этом случае ИИ-технологии могут быть полезны для прогнозирования будущих потребностей в маркетологах, что позволит более эффективно планировать процесс их подбора и снизить риски дефицита или избытка персонала.

4. При оценке эффективности применения ИИ в процессе подбора персонала. Это направление позволит после внедрения и апробации ИИ провести сравнительный анализ результатов использования традиционных методов и ИИ-технологий, чтобы определить их преимущества и недостатки, а также оценить эффективность апробированных ИИ-технологий.

5. Для разработки творческих и стратегических подходов по организации внедрения ИИ-технологий в маркетинговую деятельность. Принципы и механизмы этих подходов позволят сформулировать конкретные рекомендации по снижению сопротивления сотрудников

переменам при внедрении ИИ-решений, учитывая специфику и особенности маркетинговой службы горных предприятий.

6. Для интеграции и адаптации знаний о применении ИИ из немаркетинговых областей в маркетинговую сферу деятельности. Данный опыт поспособствует преодолению когнитивных барьеров и сокращению времени на разработку инновационных решений, направленных на повышение эффективности маркетинговых процессов.

7. При внедрении потенциала и возможностей ИИ для обучения сотрудников маркетинговой службы генерировать новые и перспективные идеи стратегического характера. Это будет способствовать повышению квалификации персонала и развитию их навыков для использования методов преодоления психологической инерции мышления, а также для формирования стратегического мышления. В результате данные контрмеры сконцентрируют усилия сотрудников на повышение качества разработки инновационных и перспективных идей, направленных на создание конкурентных преимуществ и укрепление позиций предприятия и его продукции на рынке. Кроме того, это будет способствовать формированию устойчивого имиджа и деловой репутации предприятия.

Для решения второй задачи, произведен анализ научной литературы. Так, например, в научной статье (Рыльников М.В. и др., 2022) масштабно описано внедрение «цифровых советчиков» для операторов техники и линейного персонала, основанных на анализе больших данных. В ней упоминаются системы для водителей карьерных самосвалов, механиков, машинистов экскаваторов и других специалистов [7]. Этот опыт может быть адаптирован и для анализа потенциала ИИ в кадровых процессах, включая обучение и оценку эффективности. В научных материалах «ИИ в горнодобыче и металлургии: российская практика» (dprom.online, 2025), приводятся примеры внедрения ИИ в российских компаниях, например, в «Норникеле» и «Северстали». Эти кейсы могут служить основой для сравнения и анализа возможностей применения ИИ в маркетинговой службе [8]. Исследование «Использование математического моделирования и искусственного интеллекта для оптимизации работ на открытых горных разработках» (Пардаев Ф.Ш., Истамов З.В., 2025) подчёркивает роль ИИ в прогнозировании производственных результатов и повышении безопасности труда [9]. В данной статье сосредотачивается фокус на производственных процессах, выводы могут быть экстраполированы на кадровые аспекты, например, в области обучения персонала и ведения эффективной маркетинговой деятельности.

Проведённый анализ позволяет сформулировать рекомендации по внедрению ИИ в кадровый процесс маркетинговой службы горного предприятия, как продукт нашего исследования.

Рекомендации по внедрению ИИ в кадровый процесс маркетинговой службы горного предприятия:

1. Аудит:
 - оцените текущие HR-процессы и «узкие места»;
 - проверьте IT-инфраструктуру на готовность к интеграции ИИ;
 - позиционируйте ключевые интервалы эффективности (время закрытия вакансий, стоимость подбора, уровень удержания и т.д.).
2. Выберите приоритетные ИИ-инструменты:
 - автоматизированный скрининг резюме (NLP-анализ);
 - предиктивная аналитика для прогноза успешности кандидатов;
 - чат-бот для первичного отбора;
 - анализ видеопросмотров (оценка невербальных сигналов).
3. Обеспечьте юридическую безопасность:
 - согласуйте работу с персональными данными (GDPR, ФЗ-152);
 - разработайте внутренние регламенты использования ИИ;
 - предусмотрите опцию «человеческого контроля» за решениями ИИ.
4. Запускайте поэтапно:
 - проведите пилотное тестирование на 1-2 вакансиях;
 - калибруйте модели на исторических данных предприятия;
 - масштабируйте решение после подтверждения эффективности.
5. Обучите команду:
 - проведите тренинги для HR-специалистов по работе с ИИ-инструментами;
 - разъясните преимущества технологий сотрудникам;
 - сформируйте кросс-функциональную группу (HR + IT + юристы).
6. Настройте мониторинг:
 - отслеживайте точность прогнозов ИИ (целевой показатель $\geq 85\%$);
 - сравнивайте ИИ-рекомендации с реальными результатами адаптации;
 - регулярно обновляйте алгоритмы на основе обратной связи.

7. Соблюдайте принципы и циклы технологического хайпа, или кривой Гартнера:
 - гибридность: ИИ как помощник, а не замена эксперта;
 - прозрачность: объяснимые алгоритмы (XAI);
 - масштабируемость: модульная архитектура для будущих доработок.
8. Фокусируйтесь на отраслевой специфике:
 - настраивайте модели под требования горнодобывающей отрасли (знание B2B-маркетинга, опыт в сырьевом секторе);
 - учитывайте региональные особенности при подборе персонала для филиалов.
9. Оптимизируйте затраты:
 - начните с облачных решений (SaaS) для снижения стартовых вложений;
 - оценивайте ROI после каждого этапа внедрения.
10. Планируйте развитие:
 - интегрируйте ИИ с существующими HRIS (SAP, Oracle);
 - закладывайте ресурсы на дообучение моделей и расширение функционала с учетом зависимостей кривой Гартнера.

Выводы. Выявление перспективных направлений использования возможностей и потенциала ИИ для улучшения процесса подбора персонала для маркетинговой службы горных предприятий позволило достигнуть следующее:

1. По результатам анализа научной литературы авторами выявлены и кратко сформулированы несколько перспективных направлений использования ИИ для организации процесса подбора персонала для маркетинговой службы горных предприятий, а также можно констатировать, что ИИ в ближайшей перспективе имеет все шансы стать доминантным драйвером на пути к повышению эффективности управления человеческими ресурсами и внедрение ИИ-технологий позволит не только оптимизировать текущие процессы, но и создать основу для дальнейшего устойчивого развития и совершенствования системы подбора кадров.

2. По результатам теоретических исследований предложены рекомендации по интеграции и внедрению ИИ в процесс формирования кадрового базиса маркетинговой службы горного предприятия, которые позволяют определиться с приоритетными ИИ-технологиями, ИИ-процессами и ИИ-инструментами, знать, как подобрать и обучить команду, способную качественно и количественно улучшить показатели работы маркетинговой службы. Это позволит подготовить эффективный кадровый базис HR-маркетинга способный и готовый планировать и организовывать будущую текущую деятельность и развитие горного предприятия.

Перечень ссылок

1. Терехова, Е.А. Влияние искусственного интеллекта на маркетинг: перспективы и возможности / Е.А. Терехова // Вестник молодого ученого УГНТУ. – 2025. – № 2(30). – С. 142-147. – EDN IXIVRT.

2. Петрунин, Ю. Ю. Искусственный интеллект: ключ к будущему? // Философские науки. 2018. № 4. С. 96–113.
3. Игнатова, К.А. Трансформация роли маркетолога в эпоху ИИ: анализ необходимых компетенций и моделей команд / К.А. Игнатова // Экономика и бизнес : теория и практика №6 (124), 2025, – С.63–67. [Электронный ресурс]. – <http://economyandbusiness.ru/18454-2>.
4. Терехова, А.С. Использование технологий искусственного интеллекта в стратегиях цифрового маркетинга / А. С. Терехова, А. С. Ляхнович, руков. Н. И. Шандора // Цифровая трансформация – шаг в будущее : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 13 окт. 2023 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: И. А. Карачун (гл. ред.), А. А. Королёва, Б. Н. Панышин. – Минск : БГУ, 2023 – С. 667–669 – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – ISBN 978-985-881-547-9. [Электронный ресурс]. – <elibr.pnzgu.ru/files/eb/CGMS09wFKBp4.pdf>.
5. Хачатурян, К. С. Искусственный интеллект в маркетинге как новая концепция и бизнес-возможность для повышения эффективности компаний / К. С. Хачатурян, С. В. Пономарева, Н. В. Корюшов // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – № 3. – URL: <https://esj.today/PDF/55ECVN323.pdf>.
6. Михайлова, А. Б. Научные основы и практика персонал-маркетинга на горных предприятиях / А. Б. Михайлова, Д. Г. Даянц // ГИАБ. 2014. №7. – С. 300–306. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchnye-osnovy-i-praktika-personal-marketinga-na-gornyh-predpriyatiyah> (дата обращения: 27.10.2025).
7. Рыльникова, М. В. Применение искусственного интеллекта и перспективы развития аналитических систем больших данных в горной промышленности / М. В. Рыльникова, Д. А. Клебанов, М. А. Макеев, М. В. Кадочников // Горная промышленность. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-iskusstvennogo-intellekta-i-perspektivy-razvitiya-analiticheskikh-sistem-bolshih-dannyh-v-gornoy-promyshlennosti> (дата обращения: 09.12.2025).
8. ИИ в горнодобыче и металлургии: российская практика [Электронный ресурс] // Dprom.online. – URL: <https://dprom.online/mtindustry/ii-v-gornodobyche-i-metallurgii-rossijskaya-praktika/> (дата обращения: 09.12.2025).
9. Пардаев, Ф.Ш. Использование математического моделирования и искусственного интеллекта для оптимизации работ на открытых горных разработках / Ф. Ш. Пардаев, З. В. Истамов, Р. М. Аллаяров // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2025. 6(135). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/20457> (дата обращения: 09.12.2025).

УДК 622.232:622.016.63

ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМБАЙНА ПРОХОДЧЕСКОГО

В.Г. Потапов

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк

Аннотация. В статье выявлена и проанализирована взаимосвязь основных параметров, характеризующих комбайн проходческий. Выявлены основные тенденции, присущие направлению развития современных комбайнов проходческих.

Annotation. The article identifies and analyzes the relationship between the main parameters characterizing the tunneling machine. The main trends inherent in the development of modern tunneling machines are identified.

Ключевые слова: комбайн проходческий, масса, мощность электропривода, предел прочности, корреляционно-регрессионный анализ.

Keywords: tunneling machine, mass, electric drive power, tensile strength, correlation and regression analysis.

Постановка проблемы. Применяемая в настоящее время практика проведения горных выработок для достижения максимальной эффективности предполагает использование комбайнового способа, который позволяет обеспечить более высокие технико-экономические показатели, чем буровзрывной способ. При механизированном способе проходки доминирующее положение занимают комбайны со стреловидным органом исполнительным (ОИ) и гусеничной ходовой частью - комбайны избирательного действия (КПи). Основными достоинствами КПи являются: возможность селективной выемки угля и породы; возможность варьирования в широком диапазоне формой и размерами выработки; возможность установки крепи возле забоя выработки; возможность механизации вспомогательных операций; высокая маневренность и относительно небольшая масса комбайна; удобный и относительно безопасный доступ к ОИ для замены рабочего инструмента.

В целом же использование проходческих комбайнов позволяеткратно повысить скорость проведения подготовительных выработок; значительно увеличить производительность труда и снизить стоимость проходки, обеспечив при этом безопасность работ за счет исключения буровзрывных работ.

Эффективность эксплуатации КПи определяется, в том числе, заложенными в их характеристики основными параметрами к которым ГОСТ Р 50703-2023 [1] относит следующие:

- мощность электропривода исполнительного органа, $P_{\text{ОИ}}$, кВт;
- максимальный размах стрелы, м;
- верхнее значение предела прочности присекаемых пород при одноосном сжатии, $\sigma_{\text{СЖ}}$, МПа;
- конструктивная масса, m , т.

Широкий диапазон значений основных параметров в пределах каждого из четырех (по ГОСТ Р 50703-2023) типоразмеров комбайнов, фактическое наличие комбайнов с параметрами, как будет показано далее, превышающими верхний предел значений типоразмера 4 [1] и недостаточное количество информации, оценивающей связь между основными параметрами КПи, значительно затрудняют прогнозирование эффективного развития перспективного вида проходческой техники.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [2] на основе характеристик наиболее распространенных двух отечественных и двух импортных проходческих комбайнов показано, что установленная мощность электропривода машины не определяет фактические показатели ее эффективности (темпов проведения горных выработок).

В работе [3] создана с учетом, в том числе, параметров комбайнов «среднего класса» математическая модель проходки выработки, увязывающая между собой основные макроуровневые параметры комбайнов с месячным темпом проходки выработки. Проведенное в работе моделирование позволило установить преимущество мехатронной конструкции проходческого комбайна по сравнению с традиционной конструкцией.

Создав модель взаимозависимости основных параметров комбайнов на основе статистической выборки достаточного объема и проанализировав особенности их взаимосвязи, в перспективе можно рассматривать возможные способы прогнозирования тенденции изменения параметров КПи с дальнейшим их усовершенствованием.

Цель исследования. Целью исследования является оценка взаимосвязи основных параметров КПи (мощность электропривода исполнительного органа, $P_{\text{ОИ}}$, кВт, верхнее значение предела прочности присекаемых пород при одноосном сжатии, $\sigma_{\text{СЖ}}$, МПа, конструктивная масса, m , т) и получение их статистических зависимостей для дальнейшего использования при прогнозировании тенденции развития комбайнов проходческих избирательного действия.

Результат исследования. Применение корреляционно-регрессионного анализа для достижения поставленной в статье цели

подразумевает решение задач, связанных с: выбором наиболее информативных факторов; определением их направления и количественной оценки тесноты зависимости между факторной величиной X и результативной Y ; обоснованием математической модели, описывающей зависимость Y от X ; оценкой качества полученной модели [4].

В качестве анализируемых факторов рассмотрим массу КПи (m , т), мощность электропривода исполнительного органа ($P_{ОИ}$, кВт) и предел прочности присекаемых пород при одноосном сжатии ($\sigma_{СЖ}$, МПа). Следует отметить, что в комбайнах более раннего выпуска для характеристики разрушаемого массива преимущественно использовался коэффициент крепости пород по М.М. Протодяконову f (например, комбайны типа: 2ПУ, ПКЗМ, ПКЗР, ГПК и др. (табл. 1).

Переход от f к $\sigma_{СЖ}$ и обратно выполняется по известной формуле, предложенной Л.И. Бароном для $\sigma_{СЖ}$ в кг/см² (Авдеев А. Н. и др., 2021, 5 (цит. по Барон Л. И. и др., 1962, 6)). Для $\sigma_{СЖ}$ в МПа формула для определения коэффициента крепости пород по М.М. Протодяконову имеет вид:

$$f = \sigma_{СЖ} / 30 + \sqrt{\sigma_{СЖ} / 3} \quad . \quad (1)$$

В табл. 1 приведены выборочные данные анализируемых параметров КПи машиностроительных заводов России и ближнего зарубежья: Копейского (КМЗ), Юргинского (ЮМЗ), Ясиноватского (ЯМЗ) и Ново-Краматорского (НКМЗ). Параметры КПи сгруппированы по массе машин согласно типоразмерам, соответствующим рекомендациям ГОСТ Р 50703-2023 [1]. Следует отметить, что на сегодняшний день предусмотренных в [1] четырех типоразмеров по критерию «масса» для известных типов КПи недостаточно, поэтому представляется целесообразным ввести дополнительно типоразмер 5 для комбайнов с массой (m), превышающей 100 т. Полученная в табл. 1 статистическая совокупность имеет объём, состоящий из 51-й доминанты, достаточный для взаимопогашения случайностей и получения характеристик закономерного характера.

Таблица 1

Выборка данных основных параметров комбайнов¹⁾

№ п/п	Типоразмер КПи	Тип КПи	Масса, т	Мощность электропривода ОИ, $P_{ОИ}$, кВт	Верхнее значение предела прочности присекаемых пород при одноосном сжатии, $\sigma_{СЖ}$ ²⁾ , МПа
1	1	2ПУ	7,7	36	30*
2		4ПУ	10,5	22	50

*Сборник научных трудов V форума
студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков
«ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ДЕЛА»
г. Донецк, ДонНТУ, 27-28 ноября 2025 г.*

№ п/п	Типо- раз- мер КПи	Тип КПи	Масса, т	Мощность электропри- вода ОИ, P_{OI} , кВт	Верхнее значение пре- дела прочности присе- каемых пород при од- ноосном сжатии, $\sigma_{сж}$ ²⁾ , МПа
3	1	ПКЗМ, ПКЗР	10,8	32	30*
4		1ПКЗР	13,0	45	60
5		ГПК	14,9	36	30*
6		КП-15	17,0	55	60
7	2	1ГПКС	21,0	55	70
8		КСП21	23,5	55	70
9		КП-20Б	25,0	90	60
10		КПР	27,0	75	80
11		КПЛ	27,0	110	80
12		ПК 9Р	30,0	93	30*
13		КСП 22	30,0	75	70
14		КСП35 модифи- кация 4	30,0	75	80
15	3	4ПП2	35,0	75	50*
16		КПД	36,0	110	80
17		КПД	36,0	75	100
18		ГПК2	40,0	110	50*
19		КП30	40,0	110	85
20		КП25	40,0	140	85
21		П110	41,0	110	100
22		4ПП2М	45,0	120	70
23		КСП35 модифи- кация 2	45,0	110	100
24		КСП 32(33)	45,0	110	100
25		КП21	46,0	110	100
26		КП21-150	52,0	150	100
27		П220	53,0	110	90
28		П220	53,0	220	90
29		КПЮ-50	53,0	132	100
30		П110-01	53,0	220	100
31		П220	53,0	110	120

*Сборник научных трудов V форума
студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков
«ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ДЕЛА»
г. Донецк, ДонНТУ, 27-28 ноября 2025 г.*

№ п/п	Типо- раз- мер КПи	Тип КПи	Масса, т	Мощность электропри- вода ОИ, P_{OI} , кВт	Верхнее значение пре- дела прочности присе- каемых пород при од- ноосном сжатии, $\sigma_{сж}$ ²⁾ , МПа
32		П220	53,0	220	120
33		КСП35 модифи- кация 1	54,0	132	100
34		КП150	54,5	150	100
35		КПК-132	56,5	132	100
36		П160	60,0	160	100
37	4	КПУ	70,0	220	100
38		КПУ	70,0	150	120
39		4ПП5	75,0	200	70*
40		КП220	75,0	220	100
41		КП 200	75,0	200	120
42		КСП42	75,0	160	120
43		КП220К	78,5	220	100
44		КСП35 модифи- кация 3, исполне- ние 115	85,0	200	125
45		КПК-200	87,5	200	125
46		КСП35 модифи- кация 3, исполне- ние 120	88,0	200	85
47	5	КП200Т	105,0	200	120
48		П315	107,0	315	140
49		КСП35 модифи- кация 3, исполне- ние 130	110,0	250	140
50		КПЮ-100	120,0	315	140
51		КП330	130,0	330	130

Примечания:

1) В качестве источников информации использованы: руководства по эксплуатации КПи; каталоги продукции заводов-изготовителей КПи.

2) * - выделены значения параметра $\sigma_{сж}$, полученные расчетом по формуле (1) для известных значений параметра f .

Оценка данных, приведенных в табл. 1, в формате основных требований, предъявляемых к анализируемой информации [4] показывает следующее.

1. Наблюдения являются случайно выбранными из генеральной совокупности параметров объектов – комбайнов мировых производителей.
2. Наблюдения независимы друг от друга.
3. Исходная совокупность данных практически однородна.

Проверка на нормальность [7-13] распределения основных параметров комбайна m , $P_{\text{ОИ}}$, $\sigma_{\text{СЖ}}$ (численные значения статистик приведены в табл. 2) включала в себя:

- анализ значений среднего ($\bar{x}$), моды (M_0) и медианы (Me);
- анализ параметров линии тренда (уравнений и коэффициентов детерминации, R^2) функций плотности вероятности;
- анализ соотношения расчетных значений коэффициентов асимметрии (As) и эксцесса (Ex) с критическими;
- анализ степени асимметрии распределения с определением коэффициента Пирсона.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что гипотеза о распределении значений m , $P_{\text{ОИ}}$ и $\sigma_{\text{СЖ}}$ по закону, близкому к нормальному, имеет право на существование.

В табл.2 приведены значения показателей распределения основных параметров проходческого комбайна, полученные на основе обработки статистических данных.

Таблица 2

Значения показателей распределения основных параметров проходческого комбайна, полученные на основе обработки статистических данных

Статистические показатели	Параметры комбайна и забоя		
	m , т	$P_{\text{ОИ}}$, кВт	$\sigma_{\text{СЖ}}$, МПа
Средневзвешенная средняя*, $\bar{x}$	52,60	140,2	90,00
Мода*, M_0	53,00	(110,0	100,00
Медиана*, Me	52,00	(120,0	100,00
Вид распределения	Одномодальное	Одномодальное	Одномодальное
Коэффициент К. Пирсона: $As=(\bar{x} - M_0)/S$	0,014	0,401	-0,341

**Сборник научных трудов V форума
студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков
«ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ДЕЛА»
г. Донецк, ДонНТУ, 27-28 ноября 2025 г.**

Статистические показатели	Параметры комбайна и забоя		
	m , т	$P_{\text{ОИ}}$, кВт	$\sigma_{\text{СЖ}}$, МПа
Степень асимметрии распределения	$0,014 < 0,25$: асимметрия незначительная	$0,25 < 0,401 < 0,5$: асимметрия умеренная	$0,25 < 0,341 < 0,5$: асимметрия умеренная
СКО*, S	29,443	75,35	29,292
Дисперсия*, S^2	849,916	5566,5	841,18
Параметры линии тренда (Уравнение)*	$y = -2E-05x^2 + 0,001x + 0,0017$	$y = -2E-07x^2 + 5E-05x + 0,0008$	$y = -2E-05x^2 + 0,001x + 5E-05$
Параметры линии тренда (Коэффициент детерминации, R^2)*	0,9482	0,8513	0,9415
Экссесс*, E_x	0,116	-0,0065	-0,370
Асимметрия*, A_s	0,726	0,6517	-0,400
E_x кр при $A=0,01$ и $n=51$	0,865		
A_s кр при $A=0,01$ и $n=51$	0,781		
Определение вида распределения	$A_s < A_{\text{скр}}; E_x < E_{\text{хкр}}$		

Примечания: А – Уровень значимости; n – Объем выборки; * - Вычислено в MS EXCEL

Для определения оценки взаимосвязи основных параметров комбайна должны быть решены следующие задачи.

1. Представление общей картины зависимости (от типа комбайна) его основных параметров: массы, m , т; предела прочности присекаемых пород на одноосное сжатие, $\sigma_{\text{СЖ}}$, МПа; мощности электропривода ОИ, $P_{\text{ОИ}}$, кВт.

2. Выполнение корреляционно-регрессионного анализа для основных параметров комбайна проходческого: m , $P_{\text{ОИ}}$ и $\sigma_{\text{СЖ}}$. Графические зависимости (от типа комбайна): массы, $m=f(\text{Тип КПи})$; прочности присекаемых пород, $\sigma_{\text{СЖ}} = f(\text{Тип КПи})$; мощности электропривода ОИ, $P_{\text{ОИ}} = f(\text{Тип КПи})$ для всего типоразмерного ряда комбайнов (1-5) приведены на рисунке 1. Численные зависимости основных параметров (от типа комбайна) для всего типоразмерного ряда комбайнов (1-5), а также для каждого типоразмера приведены в табл. 3.

Уравнения линий тренда и соответствующие (величины достоверности аппроксимации R^2) для зависимостей (от типа комбайна): мощности электропривода ОИ, $P_{\text{ОИ}}$; прочности присекаемых пород, $\sigma_{\text{СЖ}}$; массы, m , приведенных на рис. 1, имеют вид:

$$P_{\text{ОИ}} = 4,5716x + 21,335; (R^2 = 0,8135);$$

$$\sigma_{сж} = 1,9032x + 40,518; (R^2 = 0,933);$$

$$m = 1,905x + 3,065; (R^2 = 0,9252).$$

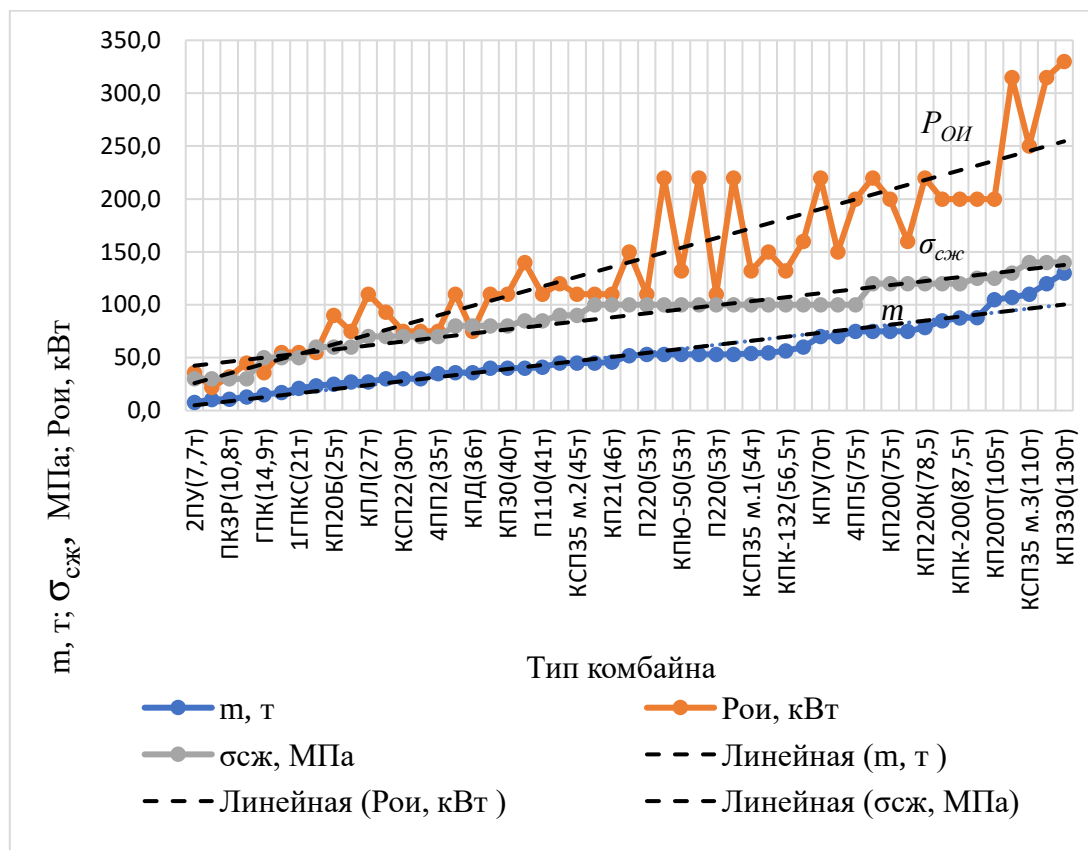


Рис. 1. Графики зависимости от типа комбайна: массы, $m=f(\text{Тип КПи})$; прочности присекаемых пород, $\sigma_{сж} = f(\text{Тип КПи})$; мощности электропривода ОИ, $P_{ои} = f(\text{Тип КПи})$

Полученные значения коэффициентов корреляции m и $P_{ои}$, и m и $\sigma_{сж}$, а также уравнения регрессии m от $P_{ои}$ и $\sigma_{сж}$ от $P_{ои}$ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения полученных результатов исследований

Наименование параметров	Значения параметров для типоразмера					
	1	2	3	4	5	1-5
Коэффициент корреляции m и $P_{ои}$	0,67037	0,505352	0,611436	0,211764	0,69237	0,92723
Коэффициент	0,537432	0,638071	0,570712	0,198421	0,575459	0,889916

**Сборник научных трудов V форума
студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков
«ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ДЕЛА»
г. Донецк, ДонНТУ, 27-28 ноября 2025 г.**

Наименование параметров	Значения параметров для типоразмера					
	1	2	3	4	5	1-5
корреляции m и $\sigma_{СЖ}$						
$P_{Ои} = f(\text{Тип КПи}), \text{кВт}$	$y = 4,286x + 22,667$	$y = 3,381x + 63,286$	$y = 3,711x + 89,87$	$y = 0,788x + 192,67$	$y = 26x + 204$	$y = 4,5716x + 21,335$
Коэффициент детерминации, R^2 для $P_{Ои} = f(\text{тип КПи})$	0,5043	0,1939	0,3414	0,0098	0,5527	0,8135
$\sigma_{СЖ} = f(\text{Тип КПи}), \text{МПа}$	$y = 4,571x + 20,667$	$y = 2,738x + 51,429$	$y = 1,316x + 77,597$	$y = 2,818x + 99$	$y = 4x + 123$	$y = 1,9032x + 40,518$
Коэффициент детерминации, R^2 для $\sigma_{СЖ} = f(\text{Тип КПи})$	0,6857	0,8126	0,7716	0,7103	0,800	0,9330
$m = f(\text{Тип КПи}), \text{т}$	$y = 1,769x + 6,1267$	$y = 1,316x + 20,768$	$y = 1,121x + 34,565$	$y = 2,091x + 66,4$	$y = 6,3x + 95,5$	$y = 1,905x + 3,065$
Коэффициент детерминации, R^2 для $m = f(\text{тип КПи})$	0,9777	0,9262	0,9404	0,8941	0,9078	0,9252
Уравнение регрессии m от $P_{Ои}$, $m = f(P_{Ои})$	$Y = 4,832 + 0,199X$	$Y = 19,625 + 0,09X$	$Y = 32,706 + 0,111X$	$Y = 66,291 + 0,059X$	$Y = 77,484 + 0,131X$	$Y = 1,802 + 0,362X$
Коэффициент детерминации, R^2 для $m = f(P_{Ои})$	0,449	0,255	0,374	0,045	0,479	0,860
Уравнение регрессии $\sigma_{СЖ}$ от $P_{Ои}$,	$Y = 18,148 + 0,492X$	$Y = 43,934 + 0,252X$	$Y = 74,889 + 0,134X$	$Y = 98,052 + 0,083X$	$Y = 114,248 + 0,074X$	$Y = 41,501 + 0,346X$

Наименование параметров	Значения параметров для типоразмера					
	1	2	3	4	5	1-5
$\sigma_{сж} = f(P_{ои})$						
Коэффициент R^2 для $\sigma_{сж} = f(P_{ои})$	0,289	0,407	0,326	0,039	0,310	0,792

Выводы. Установлено наличие и выполнена оценка взаимосвязи основных параметров комбайна проходческого: массы, m , т; верхнего значения предела прочности присекаемых пород при одноосном сжатии, $\sigma_{сж}$, МПа; мощности электропривода исполнительного органа, $P_{ои}$, кВт.

Оценка связи по коэффициенту корреляции показывает, что между основными параметрами комбайнов существует прямая корреляционная связь разной степени тесноты. По шкале Чеддока основные параметры комбайнов характеризуются:

- весьма высокой силой связи ($> 0,9$) – m и $P_{ои}$ всего типоразмерного ряда;
- высокой силой связи ($0,7- 0,9$) – m и $\sigma_{сж}$ всего типоразмерного ряда;
- заметной силой связи ($0,5- 0,7$) – m и $P_{ои}$, и m и $\sigma_{сж}$ типоразмеров 1, 2, 3, 5;
- слабой силой связи ($0,1- 0,3$) – m и $P_{ои}$, и m и $\sigma_{сж}$ типоразмера 4.

Установлено, что зависимость основных параметров комбайна от типа комбайна определяется линейной зависимостью вида $y = kx + b$ различного уровня качества, оцениваемого коэффициентом достоверности аппроксимации R^2 который показывает степень соответствия трендовой модели исходным данным. Хорошее качество ($R^2 \geq 0,80$) имеет модель зависимости $m = f(\text{тип КПи})$ для всех типоразмеров комбайна и для всего типоразмерного ряда. Такое же качество имеет модель зависимости $\sigma_{сж} = f(\text{Тип КПи})$ для типоразмеров комбайна 2, 5 и для всего типоразмерного ряда. Приемлемое качество ($R^2 \geq 0,50$) имеет модель зависимости $\sigma_{сж} = f(\text{Тип КПи})$ для типоразмеров комбайна 1, 3, 4. Модель зависимости $P_{ои} = f(\text{тип КПи})$ имеет хорошее качество ($R^2 \geq 0,80$) для всего типоразмерного ряда, приемлемое качество ($R^2 \geq 0,50$) для типоразмеров 1, 5 и плохое качество - для типоразмеров 2, 3, 4.

Для углового коэффициента k , который показывает, насколько быстро функция меняется по оси x установлено, что для зависимостей $P_{ои}$, $\sigma_{сж}$ и m график функции (2) возрастает (угловой коэффициент k положительный) для всех типоразмеров комбайнов в отдельности и для всего типоразмерного ряда в целом. Общим трендом для типоразмеров 1, 2, 3 является уменьшение углового коэффициент k с увеличением типоразмера комбайнов. Указанный тренд имеет место и для типоразмера 4 применительно к зависимости $P_{ои} = f(\text{Тип КПи})$. Увеличение углового коэффициента k по сравнению с предыдущим типоразмером комбайна отмечено для типоразмера 5 для всех зависимостей $P_{ои}$, $\sigma_{сж}$ и m . Типоразмер 4 характеризуется повышенным значением углового коэффициента по сравнению с предыдущим типоразмером комбайна.

Уравнения регрессии m от $P_{ои}$, $m = f(P_{ои})$ и $\sigma_{сж}$ от $P_{ои}$, $\sigma_{сж} = f(P_{ои})$ имеют хорошее качество ($R^2 \geq 0,80$) для всего типоразмерного ряда в целом. Для всех отдельных типоразмеров в отдельности модели имеют плохое качество. Следует

отметить, что угловой коэффициент в уравнении $m = f(P_{oi})$ (0,362X) превышает аналогичный показатель в уравнении $\sigma_{сж} = f(P_{oi})$ (0,346X) всего, примерно, на 5%, что говорит о практически одинаковой скорости изменения массы комбайна и предела прочности пород с изменением мощности электропривода исполнительного органа.

Полученные статистические оценки связи основных параметров комбайна (массы, мощности электропривода исполнительного органа, предела прочности пород на одноосное сжатие) представляют практический интерес как при прогнозировании тенденции развития комбайнов проходческих избирательного действия, так и при решении задач, связанных с проектированием горных выработок.

Перечень ссылок

1. ГОСТ Р 50703-2023. Оборудование горно-шахтное. Комбайны проходческие со стреловидным исполнительным органом. Общие технические требования и методы испытаний : национальный стандарт Российской Федерации : взамен ГОСТ Р 50703-2002 : дата введения 2024-11-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Изд. официальное. – Москва : Российский институт стандартизации, 2023. – 37 с.

2. Ремезов, А.В. Эффективность применения проходческих комбайнов в зависимости от их энерговооруженности / А.В. Ремезов, В.О. Торро, Р.Р. Зайнулин // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности—научно-технический рецензируемый журнал. - 2020. – Вып. 1. – С. 82-85.

3. Шабаев, О.Е. Обоснование макроуровневых параметров проходческого комбайна / О.Е.Шабаев, А.К. Семенченко, А.И. Хиценко // Уголь Украины.-2011.- №5.- С. 1-9.

4. Статистическое изучение взаимосвязей между социально-экономическими явлениями : Лекция 12. - Москва : НОЧУ ДПО "Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". - Текст : электронный. - URL: <https://intuit.ru/studies/courses/3595/837/lecture/31370?page=1&ysclid=lsbj1vguy50328377> (дата обращения: 25.02.2024).

5. Авдеев, А. Н. Оценка коэффициента крепости горных пород косвенными методами / А. Н. Авдеев, Е. Л. Сосновская, А. Ю. Болотнев // Известия вузов. Горный журнал. - 2021. - № 3. С. 28–35.

6. Барон, Л. И. Определение свойств горных пород : справочное пособие / Л. И. Барон, Б. М. Логунцов, Е. З. Позин ; под ред. [и с предисл.] проф. д-ра техн. наук Л. И. Барона. – Москва : Госгортехиздат, 1962. - 332 с.

7. Акимов, С. С. Использование коэффициентов асимметрии и эксцесса при гистограммном методе определения закона распределения вероятности / С. С. Акимов // Журнал Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2014. – С. 225-227. –

URL: :<https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-koeffitsientov-asimmetrii-i-ekstsessa-pri-gistogrammnom-metode-opredeleniya-zakona-raspredeleniya-veroyatnosti?ysclid=lsew4wrvz5940366866>.

8. Неустроев, Е.П. Методы статистического анализа в медицине и биологии. Примеры и задания [Электронный ресурс] / Е.П. Неустроев, В.Н. Неустроева. – Якутск : Издательский дом СВФУ, 2021. – 1 электрон. опт. диск. ISBN 978-5-7513-3203-7.

9. Дискретный вариационный ряд и его характеристики : справочник. - URL: <https://reshator.com/sprav/algebra/10-11-klass/diskretnyj-variacionnyj-ryad-i-ego-harakteristiki/> (дата обращения: 02.02.2024).
10. Интерактивные электронные учебные пособия. Теоретический материал. -URL: <https://e-proffi.ru/index.php/тема-3-законы-распределения-случайных-величин/3-1-теоретический-материал> (дата обращения : 02.02.2024).
11. Louis M. Rea, Richard A. Parker. Designing and Conducting Survey Research: A Comprehensive Guide / Fourth Edition, Jossey-Bass, 2014. 355 p.
URL: https://eva.fic.udelar.edu.uy/pluginfile.php/31642/mod_resource/content/0/Louis%20M.%20Rea%2C%20Richard%20A.%20Parker-Designing%20and%20Conducting%20Survey%20Research%20A%20Comprehensive%20Guide-Jossey-Bass%20%282014%29.pdf .
12. Glen Cowan. Statistical Data Analysis / University of Siegen. Clarendon press • Oxford, 1998. 210 p. -URL: https://sherrytowers.com/cowan_statistical_data_analysis.pdf .
13. Introduction to linear regression analysis. Douglas c. Montgomery, Elizabeth A. Peck, G. Geoffrey Vining / Sixth Edition, Wiley, 2012. 670 p. –
URL: <https://download.e-bookshelf.de/download/0016/1251/04/L-G-0016125104-0051669710.pdf> .

УДК 622.867:[533.65.013.622:622.41]

БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК АВАРИЙНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

А.В. Агарков^{1,2}, А.Л. Кавера², Е.В. Курбацкий²,
И.И. Москвина², В.В. Захарова², А.В. Тасынич²

¹ ФГКУ «НИИ «Респиратор» МЧС России»,

г. Донецк

² ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,

г. Донецк

aleksander_agarkov@mail.ru^{1,2}, kavera@donntu.ru², donevk@mail.ru²,
iriwka-gt@inbox.ru², viksuta@mail.ru², tannet2004@mail.ru²

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований по использованию беспилотных летательных аппаратов в подземных условиях и предложены исходные требования к аппарату для дистанционной разведки горных выработок аварийных участков шахт при ведении горноспасательных работ.

Annotation. The results of experimental studies on the use of unmanned aerial vehicles in underground conditions are presented and initial requirements for the device for remote reconnaissance of mine workings in emergency areas of mines during mine rescue operations are proposed.

Ключевые слова: шахта; горноспасательная служба; беспилотные летательные аппараты; разведка аварийного участка дистанционным способом.

Keywords: mine; mine rescue service; unmanned aerial vehicles; remote reconnaissance of an emergency area.

Основные направления развития горноспасательной службы и приоритетные программы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ научных и проектных организаций в сфере горноспасательного дела в настоящее время посвящены разработке и внедрению в производственную деятельность инновационных робототехнических комплексов и беспилотных летательных аппаратов, которые позволят снизить до минимума риск травматизма и смертности среди горноспасателей, выполняющих аварийно-спасательные работы на различных горных предприятиях [1].

Угольная промышленность – одна из ключевых отраслей народного хозяйства России [2], однако при постоянном повышении уровня промышленной безопасности и противопожарной защиты в шахтах подземные аварии и аварийные ситуации имеют частый характер. Наиболее распространенные виды аварий в шахтах – пожары,

при ликвидации последствий которых возникают условия, опасные для жизни горноспасателей. Пожары в шахтах также могут осложняться взрывами газозвушной смеси и угольной пыли, основным поражающим фактором в данном случае является воздушная ударная волна, распространяющаяся по горным выработкам от центра взрыва со сверхзвуковой скоростью. При возникновении таких аварий в шахтах немедленная разведка горных выработок, поиск пострадавших и определение состава шахтной среды является одним из решающих факторов влияния на выбор мероприятий по дальнейшему ведению аварийно-спасательных работ.

При ведении разведки горноспасатели определяют:

- места возникновения и установления вида аварии, а также возможные направления ее распространения;
- количество застигнутых аварией людей, вероятные места их нахождения для оказания помощи и их спасения;
- состав шахтной среды (концентрации газов и температура воздуха) в горных выработках аварийного участка, состояние выработок и условия их проветривания.

При выполнении разведки горных выработок аварийного участка шахты, контроле состава шахтной среды, возведении изолирующих сооружений и проведении других видов горноспасательных работ известны случаи травмирования и гибели горноспасателей. Примерами тому могут послужить аварии на шахтах: «Распадская» (2010 г.), «им. А.Ф. Засядько» (2007 и 2015 гг.), «Северная» (2016 г.).

На основании вышеизложенного можно выделить актуальное научное направление, посвященное разработке новых и совершенствованию существующих способов и технических средств дистанционной разведки горных выработок аварийных участков угольных шахт горноспасательными подразделениями.

Решение данного вопроса основывается на двух вариантах путем:

- применения робототехнических комплексов на колесном или гусеничном ходу;
- использования беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА), которым можно управлять через тонкий оптоволоконный кабель или радиоканал.

Одним из интересных и перспективных вариантов решения научно-технической задачи может рассматриваться разработка специализированных беспилотных летательных аппаратов [3]. Поэтому было принято решение провести экспериментальные исследования по использованию БПЛА в условиях учебно-тренировочного полигона подземного типа ФГУП «ВГСЧ ДНР»

с целью оценки возможности проведения разведки аварийных участков в шахтах дистанционным способом.

В качестве БПЛА использовался стандартный DJI Phantom 1, оснащенный светодиодными индикаторами высокой чувствительности. Благодаря этим элементам он легко ориентируется в пространстве. Индикаторы расположены под каждым отдельно взятым ответвлением, на котором сверху есть пропеллеры. Крепление для камеры находится снизу БПЛА. Для управления БПЛА DJI Phantom 1 используется дистанционный пульт с радиусом действия до 1000 м. Разработчики предусмотрели несколько режимов управления, в том числе и возможность удерживания устройством заданной позиции в воздухе.

Задача эксперимента заключалась в проверке эксплуатационной способности БПЛА, дальности сигнала связи БПЛА с пультом дистанционного управления, проверка радиуса действия (дальности связи передатчика) в подземных условиях. При этом особый интерес вызывал вопрос: на каком расстоянии, и при каких обстоятельствах в подземных условиях связь БПЛА с пультом дистанционного управления будет потеряна.

На рис. 1 представлен маршрут испытаний БПЛА в условиях учебно-тренировочного полигона подземного типа. Маршрут испытаний БПЛА был следующим. После спуска наклонным стволом и перехода по сбойке к уклону, оператор с пультом дистанционного управления БПЛА остановился на позиции (1), указанной на рис. 1. Была проведена проверка, настройка и калибровка БПЛА. После включения БПЛА и запуска его в работу, второй участник испытаний проследовал по уклону вниз до позиции (2), держа постоянную связь с оператором и контролируя непрерывно диапазон работы БПЛА (радиус действия, дальность связи передатчика в подземных условиях). Дойдя до позиции (2), убедившись, что сигнал связи БПЛА с пультом управления не был потерян, БПЛА и камера функционируют, дальнейший маршрут предполагал переход по западному откаточному штреку в тупик до позиции (3). После достижения данной позиции, второй участник испытаний снова убедился, что сигнал связи передатчика не был потерян, БПЛА и камера функционируют. Вернувшись обратно до позиции (2) и связавшись с оператором, принято решение опробовать работоспособность БПЛА, добравшись до позиции (4) – в противоположную сторону до тупика. Результат показал работоспособность (эксплуатационную способность) БПЛА по данному маршруту, сигнал связи БПЛА (радиоканал) с пультом

управления в подземных условиях был стабилен, независимо от разности наклона и протяженности выработок.

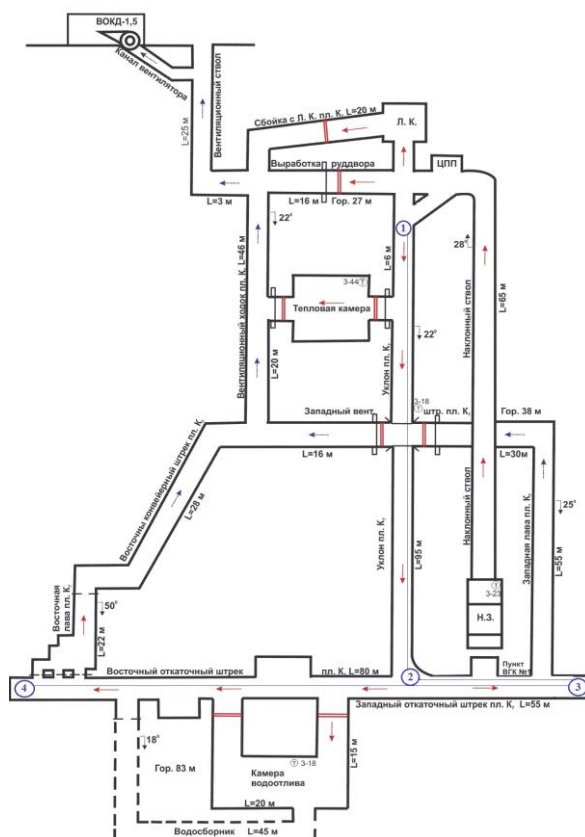


Рис. 1. Маршрут испытаний БПЛА в условиях учебно-тренировочного полигона подземного типа: 1, 2, 3, 4 – позиции маршрута

Таким образом, первичная оценка эксплуатационной способности БПЛА в подземных условиях подтвердила его работоспособность. Однако специализированный БПЛА для использования подразделениями горноспасательной службы, как вспомогательный инструмент при проведении поисковых и разведочных операций, должен быть оснащен, помимо камеры, датчиками температуры и концентраций газов, а также тепловизором, что позволит передавать видеосигнал и проводить анализ шахтной среды в горных выработках аварийных участков на наличие взрывоопасных концентраций, определять местонахождения пострадавших горняков. При этом БПЛА должен быть оснащен искро- и взрывозащищенным бесщеточным двигателем постоянного тока для надежной работы в опасных средах. Камера на БПЛА должна иметь функции разворота и наклона с целью обнаружения препятствий, завалов и пр.

Также следует отметить одно обстоятельство, отличающее

специализированный БПЛА для подземных условий от стандартного (обычного): оператор должен осматривать объекты на малом расстоянии от них. Это требует стабильной «неподвижности» БПЛА с хорошей дискретностью управления его угловым положением.

Помимо вышеизложенного, для предотвращения столкновений и повреждений винтов специализированный БПЛА для шахт должен быть оснащен «защитным корпусом», например, сферической ударопрочной защитной решеткой, с достаточным пределом прочности и высокими антикоррозионными свойствами (рис. 2а).

В условиях задымленности горных выработок аварийного участка шахты возможно использование видео устройства, которое позволяет обнаруживать сквозь довольно сильную задымленность и отсутствие света, людей и другие источники тепла, идентифицировать инфраструктурные объекты и предметы, выполнять запись видеоизображения в инфракрасном спектре, воспроизводить и передавать эти видеозаписи.

Актуальным направлением дальнейших исследований является апробация в условиях подземных горных выработок БПЛА, которым управляют через тонкий оптоволоконный кабель (рис. 2б), а не по радиоканалам. Оптоволокну необходимо использовать, чтобы преодолеть «уязвимость» БПЛА на радиоуправлении в условиях глубоких угольных шахт.



Рис. 2. Примеры БПЛА:
а – в защитном корпусе; б – управляемый через оптоволоконный кабель

Функционирование таких БПЛА основано на передаче данных через оптоволоконный кабель, который соединяет беспилотник со станцией оператора. Их постоянную связь поддерживает кабель, который разматывается с катушки. По отдельному кабелю также должно осуществляться непрерывное электропитание БПЛА.

Дополнительные исходные требования к шахтному БПЛА:

- максимальные габаритные размеры: $1,0 \times 1,0 \times 1,0$ м;
- минимальная длина оптоволоконного кабеля – 3000...5000 м;

- минимальное время полета – 120 мин;
- возможность повторного использования кабельной продукции;
- наличие защитного кожуха;
- сила тяги винтов БПЛА должны превышать ветровую нагрузку, образуемую потоком воздуха с температурой +25 °С и со скоростью 6 м/с;
- скорость полета должна регулироваться в пределах 0...6 м/с, а при малых скоростях – не более 1 м/с (с режимом зависания).

Выводы. Таким образом, для решения задачи дистанционной разведки аварийных участков шахт весьма эффективным способом может стать использование БПЛА в специальном защитном корпусе, искро- и взрывобезопасном исполнении, который должен быть оснащен камерой, датчиками температуры, газов, тепловизорами и др.

Внедрение данного оборудования – один из важных этапов повышения безопасности труда горноспасателей ФГУП «ВГСЧ» в угольных шахтах при ведении разведки аварийных участков дистанционным способом.

Перечень ссылок

1. Аксенов, В. В. Перспективы развития горноспасательного дела в России (доклад на VIII международной горноспасательной конференции IMRB-2017) / В. В. Аксенов // Уголь. – 2017. – № 11. – С. 20–23.
2. Агарков, А.В. Об аварийности в угольных шахтах и применении системы дистанционного контроля состава шахтной среды при проведении горноспасательных работ / А.В. Агарков // Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых: сб. науч. тр. по мат. междунар. науч.-практ. конф. – Донецк: ГОУВПО «ДОННТУ», 2019. – № 5. – С. 294-313.
3. Ким, М. Л. Автоматизированная информационная система горноспасательных частей на основе беспилотных летательных аппаратов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Ким Максим Ленсович. – Москва, 2018. – 115 с.

УДК 622.867.2:614.8

ОБ ОПЫТЕ ВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА МАЛЫХ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И В НЕОБСЛУЖИВАЕМЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ, ИМЕЮЩИХ ВЫХОДЫ НА ЗЕМНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

А.В. Агарков^{1,2}, А.Л. Кавера², А.В. Мавроди¹,
Р.А. Тишин^{1,2}, А.В. Тасынич², В.В. Веткина²

¹ ФГКУ «НИИ «Респиратор» МЧС России»,

г. Донецк

² ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,

г. Донецк

aleksander_agarkov@mail.ru^{1,2}, kavera@donntu.ru², mavrodi-av@mail.ru

¹, ra.tish@yandex.ru^{1,2}, tannet2004@mail.ru²,

vetkinaviktoria93@gmail.com²

Аннотация. Выполнен научно-технический анализ особенностей, условий и опыта ведения горноспасательных работ на малых угледобывающих предприятиях Донецкой Народной Республики (копанках, артелях), которые характеризуются высокой аварийностью и травматизмом, а также представляют собой необслуживаемые горные выработки, имеющие выходы на земную поверхность.

Annotation. A scientific and technical analysis was carried out of the characteristics, conditions and experience of mine rescue operations at small coal mining enterprises of the Donetsk People's Republic (kopanki, artels), which are characterized by a high accident rate and injury rate, and also represent unattended mine workings with exits to the earth's surface.

Ключевые слова: горная выработка; земная поверхность; горноспасательные работы.

Keywords: mine workings; earth's surface; mine rescue operations.

Заккрытие нерентабельных угольных шахт, расположенных на территории Донецкой Народной Республики (далее – ДНР), привело к появлению в границах горных отводов малых угледобывающих предприятий (копанок, артелей) по добыче угля подземным способом. Такие предприятия характеризуются низким уровнем безопасности, что зачастую приводит к авариям с человеческими жертвами, ликвидация которых требует привлечения специальных сил и средств [1, 2, 3].

Проблемой закрытых угольных шахт остаются провалы на поверхности, которые образуются в окрестности зоны деятельности малых угледобывающих предприятий, ликвидированных шурфов,

наклонных стволов и подземных выработок, расположенных на небольшой глубине.

Только на территории г. Донецка насчитывается свыше 1000 опасных мест, а практика показывает, что надежных способов предотвращения образования провалов пока не существует.

Пока ведутся поиски решения по устранению последствий проблем, возникающих от закрытия горных предприятий и образования провалов на земной поверхности, ответственность за обеспечение безопасности населения в условиях повышенного риска чрезвычайных ситуаций возлагается на горноспасательную службу.

В связи с этим разработка рекомендаций, регламентирующих ведение горноспасательных работ в необслуживаемых горных выработках, имеющих выходы на земную поверхность, является актуальной научно-технической задачей.

Согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ (с изменениями и дополнениями) предприятия, относящиеся к I классу опасности и осуществляющие добычу полезного ископаемого подземным способом, обязаны планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте [4, 5, 6].

Однако большинство малых угледобывающих предприятий не состоят на обслуживании подразделений ФГУП «Военизированная горноспасательная часть ДНР» (далее – ФГУП «ВГСЧ ДНР»), на таких предприятиях отсутствуют планы ликвидации аварий (далее – ПЛА).

При этом в случае возникновения аварии, на основании обращений органов местного самоуправления и по решению органов, осуществляющих управление деятельностью аварийно-спасательных служб, привлекают подразделения ФГУП «ВГСЧ ДНР» [2, 6].

Аварии на необслуживаемых объектах, как правило, происходят из-за низкой трудовой и производственной дисциплины, несоответствия крепления горных выработок, отсутствия проветривания и контроля газовой обстановки, неудовлетворительного технического состояния оборудования и механизмов, нередко сделанных из подручных средств.

В связи с тем, что аварийный объект не состоит на обслуживании ФГУП «ВГСЧ ДНР», горноспасатели не знают сети горных выработок, расположение вентиляционных устройств, техническое состояние используемого оборудования и др. Зачастую информацию о характере произошедшей аварии, расположении выработок

и количестве застигнутых аварией людей, узнают от очевидцев или коллег пострадавших. Однако такая информация, как правило, не соответствует действительному положению на аварийном участке. В таких случаях старшему командному составу необходимо оперативно разрабатывать превентивные мероприятия по спасению пострадавших, а также сохранению жизни и здоровья личного состава. Проведенный анализ аварийности и травматизма на малых угледобывающих предприятиях в период с 2020 по 2025 гг. позволил установить основные причины и условия возникновения аварий в необслуживаемых горных выработках шахт (рис. 1).

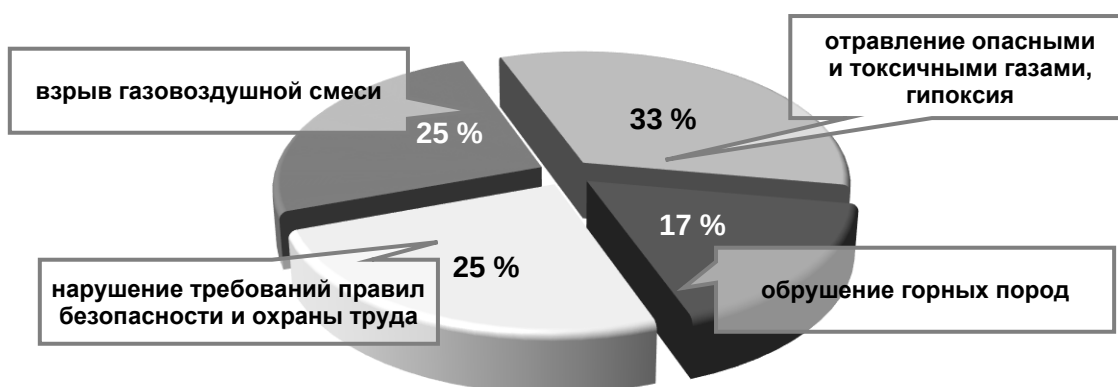


Рис. 1. Аварийность и травматизм на малых угледобывающих предприятиях ДНР в период с 2020 по 2025 гг.

Для примера рассмотрим одну из аварий, произошедшую 19.02.2020 г. на малом угледобывающем предприятии в г. Шахтерске (данное предприятие не состояло на обслуживании ФГУП «ВГСЧ ДНР», ПЛА отсутствовал). От диспетчера горноспасательной части поступила информация о том, что на поверхности у устья горной выработки находится пять человек с ожогами. К месту возникновения аварии прибыли два отделения и две реанимационно-противошоковые группы 2 военизированного горноспасательного отряда г. Торез. Установлено следующее: устье наклонной горной выработки пройдено квадратным сечением (шириной 2,2 м и высотой 2,2 м), угол наклона выработки составляет 17°...20°, с поверхности в выработку проложено два электрических кабеля, устойчивое проветривание в аварийной выработке отсутствует. Вход к устью наклонной выработки осуществлен через эстакаду, внутри которой смонтирована электрическая лебедка неустановленного образца. Электроэнергия на промышленной площадке отсутствует. Под эстакадой находится грузовой автомобиль, загруженный горной массой (рис. 2).

Протяженность наклонной горной выработки составляла 600 м. На расстоянии 600 м от устья наклонной выработки по левой стороне пройден разрез прямоугольным сечением (шириной 4,0 м и высотой 1,2 м), длиной 300 м с углом наклона 0° (рис. 3).

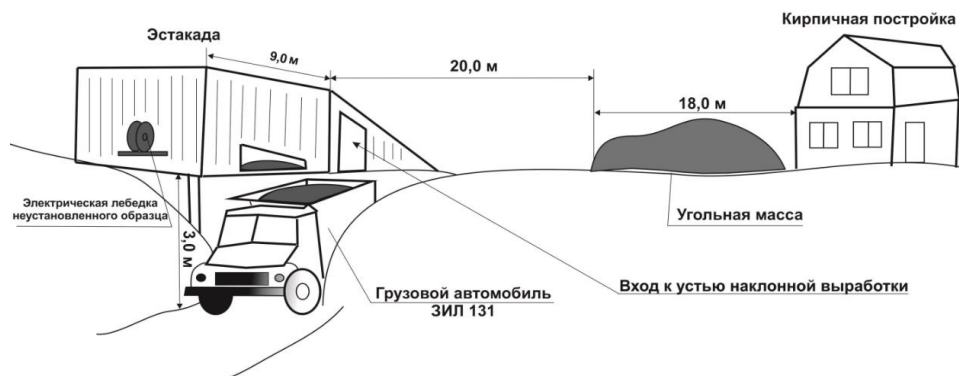


Рис. 2. Эскиз поверхностного комплекса копанки (артели)

Горноспасательному отделению была дана команда обследовать наклонную горную выработку ниже устья на 20 м, замерить расход воздуха и осуществить контроль газовой обстановки.

В ходе опроса работников предприятия было установлено, что на поверхность вышли все люди из аварийной выработки. На основании этого ведение разведки прекращено и завершены работы.

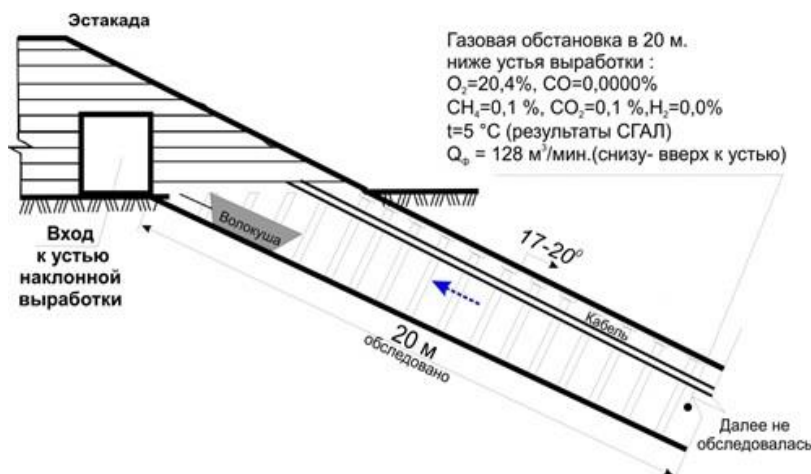


Рис. 3. Эскиз наклонной горной выработки копанки (артели)

В результате произошедшей аварии пять человек травмированы с различной степенью тяжести. Причиной аварии послужило воспламенение газозвушной смеси из-за несоблюдения требований правил безопасности и норм охраны труда.

На основании проведенных исследований установлены характерные особенности малых угледобывающих предприятий:

- низкий уровень производственной безопасности;
- удаленное расположение от стационарных источников энергии и транспортных коммуникаций;
- небольшая глубина разработки, отработка запасов в зоне газового выветривания пластов, что обуславливает небольшое газовыделение;
- малые (1,5...6 м²) поперечные сечения горных выработок;
- тупиковые схемы проветривания и отсутствие запасных выходов;
- отсутствие дополнительных выработок со свежими струями воздуха для выхода людей и передвижения горноспасателей к аварийному участку при авариях;
- неудовлетворительное проветривание подземных выработок, зачастую использование сжатого воздуха (от работы отбойных молотков) для проветривания рабочей зоны, что является одной из основных причин воспламенений (взрывов) газовоздушной смеси и отравлений рабочих.

Выводы. Таким образом, выполнен научно-технический анализ особенностей, условий и опыта ведения горноспасательных работ на малых угледобывающих предприятиях (копанках, артелях), которые характеризуются высокой аварийностью и травматизмом, а также представляют собой необслуживаемые горные выработки, имеющие выходы на земную поверхность. Это, в свою очередь, требует от горноспасателей индивидуального подхода, учитывающего особенности каждой конкретной аварии на таких объектах.

Перечень ссылок

1. Миронюк, С.М. Ликвидация шахт российского Донбасса и вопросы безопасного ведения горных работ / С.М. Миронюк // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2005. – № 11. – С. 174-177.
2. Галлер, А.А. Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело: учебное пособие / А.А. Галлер; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2021. – 154 с.
3. Кураков, Ю.И. Влияние закрытия шахт на окружающую среду шахтёрских городов и поселков / Ю.И. Кураков, В.Н. Кухтин, В.Г. Суворов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2004. – № 4. – С. 123-124.
4. Методические рекомендации по выбору методов оценки рисков чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах. – Донецк: НИИГД «Респиратор», 2021. – 32 с.
5. Иваненко, А.Ф. Оценка экологического риска при ликвидации и консервации угольных шахт ДНР / А.Ф. Иваненко, П.Е. Мухин // Научный вестник НИИГД Респиратор. – 2023. – № 1 (60). – С. 106-113.
6. Мажуховский, Э.И. Аварийно-спасательные и другие неотложные работы / Э.И. Мажуховский // Технологии гражданской безопасности. – 2006. – Т. 3, № 2 (10). – С. 88-92.

УДК 622.53:622.822.24

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДООТЛИВА ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ АВАРИЙНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ

А.В. Агарков^{1,2}, А.Л. Кавера², Д.А. Политучий¹,
Д.С. Буряк¹, В.В. Захарова², М.В. Бурка²

¹ ФГКУ «НИИ «Респиратор» МЧС России»,

г. Донецк

² ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,

г. Донецк

aleksander_agarkov@mail.ru^{1,2}, kavera@donntu.ru², poletuchi@mail.ru¹,
buryak_ds@mail.ru¹, viksuta@mail.ru², mishaburka51@mail.ru²

Аннотация. Проведены исследования совместной работы водоотлива и пожарно-оросительного трубопровода угольных шахт. Предложено использовать систему водоотлива для тушения пожаров в шахтах. Разработаны типовые схемы подачи воды на аварийный участок при ведении горноспасательных работ.

Annotation. Studies were conducted on the combined operation of coal mine drainage and fire-fighting sprinkler systems. A proposal was made to use the drainage system for extinguishing mine fires. Standard water supply schemes for emergency areas during mine rescue operations were developed.

Ключевые слова: угольная шахта; горноспасательная служба; аварийно-спасательные работы; пожары; тушение подземных пожаров; водоотлив.

Keywords: coal mine; mine rescue service; emergency rescue operations; fires; extinguishing underground fires; drainage.

Как известно, самым дешевым и доступным средством для тушения пожаров в настоящее время является вода. Питание противопожарного водоснабжения угольных шахт осуществляют от поверхностных пожарных резервуаров, которые, в свою очередь, зачастую заполняют от районных и городских водопроводов [1].

Тем не менее, несмотря на все преимущества использования воды для пожаротушения, на планете с каждым годом расширяется дефицит пресной воды, который усугубляется повсеместно из-за негативного антропогенного воздействия [2]. Существующая тенденция нуждается в поиске эффективных решений устойчивого обеспечения водоснабжения населения и производства, как на глобальном, так и на государственном отраслевом уровне.

В угольных шахтах вода используется как для производственных нужд, так и противопожарного водоснабжения. Однако в подземных

условиях шахтная вода несет опасность ввиду затопления горных выработок, что влечет за собой экономические потери и может угрожать работникам шахты в случае большого прорыва воды.

Угольные шахты зачастую имеют большие притоки подземных вод, которые могут быть использованы в качестве дополнительного источника противопожарного водоснабжения, либо полностью перекрыть потребности в обеспечении воды для пожаротушения.

Таким образом, использование шахтной воды решает несколько задач: снимает нагрузку с водоотливного комплекса по выдаче ее на поверхность, уменьшает использование пресной воды с поверхностных источников, обеспечивает запас пожарного водоснабжения непосредственно в горных выработках.

Возможность использования водосборников водоотливных установок горизонтов в качестве резерва пожарного запаса воды для подземного пожаротушения предусмотрено в требованиях [3]. Эти водосборники должны иметь постоянный контролируемый запас воды. Если запланировано использование насосов водоотливных установок для подачи воды в пожарно-оросительную сеть, их гидравлические характеристики должны соответствовать характеристике сети.

На практике использование шахтных вод вызывает затруднения по причине сложности подключения системы шахтного водоотлива к противопожарной сети. Попытки соединить эти две системы нередко приводят к аварии в одной из систем и к прекращению подачи воды.

Схемы подачи воды с использованием шахтного водоотлива возможны с использованием насосного оборудования. В зависимости от глубины, количества и протяженности разрабатываемых горизонтов в угольных шахтах необходимо применять безредукторные схемы или с одноступенчатым (многоступенчатым) редуцированием. Глубокие шахты имеют высокие давления воды в вертикальных и наклонных стволах и требуют применения редуциционных узлов. Однако при подаче воды на нижележащий горизонт, перепад между которыми до 200 м, возможно применение безредукционной схемы. Также при подаче воды насосами на вышележащий горизонт, при разнице высот близких к напорным характеристикам насосного оборудования, применима безредукционная схема.

При необходимости снижения давления требуется использование двух стационарных гидроредукторов, которые должны быть подключены по параллельной схеме работы, что позволяет выполнять профилактический или аварийный ремонт каждого редуктора без прекращения подачи воды. На участках трубопровода допускается установка одного гидроредуктора с обводной трубой и задвижкой

на ней, но только в том случае, если пропускная способность редуктора превышает нормативный расход на пожаротушение, проходящий по этому участку трубопровода при пожаре.

При использовании шахтного водоотлива на нужды пожаротушения необходимо предусматривать устройство стационарных узлов переключения, включающее составные части:

- устройства для защиты от гидравлического удара (обратные клапаны, обводные линии, гидравлические диоды);
- фильтры очистки воды от механических примесей;
- редуцирующие устройства;
- высоконапорная запорная и предохранительная арматура.

Технологические схемы очистки шахтных вод отличаются большим разнообразием. Выбор места расположения очистных сооружений зависит от величины водопритока, а также глубины расположения главного водоотлива. По мере снижения водопритока и увеличения глубины разработки пластов стоимость откачки воды значительно возрастает. Поэтому очистку шахтных вод с целью их дальнейшего использования для пожаротушения необходимо осуществлять непосредственно в шахте отстаиванием и фильтрованием от взвешенных частиц.

Предлагаются следующие схемы подачи воды на аварийный участок: подача воды от водоотлива по горизонту шахты с помощью насосов, расположенных на нем (рис. 1); подача воды от водоотлива на вышерасположенный горизонт (рис. 2); подача воды от водоотлива на нижерасположенный горизонт (рис. 3).

При обычной подаче воды на пожаротушение (рис. 1 – 3) задвижки 6 и 10 открыты, а 4, 5 и 7 закрыты. После использования фильтра для его промывки задвижки 5 и 7 открывают, а 6 и 11 закрывают, тем самым вода обратным ходом промывает фильтры и стекает в сливную емкость 9.

Выводы. Схемы подачи воды от шахтного водоотлива отличаются вариативностью. Выбор того или иного варианта должен быть определен исходя из горно-геологических условий, обеспечения нормативных значений давления и расхода в пожарных кранах и подтвержден гидравлическим расчетом.

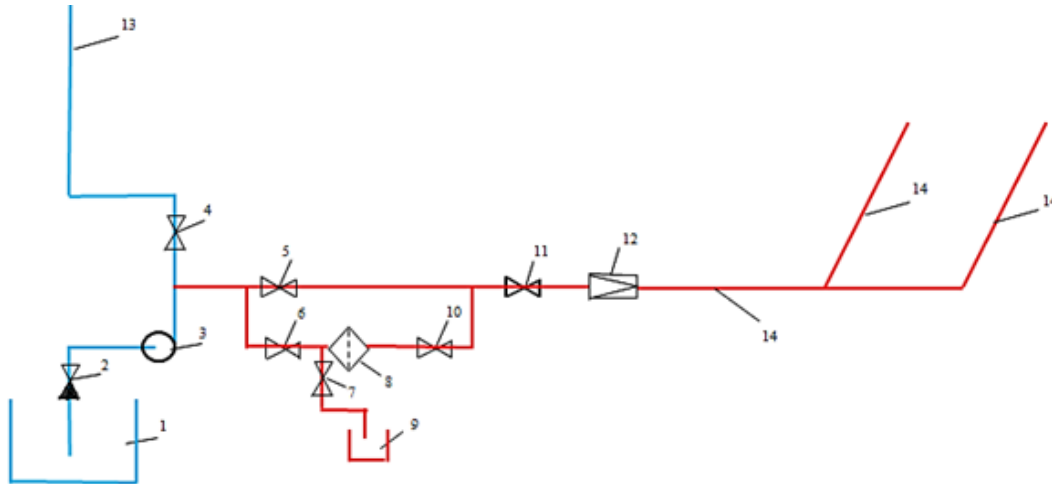


Рис. 1. Принципиальная схема подачи воды от водоотлива по горизонту шахты с помощью насосного оборудования: 1 – отстойник, 2 – обратный клапан, 3 – насос, 4, 5, 6, 7, 10, 11 – задвижка, 8 – фильтр, 9 – сливная емкость, 12 – редукционный клапан, 13 – водоотливный став, 14 – пожарно-оросительный трубопровод

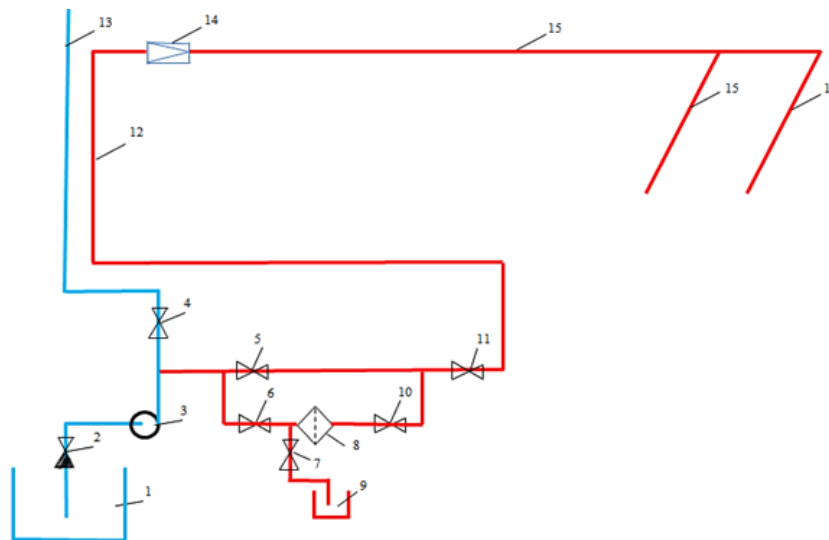


Рис. 2. Принципиальная схема подачи воды с использованием водоотлива на вышерасположенный горизонт: 1 – отстойник, 2 – обратный клапан, 3 – насос, 4, 5, 6, 7, 10, 11 – задвижка, 8 – фильтр, 9 – сливная емкость, 12 – пожарно-оросительный став на вышерасположенный горизонт, 13 – водоотливный став, 14 – редукционный клапан, 15 – пожарно-оросительный трубопровод

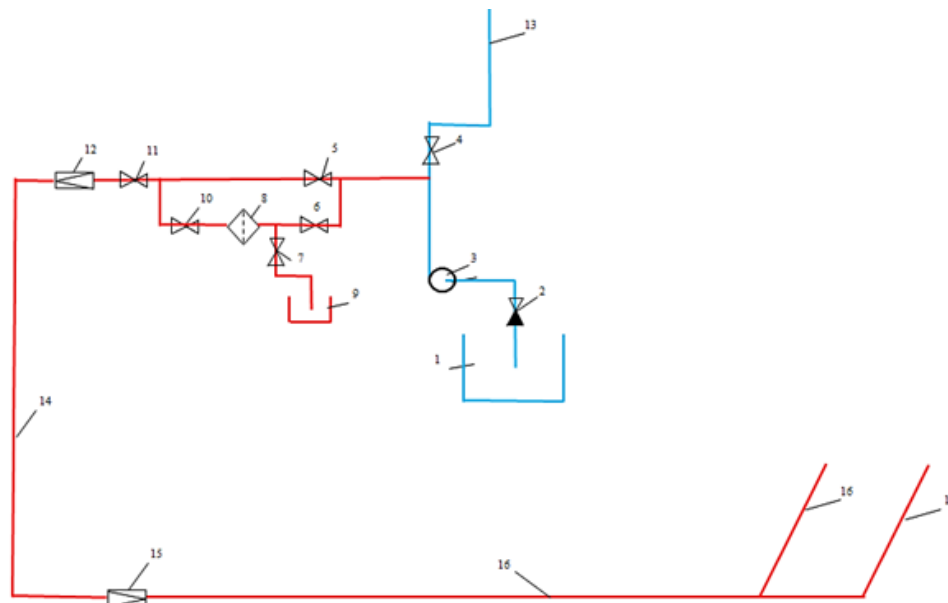


Рис. 3. Принципиальная схема подачи воды с использованием водоотлива на нижерасположенный горизонт: 1 – отстойник, 2 – обратный клапан, 3 – насос, 4, 5, 6, 7, 10, 11 – задвижка, 8 – фильтр, 9 – сливная емкость, 12, 15 – редукционный клапан, 13 – водоотливный став, 14 – пожарно-оросительный став на нижерасположенный горизонт, 16 – пожарно-оросительный трубопровод

Перечень ссылок

1. Руководство по составлению проектов противопожарной защиты рудных шахт: [утверждено Управлением горного надзора Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору 21.07.2004 г.] – М., 2004. – 172 с.
2. Гусев, Н.Н. Эколого-экономическая оценка вовлечения шахтных вод в хозяйственный оборот / Н.Н. Гусев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 7. – С. 245-248.
3. Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых: [утверждены приказом федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 08.12.2020 № 505] – М., 2021. – 269 с.

УДК 622.867.1:614.842.862

НОВАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ШТАТНОЙ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТНИКОВ ВОЕНИЗИРОВАННОЙ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

А.В. Агарков^{1,2}, А.В. Мавроди¹, А.А. Всякий¹,
А.Л. Кавера², В.Ф. Формос², А.П. Коробов²

¹ ФГКУ «НИИ «Респиратор» МЧС России»,
г. Донецк

² ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк

aleksander_agarkov@mail.ru^{1,2}, mavrodi-av@mail.ru¹,
sentyabr.eger@inbox.ru¹, kavera@donntu.ru², vformos110@mail.ru²,
korobov871@mail.ru²

Аннотация. Предложена методика расчета оптимальной штатной численности оперативной и оперативно-медицинской служб военизированной горноспасательной части Донецкой Народной Республики, которая может стать основой нового нормативного правового акта кадровой службы ФГКУ «ВГСЧ ДНР».

Annotation. A methodology for calculating the optimal staffing levels for the operational and operational-medical services of the paramilitary mine rescue unit of the Donetsk People's Republic has been proposed, which could form the basis for a new regulatory legal act for the personnel service of the Federal State Budgetary Institution "Mine Rescue Unit of the DPR".

Ключевые слова: горноспасательная служба; оптимальная штатная численность; оперативная и оперативно-медицинская службы; методика расчета.

Keywords: mine-rescue service; optimum manpower number; operational and operational-medical service; methodology for calculating.

При пересмотре структуры военизированной горноспасательной части Донецкой Народной Республики (далее – ДНР) с целью приведения штатной численности к оптимальным значениям для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на горных предприятиях актуальность приобретает разработка методики расчета численности работников оперативной и оперативно-медицинской служб.

В ходе анализа нормативных правовых актов Российской Федерации, регламентирующих порядок определения необходимого количества горноспасательных подразделений для обслуживания промышленных объектов [1; 2], было установлено, что:

– критерии дислокации взводов горноспасательной службы Российской Федерации существенно отличаются от условий дислокации горноспасательных подразделений ДНР;

– расчет количества отделений выполняют с учетом аварийности на обслуживаемых объектах за последние 10 лет, среднегодовой нагрузки на отделение по объему выполнения работ, а также удаленности объектов от подразделений соседних отрядов.

В связи с неравномерным распределением нагрузки на горноспасательные подразделения, одним из решений для условий ДНР может стать разделение ее территории на агломерации [3].

Цель настоящего исследования – разработка методики расчета штатной численности оперативной и оперативно-медицинской служб.

Определение штатной (списочной) численности работников горноспасательных подразделений, которая позволяет круглосуточно, эффективно и качественно выполнять конкретную работу с условием обеспечения режимов труда и отдыха, необходимо осуществлять по каждой должности и профессии отдельно, исходя из явочной численности работников с учетом коэффициента списочного состава:

$$Ч_{ш} = Ч_{я} \cdot K_{сп}, \quad (1)$$

где $Ч_{ш}$ – штатная (списочная) численность работников, чел.;

$Ч_{я}$ – явочная численность работников, чел.;

$K_{сп}$ – коэффициент списочного состава.

Определение явочной численности работников при организации круглосуточного дежурства предлагаем рассчитывать по формуле

$$Ч_{я} = \frac{H_{ф} \cdot C}{H_{р}} Ч_{с}, \quad (2)$$

где $H_{ф}$ – номинальный фонд рабочего времени (при круглосуточном дежурстве равен количеству календарных дней в году), дн.;

C – количество часов в сутки, 24 ч;

$H_{р}$ – норма продолжительности рабочего времени на год в часах при 40-часовой рабочей неделе, ч;

$Ч_{с}$ – количество работников в одну смену, чел.

Коэффициент списочного состава $K_{сп}$ следует определять как

$$K_{сп} = \frac{\Phi_{н}}{\Phi_{р}}, \quad (3)$$

где $\Phi_{н}$ – номинальный фонд рабочего времени, равный количеству рабочих дней в году, дн.;

Φ_p – планируемое количество рабочих дней для отдельной должности, которое определяют количеством рабочих дней в году, дн.

Расчет количества отделений при обслуживании одной агломерации следует выполнять для первоначального момента ликвидации аварии в соответствии с планами мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на обслуживаемых объектах (продолжительностью до 6 ч). При этом среднее количество отделений на один обслуживаемый объект в пределах одной агломерации предлагаем рассчитывать по формуле

$$N_{\text{ср.отд}} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{K_{\text{объект}}}, \quad (4)$$

где $N_{\text{ср.отд}}$ – среднее количество отделений на один обслуживаемый объект в пределах одной агломерации, ед.;

N_i – количество отделений при вызове на аварию в первоначальный момент, которое зависит от группы опасности обслуживаемых объектов, ед.;

$K_{\text{объект}}$ – суммарное количество обслуживаемых объектов, которые расположены в пределах одной агломерации, ед.

Общее количество отделений для выполнения аварийно-спасательных работ с учетом круглосуточного дежурства при явочной численности работников необходимо рассчитывать по формуле:

$$N_{\text{деж}} = N_{\text{ср.отд}} \cdot N_{\text{смен}}, \quad (5)$$

где $N_{\text{деж}}$ – общее количество отделений для выполнения аварийно-спасательных работ с учетом круглосуточного дежурства, ед.;

$N_{\text{смен}}$ – количество смен, необходимых для круглосуточного дежурства отделений (следует принимать равным 4-м сменам), ед.

Основное количество отделений для выполнения аварийно-спасательных работ с учетом круглосуточного дежурства при штатной (списочной) численности работников необходимо рассчитывать как

$$N_{\text{шт}} = N_{\text{деж}} \cdot \text{Ч}_{\text{я.от}} \cdot K_{\text{сп}}, \quad (6)$$

где $N_{\text{шт}}$ – штатная численность работников отделений, ед.;

$\text{Ч}_{\text{я.от}}$ – явочная численность работников в одном отделении (один командир отделения и пять респираторщиков), ед.

Количество отделений для выполнения аварийно-спасательных работ на обслуживаемых объектах с учетом круглосуточного дежурства необходимо рассчитывать следующим образом:

$$N_{\text{осн}} = \frac{N_{\text{шт}}}{\text{Ч}_{\text{ш.от}}}, \quad (7)$$

где $N_{\text{осн}}$ – основное количество отделений для выполнения аварийно-спасательных работ на обслуживаемых объектах, ед.;

$\text{Ч}_{\text{ш.от}}$ – численность работников в одном отделении для выполнения аварийно-спасательных работ (один командир отделения и пять респираторщиков), ед.

На современном этапе немаловажен расчет среднего количества отделений для выполнения дополнительных работ в пределах одной агломерации, который предлагаем осуществлять по формуле

$$N_{\text{доп}} = \frac{N_{\text{сумм}}}{N_{\text{вызов}}} + \left(\frac{\text{Ч}_{\text{др}}}{\text{Ч}_{\text{ш.от}}} / L \right), \quad (8)$$

где $N_{\text{доп}}$ – среднее количество отделений для выполнения дополнительных работ в пределах одной агломерации, ед.;

$N_{\text{сумм}}$ – суммарное количество отделений, задействованных на выполнение дополнительных работ, ед.;

$N_{\text{вызов}}$ – общее количество вызовов на выполнение дополнительных работ, ед.;

$\text{Ч}_{\text{др}}$ – численность работников (водитель автомобиля, заместитель командира отряда, помощник командира отряда, командир взвода, помощник командира взвода), участвующих в выполнении дополнительных работ, ед.;

L – количество лет, ед.

Примечание: значения коэффициентов следует определять согласно учету вызовов за последние 5 лет в пределах агломерации.

Общее количество отделений для выполнения аварийно-спасательных и дополнительных работ, а также для задействования специализированной горноспасательной техники в пределах одной агломерации следует рассчитывать по формуле

$$N_{\text{общ}} = N_{\text{осн}} + N_{\text{доп}} + N_{\text{спец}}, \quad (9)$$

где $N_{\text{общ}}$ – количество отделений для выполнения аварийно-

спасательных и дополнительных работ в пределах агломерации, ед.;

$N_{\text{спец}}$ – количество отделений для обслуживания специализированной горноспасательной техники, ед. При наличии специализированной техники количество отделений равно 1 ед.

Общее количество взводов для обслуживания объектов в пределах одной агломерации следует рассчитывать по формуле

$$N_{\text{взв}} = \frac{N_{\text{общ}}}{N_{\text{отд}}}, \quad (10)$$

где $N_{\text{взв}}$ – общее количество взводов для обслуживания объектов в пределах одной агломерации, ед.;

$N_{\text{отд}}$ – минимальное количество отделений в одном взводе – 6 ед.

Выводы. Предложенная методика расчета оптимальной штатной численности оперативной и оперативно-медицинской служб ФГКУ «ВГСЧ ДНР» отличается от существующих [1; 2] тем, что учитывает оптимальную численность работников, поддержание постоянной круглосуточной готовности к немедленному выезду необходимого количества отделений и лиц командного состава на обслуживаемые объекты для спасения людей и ликвидации последствий аварий, соблюдение для каждого работника месячной нормы рабочего времени, а также соблюдение в аварийный и межаварийный периоды режимов труда и отдыха.

Перечень ссылок

1. Российская Федерация. Постановления. Об утверждении Положения о профессиональных аварийно-спасательных службах, профессиональных аварийно-спасательных формированиях, выполняющих горноспасательные работы, и Правил расчета стоимости обслуживания объектов ведения горных работ профессиональными аварийно-спасательными службами, профессиональными аварийно-спасательными формированиями, выполняющими горноспасательные работы: Постановление Правительства Российской Федерации от 27.04.2018 № 517 // КонсультантПлюс: сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_297183/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b / (дата обращения: 24.11.2025).

2. Российская Федерация. Об утверждении Нормативов организации военизированных горноспасательных частей, находящихся в ведении Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: Приказ МЧС России от 29.11.2012 № 707 // Гарант: сайт. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70231448/> (дата обращения: 24.11.2025).

3. Гвоздева, М.А. Подходы к определению агломерации / М.А. Гвоздева, М.В. Казакова, Е.А. Поспелова // Российское предпринимательство: науч.-практ. журн. – 2016. – Т. 17. – № 24. – С. 3505-3514.

УДК 622.457.36:622.831.322

ПРОВЕТРИВАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК
АВАРИЙНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ
ПОСЛЕ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЯ, ПОРОДЫ И ГАЗА

А.Л. Кавера¹, А.В. Агарков^{1,2}, Е.В. Курбацкий¹,
Е.Б. Николаев¹, Р.А. Тишин^{1,2}, Н.С. Заремба¹

¹ ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк

² ФГКУ «НИИ «Респиратор» МЧС России»,
г. Донецк

kavera@donntu.ru¹, aleksander_agarkov@mail.ru^{1,2}, donevk@mail.ru¹,
evgen911@inbox.ru¹, ra.tish@yandex.ru^{1,2},
nikitazaremba547@gmail.com¹

Аннотация. Даны рекомендации по проветриванию горных выработок аварийных участков шахт после внезапных выбросов угля, породы и газа. Предложены методы и средства увеличения расхода воздуха для разгазирования выработок. Представлен метод выбора (определения) вариантов проветривания аварийных участков исходя из расчета на компьютерной модели вентиляционной сети шахты.

Annotation. Recommendations are provided for ventilation of mine workings in emergency areas following sudden coal, rock, and gas outbursts. Methods and means for increasing air flow for degassing the workings are proposed. A method for selecting (determining) ventilation options for emergency areas based on calculations using a computer model of the mine ventilation network is presented.

Ключевые слова: шахта; аварийный участок; внезапные выбросы угля, породы и газа; аварийные режимы проветривания.

Keywords: mine; emergency area; sudden outbursts of coal, rock and gas; emergency ventilation modes.

Внезапные выбросы – одна из опасных и сложных аварий в угольных шахтах, в результате которых угольная отрасль несет убытки, и имеют место человеческие жертвы. В основном это обусловлено физическим травмированием людей выброшенной горной массой и нарушением проветривания выработок, формированием в них взрывоопасной и непригодной для дыхания среды не только в период выброса, но и после него [1].

Согласно статистическому анализу аварий и аварийных ситуаций с 2000 по 2025 гг., на угольных шахтах Донбасса произошло 2120 аварий и аварийных ситуаций, среди них 46 внезапных выбросов (в среднем, 2 внезапных выброса в год) [2].

Ведение горноспасательных работ в загазованных выработках сопряжено с возможностью взрыва газовоздушной смеси и асфиксии

людей. Поэтому исследования, посвященные обеспечению безопасности при ликвидации последствий выбросов, а также смежным вопросам горноспасательных работ, являются актуальными.

На основании выполненного анализа установлено, что фактически в горные выработки действующих шахт Донбасса, разрабатывающих выбросоопасные пласты, подается расчетное и выше расчетного количество воздуха, коэффициент обеспеченности колеблется в широких пределах и в среднем составляет 1,33, то есть на действующих шахтах уже имеются фактические резервы воздуха, которые могут быть использованы для проветривания и дополнительной подачи воздуха на аварийный участок.

Среди факторов, влияющих на проветривание выработок после выбросов, которые происходят на выемочных участках и в подготовительных выработках, следует отметить увеличение аэродинамического сопротивления выработок за счет уменьшения их сечений выброшенной горной массой, выделение дополнительного объема метана, который создает динамический и гравитационный напоры, нарушение режима проветривания участка и др.

На рис. 1 представлены примеры заполнения продуктами выброса поперечного сечения выработок при внезапном выбросе и сплошной системе разработки, при которой происходит наибольшее количество выбросов.

Установлено, что обеспечение подачи необходимого количества воздуха на аварийный участок после внезапного выброса может быть достигнуто путем:

- раскрытия на аварийном участке регуляторов расхода воздуха (при их наличии);
- использования вентиляторов местного проветривания с трубопроводами;
- снижения подачи воздуха на второстепенные объекты;
- использования фактических внутренних резервов воздуха на других объектах вентиляционной сети;
- перевода режима работы работающего вентилятора главного проветривания на более высокую аэродинамическую характеристику;
- использования шахтной пневмосети (для местного проветривания и обеспечения дыхания работников шахты, застигнутых на аварийном участке);
- ликвидации завалов в аварийных выработках, уборки выброшенной горной массы, проведения выработок небольшого сечения для поиска пострадавших и усиления проветривания за счет общешахтной депрессии;
- комбинации вышеперечисленных способов.

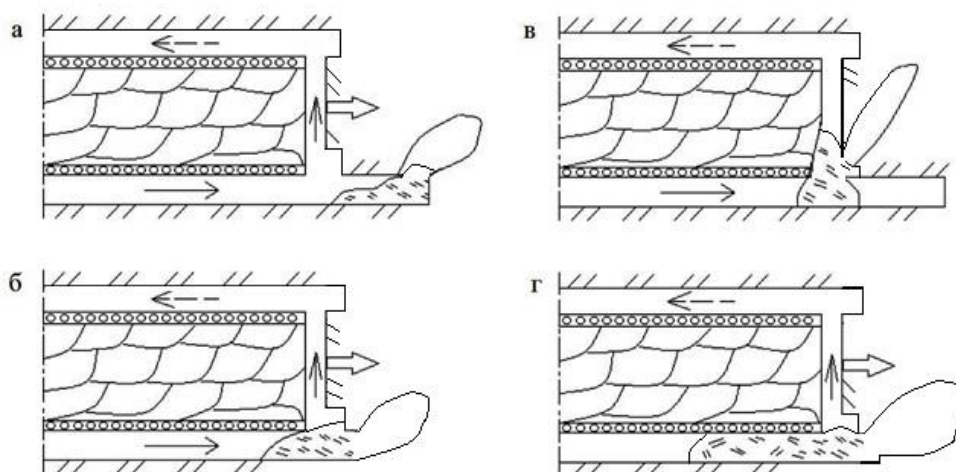


Рис. 1. Примеры сплошной системы разработки с различной степенью заполнения продуктами выброса поперечного сечения выработок после внезапного выброса угля, породы и газа:
а – при выбросе в конвейерном (откаточном) штреке и значительном опережении забоя тупиковой выработки; б – при выбросе в конвейерном (откаточном) штреке и опережении забоя тупиковой выработки до 6 м; в – при выбросе в очистном забое; г – при мощном выбросе в конвейерном (откаточном) штреке

Выбор вариантов проветривания аварийных участков на современном этапе следует осуществлять исходя из расчета вентиляционной сети с использованием компьютерных моделей. В качестве примера на основе модели вентиляционной сети Филиала «Шахта имени А.А. Скочинского» ГУП ДНР «ДУЭК» выполнен расчет воздухо- и газораспределения на условно аварийном участке 3-й восточной лавы уклонного поля центральной панели при моделировании внезапного выброса в нижней нише. Результаты расчета вентиляционной сети условно аварийного участка на компьютерной модели представлены на рис. 2: нормальный режим (а), при перекрытии поперечного сечения выработки выброшенной горной массой на 50 (б).

При расчете на компьютерной модели должны учитываться такие параметры, как длина выработок, процент уменьшения поперечного сечения выработок выброшенной горной массой, расход воздуха по аварийному участку, температура и концентрации метана (начальные и фактические значения) в выработках.

Использование компьютерных моделей шахтных вентиляционных сетей и проведение соответствующих расчетов позволяют выполнять более достоверное прогнозирование воздухо- и газораспределения на аварийном участке шахты при различных объемах выброшенной

горной массы и разрабатывать соответствующие мероприятия по ведению аварийно-спасательных работ.

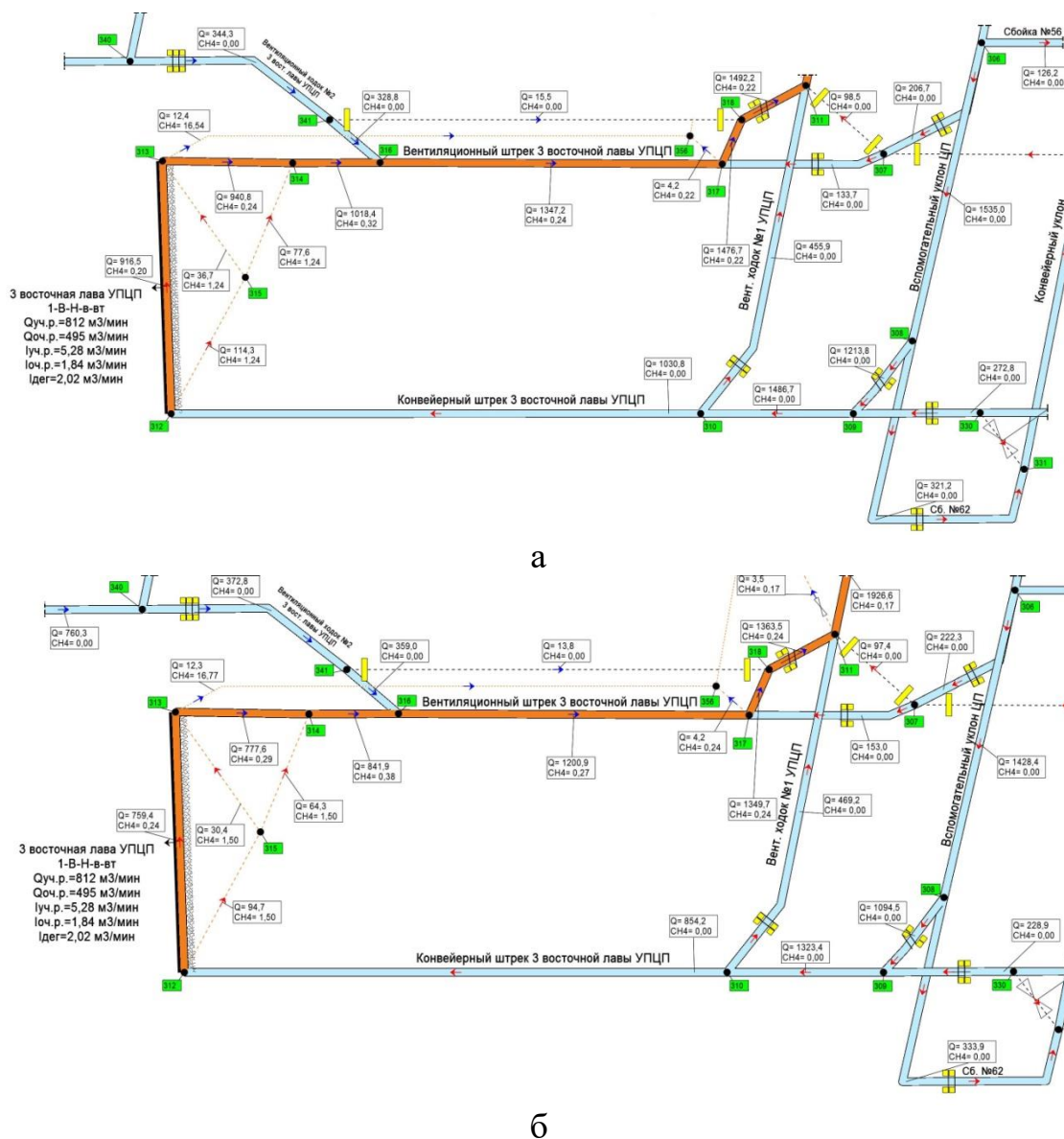


Рис. 2. Результаты расчета воздухо- и газораспределения на компьютерной модели вентиляционной сети условно аварийного участка Филиала «Шахта имени А.А. Скочинского» ГУП ДНР «ДУЭК»:

- а – воздухо- и газораспределение по участку в нормальном режиме;
- б – воздухо- и газораспределение по участку при перекрытии выброшенной горной массой на 50 % поперечного сечения выработки

Выводы. Таким образом, даны рекомендации по проветриванию горных выработок аварийных участков шахт после внезапных выбросов угля, породы и газа. Предложены методы и средства увеличения расхода воздуха для разгазирования выработок. Представлен метод выбора (определения) вариантов

проветривания аварийных участков исходя из расчета на компьютерной модели вентиляционной сети шахты.

Перечень ссылок

1. Агеев, В.Г. Газовыделение из отторженного от массива угля и формирование взрывоопасных зон при внезапных выбросах угля и газа в тупиковых горных выработках // В.Г. Агеев, С.П. Греков, И.Н. Зинченко // Проблемы горного производства: сб. / Институт физики горных процессов НАН. – Донецк, 2013. – № 13. – С. 126-132.

2. Симонов, А.М. Обеспечение безопасности ведения аварийно-спасательных работ в шахтах после внезапных выбросов / А.М. Симонов, Н.В. Карнаух [и др.] // Научный вестник НИИГД «Респиратор»: журн. / НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2022. – № 2(59). – С. 82-93.

УДК 622.865:622.42

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ШАХТЕРОВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕДЕНИЯ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ПОЖАРАХ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

А.Л. Кавера¹, А.В. Агарков^{1,2}, А.В. Мавроди²,
А.Н. Чован², В.В. Яйло¹, М.Г. Шадрина¹

¹ ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк

² ФГКУ «НИИ «Респиратор» МЧС России»,
г. Донецк

kavera@donntu.ru¹, aleksander_agarkov@mail.ru^{1,2},
mavrodi-av@mail.ru², yailo.v.v@mail.ru¹, mari.shadrina.20044@mail.ru¹

Аннотация. Представлены новые подходы к повышению безопасности ведения горноспасательных работ. Даны рекомендации по составлению отдельных позиций планов ликвидации аварий в горных выработках, проветриваемых за счет общешахтной депрессии и не имеющих запасного выхода, при экзогенных пожарах.

Abstract. New approaches to improving the safety of mine rescue operations are presented. Recommendations are provided for drafting specific sections of emergency response plans for mine workings ventilated by a general depression and lacking an emergency exit during exogenous fires.

Ключевые слова: шахта; горная выработка; аварийно-спасательные работы; запасной выход; камера спасательная; безопасность труда.

Keywords: mine; mine workings; emergency rescue operations; emergency exit; rescue chamber; occupational safety.

На сегодняшний день на большинстве угольных предприятий Донецкой Народной Республики отсутствует возможность для поддержания и организации обустройства запасных выходов из подземных горных выработок. Как правило, в данных выработках работают горнорабочие в малом количестве. Они выполняют разного рода технические мероприятия по поддержанию горного предприятия (водоотлив, погашение выработок, демонтаж оборудования и др.).

Одними из наиболее опасных аварий на угольных шахтах являются пожары, которые в среднем составляют около 45 % от общего количества подземных аварий, произошедших на шахтах за последние 10 лет. Согласно официальным данным об аварийности в шахтах, свыше 95 % всех случаев гибели людей при подземных пожарах связаны с изменением состава шахтной среды и распространением по сети горных выработок пожарных газов [1].

При возникновении пожара в действующих выработках должна быть обеспечена эвакуация работников шахты на поверхность или в выработки со свежей струей воздуха согласно Планам ликвидации аварий (далее – ПЛА). Данное требование может быть реализовано исключительно при наличии запасных выходов, рабочих средств проветривания и вентиляционных сооружений, что в условиях шахт, закрывающихся или работающих в режиме сухой консервации, практически не выполняется, а это, в свою очередь, осложняет эвакуацию людей и ведение горноспасательных работ при авариях.

Действия горноспасателей при возникновении подземных аварий осуществляются в строгом соответствии с ПЛА. При этом меры, направленные на спасение людей из вышеуказанных выработок, в действующих нормативных документах не указаны.

Поэтому разработка рекомендаций, позволяющих повысить безопасность работников шахт при экзогенных пожарах, является актуальной научно-практической задачей.

В настоящее время на шахтах внедрена многоступенчатая система самоспасения горняков, которая предусматривает применение индивидуальных и коллективных средств, а также способов защиты работников от отравления пожарными газами. Обязательным условием для спасения людей в случае превышения времени передвижения в непригодной для дыхания шахтной среде, необходимо монтировать пункты переключения в резервные самоспасатели (далее – ППС) или пункты коллективного спасения персонала шахт (далее – ПКС).

Использование ППС – одно из эффективных мер при передвижении людей по задымленным горным выработкам и малоэффективно при отсутствии выхода (безопасного). Это связано с большой протяженностью горных выработок, обязывающих горные предприятия оборудовать ПКС в качестве дополнительного средства самоспасения людей или обустраивать камеры-убежища [2].

На территории России среди угледобывающих регионов первый ПКС (КЖУФ-96/10) получил внедрение в Кузбассе (рис. 1) на шахте им. В.Д. Ялевского АО «СУЭК-Кузбасс», после аварии, произошедшей в 2010 году на шахте «Распадская» (г. Междуреченск), когда погиб 91 горняк [3, 4].

Однако применение таких модульных ПКС в условиях закрывающихся шахт или работающих в режиме сухой консервации, экономически нецелесообразно. Поэтому для повышения безопасности работников, находящихся в выработках, не имеющих запасного выхода и проветриваемых за счет общешахтной депрессии, например, при

экзогенных пожарах, предлагаются следующие рекомендации при составлении отдельных позиций ПЛА:



Рис. 1. Пункт коллективного спасения персонала KJYF-96/10

– при экзогенном пожаре (задымлении) в горных выработках, прилегающих к аварийной выработке, не имеющей запасного выхода, рекомендуется передвижение работников навстречу движению вентиляционной струи с целью выхода из аварийного участка, при условии, что температура позволяет пройти опасный участок;

– с целью снижения скорости распространения очага пожара и возможности ведения горноспасательных работ по спасению людей, рекомендуется выполнять мероприятия, направленные на сокращение расхода воздуха в выработке. Наиболее эффективным является установка регуляторов расхода воздуха («аэродинамического сопротивления»). Целесообразность применения такого способа определяется при компьютерном моделировании вентиляционной сети шахты;

– в местах, определенных главным инженером шахты, необходимо установить аншлаги (таблички) с наименованиями выработок, указатели с направлениями движения работников, различные знаки безопасности и сигнальные устройства из специального материала (например, светоотражающего);

– в качестве временного укрытия работников шахт предлагается устройство стационарной спасательной камеры (ниши), которая представлена на рис. 2. В данной камере необходимо предусмотреть специальные средства проветривания, отводы от трубопроводов сжатого воздуха (при наличии сжатого воздуха), дополнительные изолирующие средства защиты органов дыхания, средства медицинской помощи, связь (телефонную), а также запас еды и воды. Герметизация камеры должна быть эффективной, чтобы исключить возможность попадания внутрь пожарных газов.

При повреждении телефонной связи или при отсутствии информации о месте возникновения очага пожара, работникам необходимо включиться в самоспасатели и направиться в спасательную камеру с целью ожидания прибытия отделений горноспасателей.

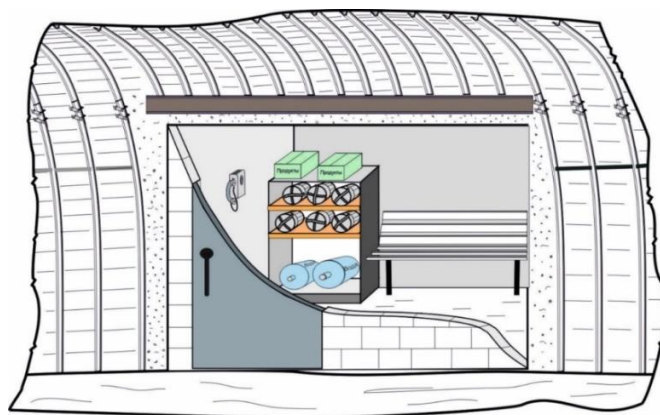


Рис. 2. Стационарная спасательная камера (ниша)

Выводы. Таким образом, представлены новые подходы к повышению безопасности ведения горноспасательных работ. Даны рекомендации по составлению отдельных позиций планов ликвидации аварий в горных выработках, проветриваемых за счет общешахтной депрессии и не имеющих запасного выхода, при экзогенных пожарах.

Перечень ссылок

1. Пашковский, П.С. Проветривание шахт при подземных пожарах / П.С. Пашковский, В.И. Лебедев. – Донецк: «Арпи», 2012. – 448 с.
2. Ильинский, Э.Г. Требования к оборудованию и размещению камер-убежищ в горной выработке / Э.Г. Ильинский, Е.И. Конопелько, В.К. Овчаров // Пути повышения безопасности горных работ в угольной отрасли: сборник тезисов докладов 11-й Международной научно-практической конференции. – Макеевка, 2007. – С. 65-67.
3. Черепов, А.А. Концепция создания пунктов коллективного спасения персонала при аварийной ситуации / А.А. Черепов [и др.] // **Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности:** научно-технический журнал. – 2015. – № (2). – С. 6-15.
4. Апальков, А.С. Безопасность шахтеров в аварийных условиях угольных шахт / А.С. Апальков, А.С. Голик, В.А. Зуборева // **Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности:** научно-технический журнал. – 2011. – № (2). – С. 81-83.

УДК 622.73 (075.8)

ОСНОВНЫЕ КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК

В.Г. Самойлик, Л.Д. Чалый
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
samoylik@donntu.ru

Аннотация. В работе приведен анализ основных технологических особенностей переработки апатитовых руд Хибинской группы месторождений. Описаны схемы обогащения апатит-нефелиновых руд и переработки хвостов апатитового производства с целью дополнительного выделения из них нефелинового концентрата.

Abstract. This paper analyzes the key technological features of apatite ore processing at the Khibiny deposits. It describes the beneficiation processes for apatite-nepheline ores and the processing of apatite production tailings for the purpose of extracting nepheline concentrate.

Ключевые слова: фосфор, апатиты, флотация, магнитная сепарация, нефелиновый концентрат.

Keywords: phosphorus, apatite, flotation, magnetic separation, nepheline concentrate.

Щековые дробилки применяют для крупного и среднего дробления различных материалов во многих отраслях народного хозяйства, в основном в горнорудной промышленности и промышленности строительных материалов.

Принцип работы щековой дробилки заключается в следующем. В камеру дробления, имеющую форму клина и образованную двумя щеками, из которых одна в большинстве случаев является неподвижной, а другая – подвижной, подаётся материал, подлежащий дроблению. Благодаря клинообразной форме камеры дробления, куски материала располагаются по высоте камеры в зависимости от их крупности: более крупные – сверху, менее крупные – внизу. Подвижная щека периодически приближается к неподвижной, причём при сближении щёк (ход сжатия) куски материала дробятся, при отходе подвижной щеки (холостой ход) куски материала продвигаются вниз под действием силы тяжести, выходя из камеры дробления, если их размеры стали меньше наиболее узкой части камеры, называемой выходной щелью, или занимают новое положение, соответствующее своему новому размеру. Затем цикл повторяется.

Качательные движения подвижной щеки создаются вращающимся эксцентриковым валом через передаточный механизм.

Характер движения щеки зависит от кинематических особенностей механизма щековых дробилок. За время применения этих дробилок для переработки различных материалов было предложено и осуществлено большое количество самых разнообразных кинематических схем механизма щековых дробилок [1].

Щековые дробилки разделяются на два основных кинематических класса: с простым ЩДП и сложным ЩДС движением подвижной щеки.

Дробилки с простым движением подвижной щеки различаются между собой способом её крепления и приводным механизмом. У этих дробилок движение от

кривошипа к подвижной щеке передаётся кинематической цепью. При этом траектории движения точек подвижной щеки представляют собой или прямые линии, или часть дуги окружности.

Наиболее типичные схемы этих дробилок приведены на рис. 1.

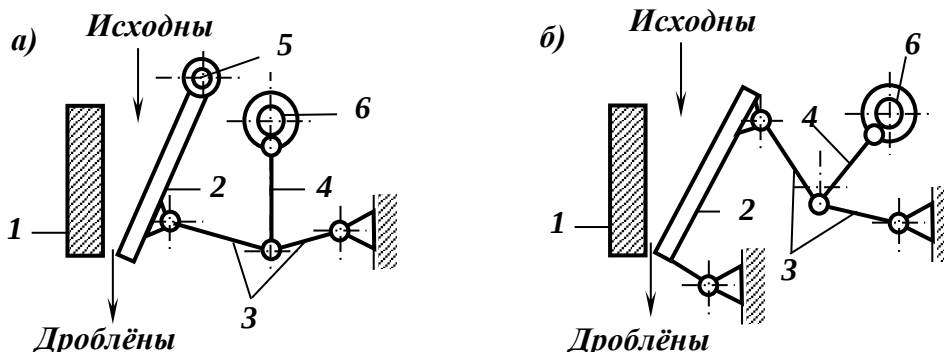


Рис. 1. Кинематические схемы щековых дробилок с простым движением щеки:

а – с верхним креплением подвижной щеки; б – с нижним креплением подвижной щеки; 1 – неподвижная щека; 2 – подвижная щека; 3 – распорные плиты; 4 – шатун; 5 – ось; 6 – эксцентриковый вал

На рис. 1, а показана схема широко распространённой во всём мире щековой дробилки, кинематическая схема которой сохранилась неизменной с момента её изобретения в 1858 году.

Основные особенности этой схемы заключаются в следующем [2]. Подвижная щека совершает качательные движения, центром которых является центр оси подвеса щеки. При этом наибольший размах качания (ход сжатия) имеет нижняя точка подвижной щеки. Чем ближе расположена точка подвижной щеки к приёмному отверстию камеры дробления, тем ход этой точки будет меньше. Если горизонтальную составляющую хода сжатия подвижной щеки в нижней точке камеры дробления принять равной X , то в большинстве существующих конструкций дробилок с простым движением ход в верхней точке камеры будет равен примерно $0,5X$. Вертикальная составляющая хода в этой точке равна $0,15X$.

Достоинством схемы следует считать малую вертикальную составляющую хода сжатия, благодаря чему уменьшается трение основных рабочих элементов машины – дробящих плит о материал, т. е. увеличивается срок службы плит, что весьма важно для оценки общей эффективности дробилки. Другим достоинством этой кинематической схемы является обеспечение большого выигрыша в силе в верхней части камеры дробления (рычаг второго рода), что очень важно при дроблении кусков горной массы больших размеров и высокой прочности.

Существенным недостатком этой кинематической схемы, является малый ход сжатия в верхней части камеры дробления. Из-за малого хода сжатия верхняя часть камеры дробления работает плохо и не обеспечивает достаточным количеством материала нижние, более активные слои камеры дробления, что приводит к значительному снижению производительности дробилок. Однако указанный недостаток не препятствует широкому применению данной кинематической схемы при производстве щековых дробилок с простым движением щеки.

На рис. 1, б показана кинематическая схема дробилок с простым движением щеки при расположении оси подвеса внизу. Изготовление таких дробилок вызвано стремлением увеличить ход подвижной щеки вверх, где дробятся крупные куски, и уменьшить ход её вниз, где формируется готовый продукт. Однако кинематические схемы этих дробилок нельзя признать удачными, так как действующие в них усилия обратно пропорциональны полезному сопротивлению, т. е. наибольшее усилие может быть получено внизу камеры дробления, а не вверх.

Ввиду малого хода подвижной щеки внизу выходное отверстие дробилки часто забивается материалом. Поэтому такие дробилки выпускаются сравнительно небольших размеров и применяют их там, где требуется мелкий и однородный продукт дробления.

Дробилки со сложным движением подвижной щеки характеризуются тем, что кривошип и подвижная щека образуют единую кинематическую пару. В этом случае траектории движения точек подвижной щеки представляют собой замкнутые кривые [3].

На рис. 2, а показана первая и наиболее характерная для дробилок этого типа кинематическая схема. У дробилок, работающих по данной схеме, траектория движения подвижной щеки представляет собой замкнутую кривую: в верхней части камер дробления эта кривая – эллипс, приближающийся к окружности, в нижней части – сильно вытянутый эллипс. Если принять горизонтальную составляющую хода в нижней точке подвижной щеки равной X , то горизонтальная составляющая в верхней точке будет равна $1,5X$, а вертикальная составляющая – $2,5X$.

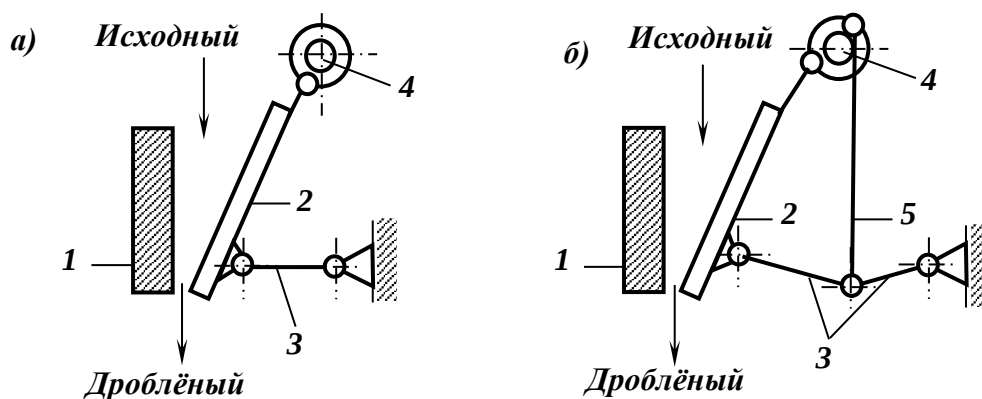


Рис. 2. Кинематические схемы щековых дробилок со сложным движением щеки:

а – традиционная схема; б – схема с комбинированным движением подвижной щеки; 1 – неподвижная щека; 2 – подвижная щека; 3 – распорные плиты; 4 – эксцентриковый вал; 5 – шатун

В этих дробилках горизонтальный ход щеки в верхней части камеры дробления достаточен для интенсивного дробления, а направление движения верхних точек подвижной щеки в сторону разгрузки способствует лучшему захвату куска материала и продвижению его вниз к разгрузке.

Наличие значительной вертикальной составляющей хода сжатия вызывает интенсивное истирание дробимого материала и быстрое изнашивание дробящих плит, особенно в нижней части камеры дробления. Эта особенность является

существенным недостатком дробилок со сложным движением щеки, так как значительно удорожает её эксплуатацию. Однако простота конструкции и малые размеры обусловили широкое распространение машин, выполненных по данной схеме.

Кинематическая схема (рис. 2, б) как бы сочетает две схемы простого (рис. 1, а) и сложного (рис. 2, а) движений. Поэтому дробилки, произведённые по этой схеме, условно называют дробилками с комбинированным движением. Подвижная щека дробилки и шатун расположены на общем эксцентриковом валу. Конструкция дробилки обеспечивает равномерный ход сжатия во всех сечениях камеры дробления при сравнительно малой вертикальной составляющей, т. е. при малом истирании. Производительность дробилок несколько выше обычных за счёт оптимальной кинематики. Однако ввиду сложности в изготовлении и эксплуатации дробилка распространения не получила, несмотря на ряд преимуществ.

Выводы.

Многообразие кинематических схем щековых дробилок даёт возможность подобрать наиболее оптимальные параметры для дробления полезных ископаемых и горных пород различного минералогического состава, отличающихся по прочности, дробимости, абразивности, гранулометрическому составу.

Перечень ссылок

1. Андреев, Е. Е. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению / Е. Е. Андреев, О. Н. Тихонов. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский гос. горный ин-т им. Г. В. Плеханова, 2007. – 439 с.
2. Клушанцев, Б. В. Дробилки. Конструкция, расчёт, особенности эксплуатации / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек. – М. : Машиностроение, 1990. – 320 с.
3. Подготовительные процессы при обогащении полезных ископаемых. Дробление, измельчение, грохочение и классификация [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / А. Н. Корчевский, Е. И. Назимко, Л. И. Серафимова, В. Г. Наumenко ; ГОУ ВПО «ДОННТУ». – 3 Мб. - Донецк : ДОННТУ, 2017. – 1 файл. – Систем. требования: просмотрщик PDF-файлов — URL: <http://ed.donntu.ru/books/17/cd6581.pdf> .

УДК 622.7

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА РЕЦИКЛИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И РЕНОВАЦИИ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

А.В. Кузнецов¹, А.Н. Корчевский¹, Г.Г. Гордеев²

¹ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»

²ФГБНУ «Институт прикладной математики и механики»

г. Донецк

korchevskyial@mail.ru

Аннотация. В работе анализируется проблема управления отходами: предоставлена классификация строительных отходов, методы их утилизации и переработки. Рециклинг выделяется как оптимальный и экономичный подход, сокращающий объемы мусора на полигонах, расходы на новые материалы и экологический ущерб.

Abstract. The article analyzes the problem of waste management, providing a classification of construction waste and methods for its disposal and recycling. Recycling stands out as an optimal and cost-effective approach that reduces the amount of waste in landfills, the cost of new materials, and environmental damage.

Ключевые слова: строительные отходы, переработка, восстановление, снос зданий, мобильные дробильные установки.

Keywords: construction waste, recycling, recovery, building demolition, mobile crushing units.

Ежегодно в России генерируется примерно 15-17 млн т отходов бетона и железобетона, а в скором будущем объем бетонного лома от демонтажа зданий и скопления негодных конструкций может увеличиться до 20-25 млн т в год. В Москве, подобно другим мегаполисам мира, строительные отходы возникают при сносе и модернизации зданий и сооружений, в ходе изготовления стройматериалов, деталей и конструкций, а также при ремонте и перепланировке жилья и инженерных сетей. Каждый год возводится свыше 3 миллионов квадратных метров нового жилья, при прокладке дорог извлекается около 90 млн м³ грунта и асфальта, городские службы выполняют обширные работы по капитальному ремонту жилого фонда, а жители самостоятельно обновляют примерно 22 тысячи квартир ежегодно.

Отходы строительства и сноса (ОСС) появляются вследствие демонтажа и разборки пятиэтажек, построенных в 1950–1960-х годах (эпоха первого индустриального домостроения). В Москве на раннем этапе сноса насчитывалось около 11 037 пятиэтажных жилых зданий

общей площадью 36,7 млн. м², включая 5800 домов разных серий площадью 20,6 млн. м², которые были полностью изношены как физически, так и морально. Значительную долю городских ОСС вывозят и продолжают вывозить на полигоны и свалки (в том числе нелегальные), находящиеся в Москве и области, что ухудшает экологическую обстановку Московского региона.

Однако ОСС (в особенности отходы бетона и железобетона) представляют собой потенциальное вторичное сырье. Их переработка во вторичный щебень и песчано-щебеночные смеси способствует снижению затрат на городскую реконструкцию и новое строительство, одновременно уменьшая нагрузку на полигоны, предотвращая возникновение несанкционированных свалок и сокращая земельные площади, выделяемые под новые захоронения (рис. 1).



Рис. 1. Этапы комплексного использования вторичных строительных ресурсов

Динамика рециклинга ОСС обусловлена необходимостью учитывать постоянные изменения во времени и пространстве совокупности ресурсных факторов.

Строительство в плотно заселённых городах предполагает создание новых, более удобных зданий и подразумевает демонтаж устаревших сооружений. После сноса остается значительный объем строительных отходов, требующих корректной сортировки, обработки и переработки для вторичного применения. Ключевые причины разборки зданий и конструкций указаны в таблице 1.

Таблица 1

Причины разборки и сноса зданий и сооружений

Причины сноса и разборки зданий	%
Строительство новых жилых зданий	40
Строительство новых нежилых зданий	20
Создание общественных, дорожных и свободных площадей	20
Изменение цели пользования зданий	7
Непредвиденные события (например, пожар)	5
Прочее	8

Наиболее эффективным способом утилизации отходов выступает рециклинг, который вдобавок обеспечивает экономическую выгоду.

При сносе, реконструкции, реновации и возведении новых зданий и сооружений возникают строительные отходы (ОСС), включающие бетон и железобетон; асфальтовую крошку; керамзитобетон; древесину; лом черных металлов; рубероид; битумные мастики; обрезки линолеума; использованную минеральную вату; бой асбошифера; макулатуру и оргалит; стеклобой; отработанный санитарный фаянс; бой кирпича; отработанный раствор; лакокрасочные остатки; шлаки; золу; отработанный асбест; бой керамической плитки; загрязненную бумажную тару; использованную металлическую тару; загрязненный грунт и прочие. Основные типы ОСС в городских условиях – это загрязненный грунт, асфальт, каменные материалы, кирпич, бетон и железобетон, картон, бумага.

Переработка бетонных и железобетонных отходов, возникающих при сносе жилых зданий и промышленных объектов, проводится на стационарных, сборно-разборных и мобильных (передвижных или самоходных) дробильно-сортировочных комплексах.

Стационарные установки используют колесные погрузчики и гидравлические экскаваторы, оснащенные гидромолотом и гидравлическими захватами. Их обычно располагают на перекрестках

основных автомобильных, водных или железнодорожных магистралей вблизи мегаполисов. К их размещению применяют те же нормы, что и для предприятий строительной отрасли. На такие установки доставляют предварительно рассортированные по типам строительные отходы: бетон, железобетон, кирпич, натуральный камень, асфальт и прочие материалы.

Сборно-разборные дробильно-сортировочные комплексы состоят из компактных модулей, устанавливаемых на фундаменты. Площадка для их размещения занимает около 200 м², а потребляемая мощность достигает 100 кВт. Сборка и разборка модулей занимает примерно 2–3 дня. Такие комплексы обычно размещают в местах массовой обработки строительных отходов, например, в промышленных зонах или районах сноса крупнопанельных микрорайонов. К ним предъявляются более строгие экологические требования по сравнению со стационарными: низкий уровень шума, замкнутая система вентиляции с очисткой воздуха от мусора и пыли, а также обратное водоснабжение.

Строительные отходы подвергают сортировке: крупные и объемные элементы (ригели, плиты, панели и т.п.) откладывают для дробления гидромолотами, а остальной материал загружают в бункер, откуда скребковым конвейером направляют в сортировочный барабан для разделения по фракциям. В ходе разделения система воздухозабора удаляет лёгкие фракции, такие как древесина, бумага, пластик и другие. При дальнейшем перемещении материала магнитный сепаратор отделяет металлические включения, а ручная сортировка извлекает деревянные элементы, картон и прочие неминеральные отходы. Затем материал поступает в дробилку, где из крупных кусков получают щебень.

Мобильные (передвижные самоходные) дробильно-сортировочные комплексы производят на гусеничном или колесном шасси; они включают смонтированный на платформе силовой агрегат (обычно дизель-электрический), приемный бункер, дробилку, магнитный сепаратор, пост ручной сортировки, систему конвейеров, сортировочный барабан и раздаточный транспортер.

Перевод установки из транспортного положения в рабочее занимает 2–3 часа. Мобильные комплексы характеризуются низкой мощностью и уровнем шума, не превышающим шум грузовика. Эти особенности позволяют использовать их в жилых районах, при сносе разрозненных объектов, реконструкции ветхого жилья, реновации и т.д. Вторичный строительный материал, получаемый с помощью мобильных установок, в основном применяется для обратной засыпки котлованов, строительства дорог и проездов. Размер кусков и состав

загружаемого материала обычно стабильны и контролируются различными способами.

Таким образом, путём эффективного использования отходов от строительства и сноса с их максимальной интеграцией в повторное применение можно добиться следующих результатов:

- уменьшить негативное влияние на окружающую среду и способствовать улучшению экологической ситуации в городе;
- нарастить объем выпуска материалов, произведенных из отходов или с их участием;

- минимизировать потери сырьевых, материальных, топливно-энергетических ресурсов, выводимых из экономики в виде производственных и потребительских отходов, а также повысить эффективность эксплуатации природных ресурсов.

Согласно технологическим регламентам, при демонтаже пятиэтажного панельного здания возникает около 8,5 тыс. т отходов, включая лом железобетона – 5,9 тыс. т (69,9 %), бетон – 2,3 тыс. т (27,5 %), стекло – 21,4 т (0,25 %), линолеум – 7,4 т (0,09 %), рубероид – 6,5 т (0,08 %), древесину – 38,2 т (0,45 %), асфальт – 24,3 т (0,29 %), черные металлы – 53,4 т (0,63 %), керамзит – 19,2 т (0,23 %) и прочие. Подавляющая часть этих отходов классифицируется как пятого (8,4 тыс. т, 99,1 %) и четвертого (76,5 т, 0,9 %) классов опасности.

В зависимости от состава обрабатываемых материалов и спецификаций конечной продукции, применяются различные методы переработки. Линии технологического процесса для отходов строительства и сноса оснащаются оборудованием, предназначенным для:

- одноступенчатого измельчения без разделения на фракции и без сортировки отходов;
- двухступенчатого измельчения без сортировки;
- одноступенчатого или двухступенчатого измельчения с сортировкой для получения одной или нескольких фракций готовой продукции.

В одноступенчатом методе используются щековые или роторные ударно-отражающие дробилки. В двухступенчатом процессе на этапе вторичного измельчения применяют роторные или конусные дробилки.

Выводы.

Строительные и отходы сноса представляют серьезную экологическую проблему в России, ежегодно образуется от 15 до 17 млн т таких материалов, с прогнозом роста до 25 млн т. Это приводит к загрязнению окружающей среды, переполнению свалок и негативному воздействию на здоровье населения из-за урбанизации и реконструкции территорий.

Рециклинг ОСС является эффективным решением, позволяющим избежать утилизации на полигонах и чрезмерной добычи природных ресурсов. Он способствует производству вторичных материалов, таких как щебень и песчано-щебеночные смеси, которые можно использовать в строительстве и реновации инфраструктуры. Основные источники отходов включают снос устаревших зданий, новое строительство, ремонт и реконструкцию, с типами материалов вроде бетона, железобетона, асфальта, кирпича, древесины, металлов и загрязненного грунта. В Москве, например, демонтаж одного пятиэтажного панельного здания может дать около 8,5 тыс. т отходов, преимущественно из железобетона и бетона.

Технологии переработки включают дробильно-сортировочные комплексы — стационарные, сборно-разборные и мобильные. Процесс состоит из сортировки с помощью магнитных, ручных или барабанных методов, дробления щековыми, роторными или конусными дробилками и измельчения с разделением на фракции. Мобильные установки особенно подходят для городских условий благодаря низкому уровню шума и мобильности, обеспечивая материалы для засыпки котлованов и дорожного строительства.

Преимущества рециклинга очевидны: снижение нагрузки на полигоны, предотвращение несанкционированных свалок, экономия ресурсов и повышение эффективности использования отходов. Это способствует улучшению экологической ситуации, росту производства материалов из отходов и минимизации потерь сырьевых ресурсов, способствуя устойчивому развитию.

Для внедрения необходимы строгие экологические нормы, учет ресурсных факторов и интеграция технологий в строительную отрасль. Несмотря на низкий текущий уровень внедрения, исследования подтверждают экономическую и экологическую целесообразность рециклинга, особенно в контексте урбанизации и реновации мегаполисов.

В целом, рециклинг ОСС — это не только экологическая необходимость, но и экономически выгодная стратегия, превращающая проблему отходов в ценный ресурс для устойчивого строительства в России.

Перечень ссылок

1. Мартыненко Г.Н., Комаров А.С., Грибанов М.С. Способы и технологии переработки мусора в сырье. Текст : непосредственный // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2019. № 2. С. 43-49.
2. Олейник П.П. Единая система переработки строительных отходов. — М.: СврАРГУС, 2006.
3. Олейник П.П., Олейник С.П. Организация системы переработки строительных отходов. — М.: МГСУ, 2009. — 250 с.
4. Курочкина С.В. Проблемы развития рынка переработки вторичных материалов. Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 1. С. 110-112.
5. Лунев Г.Г. Оценка экономической эффективности комплексного использования вторичных строительных ресурсов: монография. — 192 с.
6. Европейская практика обращения с отходами: проблемы, решения, перспективы. — СПб., 2005 — 73 с.

УДК 622.8.678.8.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАТЕКСНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ АНТРАЦИТОВЫХ ШЛАМОВ

В.Г. Науменко, А.Н. Левченко
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
naumenkovggf@yandex.ru

Аннотация. Методом планирования эксперимента разработана и проанализирована регрессионная модель процесса селективной флокуляции антрацитовых шламов бутадиен-стирольным латексом БС-30Ф. Установлено, что зависимость извлечения угольных фракций в концентрат E от расхода флокулянта носит экспоненциальный характер, а характер зависимостей извлечения E от интенсивности и времени перемешивания суспензии – экстремальный. В целом антрациты требуют более высоких расходов флокулянта и более интенсивного турбулентного перемешивания на стадии флокуляции, чем каменные угли.

Abstract. Using the experimental design method, a regression model for the selective flocculation of anthracite slurries with BS-30F butadiene-styrene latex was developed and analyzed. It was found that the dependence of coal fraction recovery into concentrate E on flocculant consumption is exponential, while the dependence of E recovery on the intensity and duration of suspension mixing is extreme. In general, anthracite coal requires higher flocculant consumption and more intense turbulent mixing at the flocculation stage than hard coal.

Ключевые слова: антрацитовые шламы, синтетические латексы, селективная флокуляция, планирование эксперимента, регрессионная модель.

Keywords: anthracite sludge, synthetic latexes, selective flocculation, experimental design, regression model.

Серьёзным недостатком традиционной технологии обогащения угольных шламов – пенной флотации – является низкая селективность разделения частиц крупностью менее 50-60 мкм. Их повышенная концентрация в исходном питании приводит к ухудшению флотации как более крупных, так и тонких частиц и как следствие – к значительным потерям органической массы углей с флотоотходами.

Одним из наиболее эффективных путей повышения селективности разделения угольных шламов является внедрение технологии флокуляционно-флотационного обогащения с применением в качестве селективного флокулянта синтетических латексов [1]. Технология прошла широкую лабораторную, а также опытно-промышленную апробацию на ряде углеобогатительных фабрик Донбасса [2]. Однако эти исследования проводились в основном на различных марках каменных коксующихся углей – Г, Ж, К и ОС. В тоже время проблема

глубокого обогащения тонких классов энергетических углей и антрацитов стоит не менее остро, чем коксующихся. Внедрение технологии флокуляционно-флотационного обогащения на антрацитовых шламах позволит существенно снизить зольность топлива, а также расширить сырьевую базу современной теплоэнергетики.

Целью данной работы является изучение закономерностей процесса селективной флокуляции антрацитовых шламов синтетическими латексами.

Объект исследования – технология обогащения угольных шламов.

Предмет исследования – закономерности селективной флокуляции антрацитовых шламов латексным флокулянтom БС-30Ф.

Задачи исследования:

- разработка регрессионной модели процесса селективной флокуляции антрацита флокулянтom БС-30Ф;
- определение характера и степени влияния на процесс селективной флокуляции исследуемых параметров.

Методика исследования. Флокуляционно-флотационный способ обогащения углей и антрацитов – сложный, многоступенчатый процесс, эффективность которого зависит от целого ряда технологических факторов. Исследования показывают, что наиболее существенными из них являются расход флокулянта (q_l), время (τ_{fl}) и интенсивность турбулентного перемешивания (Re или n_{fl}) на стадии флокуляции. Для оценки характера и степени влияния на процесс указанных параметров было принято решение о разработке статистической модели в виде уравнения регрессии, полученной по результатам активного многофакторного эксперимента.

При разработке регрессионной модели процесса был реализован центральный композиционный рототабельный план (ЦКРП) для трёх факторов (табл. 1). Подобные планы обладают высокими статистическими характеристиками оптимальности и обеспечивают одинаковую точность модели во всех направлениях гиперпространства при минимальном количестве опытов [3]. Априорная информация показала, что линейные модели неадекватны процессу флокуляции, поэтому была поставлена задача разработки модели второго порядка в виде полного квадратичного полинома:

$$Y = A_0 + \sum_{i=1}^k A_i X_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=i+1}^k A_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^k A_{ii} X_i^2,$$

где Y – целевая функция; A_i, A_{ij}, A_{ii} – расчётные коэффициенты модели; k – число факторов.

Таблица 1

Факторы и уровни их варьирования

Переменные	Код переменной	Единицы измерения	Интервал варьирования	Верхний уровень (+)	Основной уровень (0)	Нижний уровень (-)
Расход латекса	X ₁	г/т	100	300	200	100
Интенсивность перемешивания	X ₂	Re	$0,6 \cdot 10^5$	$3,4 \cdot 10^5$	$2,8 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^5$
Время флокуляции	X ₃	с	45	135	90	45

Объектом флокуляции являлись антрацитовые шламовые воды ЦОФ "Комендантская" с содержанием твёрдого 150 кг/м^3 и зольностью твёрдой фазы 32 %. В качестве флокулянта применялся латекс БС-30Ф производства Воронежского завода синтетических каучуков. Для повышения точности дозировки латекс разбавлялся водой в соотношении 1:100. После разведения водой рабочая концентрация флокулянта составляла 0,5 % основного вещества, латекс обладал достаточной агрегативной устойчивостью, о чём свидетельствовало полное отсутствие коагулюма.

Селективная флокуляция шлама осуществлялась в смесителе ёмкостью 750 см^3 , оборудованном импеллерной мешалкой с регулируемым приводом. Режим флокуляции (q_l , τ_{fl} , n_{fl}) задавался в соответствии с планом эксперимента. Отделение сфлуктурированного продукта от минерализованной суспензии проводилось в камере лабораторной флотомашины типа ФЛ-1 с объёмом камеры 750 см^3 .

Режим флотационного разделения во всех экспериментах был постоянным: расход реагента-собирателя (керосина) – 2000 г/т шлама; расход реагента-вспенивателя ("Оксаль") – 150 г/т шлама; время кондиционирования пульпы с реагентами – 30 с; частота вращения импеллера – 1750 мин^{-1} ; удельный расход воздуха – $2 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$; время флотации – 2 минуты.

Продукты разделения – концентрат и отходы – обезвоживали, высушивали, взвешивали и определяли их зольность по стандартной методике. По полученным данным рассчитывали величину извлечения концентратных фракций в концентрат E , % по формуле:

$$E = \frac{\gamma_k(100 - A_k^d)}{100 - A_u^d},$$

где γ_k – выход концентрата;
 A_k^d и A_u^d – зольность концентрата и исходного шлама соответственно.

Величина E использовалась в данных исследованиях как целевая функция. Разработка и анализ плана осуществлялись с помощью модуля “Планирование эксперимента” программы Statgraphics 5.0 Plus.

Трёхфакторный ЦКРП состоял из восьми опытов в ядре матрицы, шести звёздных точек и шести опытов в центре плана. Величина звёздного плеча $\alpha = 1,682$. Матрица планирования, экспериментальные и расчётные значения извлечения E в точках плана приведены в табл. 2.

Таблица 2

Матрица планирования и результаты экспериментов

№ п/п	X ₁	X ₂	X ₃	E _{эксп} , %	E _{расч} , %
1	-1	-1	-1	87,19	87,62
2	1	-1	-1	89,81	89,83
3	-1	1	-1	86,95	86,58
4	1	1	-1	90,57	90,23
5	-1	-1	1	87,60	87,87
6	1	-1	1	89,10	89,39
7	-1	1	1	86,27	86,18
8	1	1	1	89,64	89,14
9	-1,682	0	0	86,25	86,07
10	1,682	0	0	90,13	90,41
11	0	-1,682	0	89,90	89,26
12	0	1,682	0	87,42	88,16
13	0	0	-1,682	88,72	88,84
14	0	0	1,682	88,15	88,13
15	0	0	0	90,72	90,47
16	0	0	0	90,35	90,47
17	0	0	0	90,97	90,47
18	0	0	0	90,34	90,47
19	0	0	0	90,22	90,47
20	0	0	0	90,25	90,47

Проверка значимости коэффициентов модели осуществлялась с использованием Парето-карты (рис. 1). Вертикальная линия на графике отвечает 95 % доверительному интервалу. Как видно, статистически

значимыми являются все коэффициенты модели, за исключением A_{13} и A_{23} , столбчатые диаграммы которых не достигают отмеченной вертикальной линии.

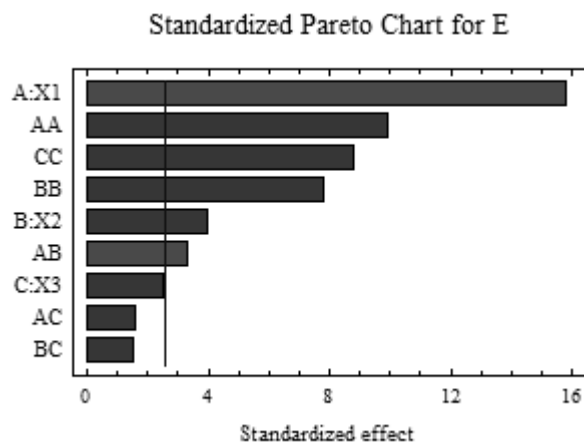


Рис. 1. Парето-карта коэффициентов модели

Высокое значение коэффициента детерминации ($R_2 = 94,85 \%$) свидетельствует об адекватности полученной регрессионной модели изучаемому процессу. Адекватность модели также подтверждается тем фактом, что p -уровень теста Lack-of-fit (потери согласия модели), равный 0,0674, превышает критическое значение ($p_{кр} = 0,05$) [4, 5].

С учётом статистической незначимости коэффициентов A_{13} и A_{23} , уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$E = 90,47 + 1,291X_1 - 0,325X_2 - 0,219X_3 + 0,359X_1X_2 - 0,789X_{12} - 0,623X_{22} - 0,703X_{23}.$$

Оптимизация полученного уравнения регрессии позволила определить координаты экстремума-максимума целевой функции в n -мерном пространстве:

- в кодированных значениях $X_1 = 0,84$; $X_2 = 0,016$; $X_3 = -0,26$;
- в натуральном выражении $q_n = 285$ г/т; $n_{фл} = 2,81 \cdot 10^5$ Re; $\tau_{фл} = 78$ с.

Предсказанное значение целевой функции в точке экстремума составляет $E = 91,04 \%$. В результате реализации опыта в точке экстремума получен концентрат с извлечением концентратных фракций в концентрат $E = 91,15 \%$. Близость экспериментальных и расчётных значений целевой функции в точке экстремума является ещё одним подтверждением адекватности полученного уравнения регрессии.

Выводы.

Полученное уравнение регрессии адекватно описывает процесс селективной флокуляции антрацитовых шламов синтетическим латексом.

В целом следует отметить, что антрациты требуют более высоких расходов флокулянта и более интенсивного турбулентного перемешивания на стадии флокуляции, чем каменные угли.

Проведенные исследования по определению характера и степени влияния на процесс флокуляции антрацитовых шламов основных технологических факторов позволили оценить области рациональных значений режимных параметров процесса, что, в свою очередь, даёт возможность приступить к этапу опытно-промышленной апробации технологии на обогащательных фабриках Донбасса.

Перечень ссылок

1. Нікітін І.М., Сергєєв П.В., Білецький В.С. Селективна флокуляція вугільних шламів латексами. – Донецьк: ДонДТУ, “Східний видавничий дім”, 2001. – 152 с.
2. Сергєєв П.В. Селективна флокуляція вугільних шламів органічними реагентами (монографія) / П. В. Сергєєв, В. С. Білецький. – Донецьк: Східний видавничий дім, редакція гірничої енциклопедії, 2010. – 240 с.
3. Налимов В. Г., Голикова Т. И. Логические основания планирования экспериментов. – М.: Металлургия, 1981. – 152 с.
4. Сергєєв П. В., Білецький В. С. Комп’ютерне моделювання технологічних процесів переробки корисних копалин (практикум). – Маріуполь: Східний видавничий дім, 2016. – 119 с.
5. Дюк В. Обработка данных на ПК в примерах. – СПб: Питер, 1997. – 240 с.

УДК 622.7.016(075.8)

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛЕЙ МАРКИ Д

В.Г. Самойлик, А.С. Онищенко
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
samoylik@donntu.ru

Аннотация. Приведены результаты исследований обогатимости рядовых углей, расчётов теоретического баланса продуктов обогащения машинных классов. Предложена технология обогащения исследуемых углей.

Abstract. The article presents the results of studies on the washability of run-of-mine coals and calculations of the theoretical balance of the wash products of machine grades. A technology for washing the studied coals is proposed.

Ключевые слова: уголь, обогащение, тяжелосредные сепараторы, тяжелосредные гидроциклоны, флотация, концентрат.

Keywords: coal, enrichment, heavy-medium separators, heavy-medium hydrocyclones, flotation, concentrate.

В Программе развития угольной промышленности России на период до 2035 года [1] предусматривает рост объёмов добычи с 440 млн т до 668 млн т. С целью обеспечения оптимальной территориальной и технологической структуры производственных мощностей по добыче и переработке угля предусматривается создание сырьевой базы в новых центрах угледобычи – в Туве, Якутии, Забайкалье, на Дальнем Востоке, в арктической зоне. Наряду с ростом добычи непрерывно растёт абсолютная масса углей, направляемых на обогащение, рассортировку и брикетирование.

Непрерывный рост объёма обогащаемых углей в России обусловлен требованиями повышения их качества, предопределяющего экономическую эффективность использования углей. Вместе с тем, вследствие ухудшения горно-геологических условий добычи углей, широкой механизации производства и других причин их качественная характеристика по зольности, гранулометрическому составу, влажности и сернистости ухудшается. Так, за последние десять лет зольность горной массы, поступающей на углеобогащательные фабрики, увеличилась до 35,7–40,5 %.

Повышенная зольность энергетического топлива снижает КПД топливоиспользующих агрегатов, вызывает преждевременное изнашивание отдельных узлов оборудования, способствует загрязнению дымовыми газами окружающей среды. Поэтому снижение зольности

рядовых углей в соответствии с требованиями потребителей является актуальной задачей в процессе их переработки.

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к углям, предназначенным для пылевидного сжигания, зольность их не должна превышать 25 %.

Исследуемые нами угли марки Д имеют зольность 34,96 %.

В табл. 1 представлен фракционный состав машинных классов 13–100 мм и 0,5–13 мм.

Таблица 1

Фракционный состав машинных классов угля			
+13 мм			
Плотность, т/м ³	Выход, %	Зольность, %	Выход к шихте, %
<1,3	0,27	6,79	0,13
1,3–1,4	21,07	17,82	10,13
1,4–1,6	52,77	27,33	25,38
1,6–1,9	7,74	44,19	3,72
>1,9	18,15	72,22	8,73
Итого	100,00	34,72	48,10
0,5–13 мм			
Плотность, т/м ³	Выход, %	Зольность, %	Выход к шихте, %
<1,3	7,92	8,73	3,32
1,3–1,4	28,84	18,62	12,09
1,4–1,6	31,23	27,89	13,09
1,6–1,9	13,37	42,63	5,60
>1,9	18,64	73,20	7,81
Итого	100,00	34,11	41,90

По результатам проведенных фракционных анализов были построены кривые обогатимости по классам крупности исследуемого угля. Вид кривых обогатимости свидетельствует о том, что все классы характеризуются очень трудной категорией обогатимости.

Ситовый состав угля приведен в табл. 2.

Теоретический баланс продуктов обогащения предназначен для определения теоретически возможных качественно-количественных показателей результатов обогащения и расчёта качественно-количественной схемы обогащения. Его составляют графическим способом по кривым обогатимости машинных классов по заданной общей зольности концентрата с учётом получения приемлемой по качеству зольности породы. Для получения заданного значения зольности концентрата

($A^d = 25\%$) мы воспользовались теоремой максимального выхода (теорема Рейнгардта): «Если при раздельном обогащении нескольких машинных классов требуется получить суммарный концентрат с заданной зольностью, то максимальный суммарный выход концентрата с общей заданной зольностью, будет получен при одинаковой средней зольности элементарных слоёв разделения» [2].

Таблица 2

Ситовый состав рядового угля

Крупность, мм	Выход, %	Зольность, %
+25	4,50	34,65
13–25	43,60	34,73
6–13	19,90	33,88
3–6	10,60	32,74
1–3	8,80	35,73
0,5–1	2,60	36,00
0–0,5	10,00	39,62
Итого	100,00	34,96

По результатам фракционных составов машинных классов была рассчитана таблица фракционного состава класса +0,5 мм (табл. 3).

Таблица 3

Фракционный состав класса +0,5 мм угля марки Д

+0,5 мм			
Плотность, т/м ³	Выход, %	Зольность, %	Выход к шихте, %
<1,3	3,83	8,66	3,45
1,3–1,4	24,69	18,25	22,22
1,4–1,6	42,74	27,52	38,47
1,6–1,9	10,36	43,25	9,32
>1,9	18,38	72,68	16,54
Итого	100,00	34,44	90,00

Кривые обогатимости суммарного класса +0,5 мм приведены на рис. 1, а.

Задаёмся зольностью суммарного концентрата класса +0,5 мм. Откладываем на оси абсцисс значение зольности суммарного концентрата (в данном случае зольность принята равной 25 %) и восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с кривой β . Через точку пересечения проводим горизонталь, пересекающую ось ординат и кривую λ (прямая

– зольность разделения $\lambda 1$). Из точки пересечения горизонтали с кривой λ опускаем перпендикуляр на ось абсцисс и определяем значение зольности элементарной фракции разделения: $\lambda 1 = 46,5 \%$.

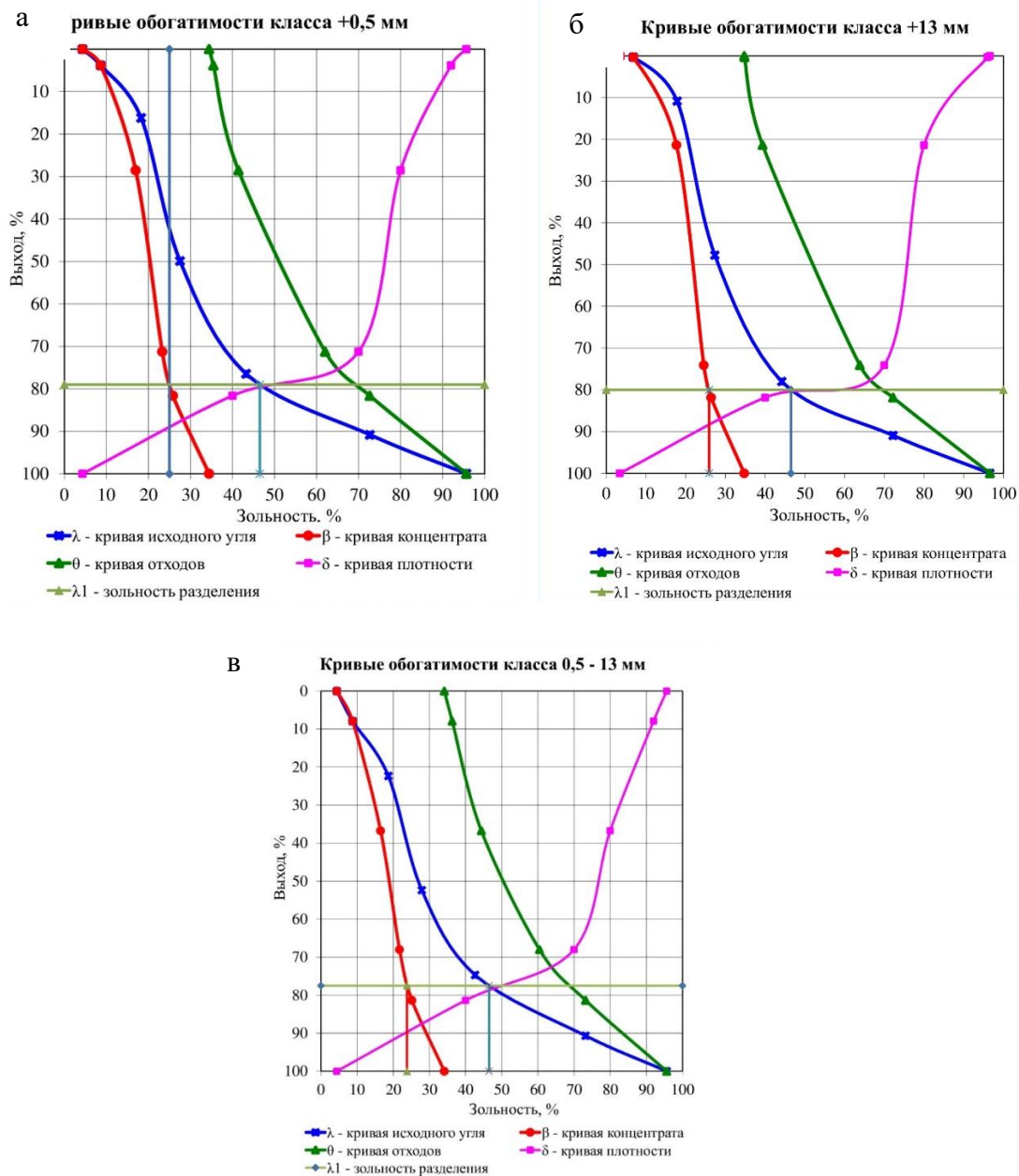


Рис. 1. Кривые обогатимости суммарного класса +0,5 мм (а) и машинных классов + 13 мм (б) и 0,5–13 мм (в)

На кривых обогатимости машинных классов + 13 мм (рис. 1, б) и 0,5–13 мм (рис. 1, в) восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с кривой λ . Через точку пересечения проводим горизонталь,

пересекающую ось ординат и кривые δ и β . Находим выхода и зольности концентрата по машинным классам.

По кривым обогатимости машинных классов были определены следующие параметры:

для класса + 13 мм

- зольность концентрата – 25,9 %; выход концентрата – 79,73 %;

для класса 0,5–13 мм

- зольность концентрата – 23,8 %; выход концентрата – 76,06 %.

Задавшись значениями зольности породы ≥ 72 %, составляем таблицы теоретического баланс по машинным классам и по суммарному классу +0,5 мм (табл. 4).

Таблица 4

Теоретический баланс продуктов обогащения класса +0,5 мм угля марки Д

Продукт	Выход γ , %	Зольность, %	Выход к шихте $\gamma_{ш}$, %
Концентрат	78,02	24,95	70,22
Промпродукт	3,29	44,87	2,96
Отходы	18,69	72,24	16,82
Итого	100,00	34,44	90,00

Выводы. Выполненные теоретические исследования показали возможность получения из труднообогатимых углей марки Д кондиционных продуктов обогащения. Технологическая схема обогащения углей гравитационной крупности включает в себя обогащение класса +13 мм в тяжелосредних сепараторах с выделением трёх продуктов: концентрата, промпродукта и отходов (плотности разделения – 1820 кг/м³ и 1895 кг/м³), обогащение класса 0,5–13 мм в тяжелосредних гидроциклонах также с выделением трёх продуктов (плотности разделения – 1780 кг/м³ и 1890 кг/м³). Класс 0–0,5 мм обогащается флотацией. В дальнейшем необходимо будет выполнить расчёты практических балансов машинных классов, провести исследование по флотуруемости шлама и составить баланс продуктов обогащения исходного угля.

Перечень ссылок

1. Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года. – УТВЕРЖДЕНА распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 июня 2020 г. № 1582-р.

2. Самойлик, В. Г. Исследования полезных ископаемых на обогатимость : учебное пособие / В. Г. Самойлик. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 196 с.

УДК 622.7:622.341(075.8)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ АПАТИТОВЫХ РУД

В.Г. Самойлик, С.С. Шаповалов
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
samoylik@donntu.ru

Аннотация. В работе приведен анализ основных технологических особенностей переработки апатитовых руд Хибинской группы месторождений. Описаны схемы обогащения апатит-нефелиновых руд и переработки хвостов апатитового производства с целью дополнительного выделения из них нефелинового концентрата.

Abstract. This paper analyzes the key technological features of apatite ore processing at the Khibiny deposits. It describes the beneficiation processes for apatite-nepheline ores and the processing of apatite production tailings for the purpose of extracting nepheline concentrate.

Ключевые слова: фосфор, апатиты, флотация, магнитная сепарация, нефелиновый концентрат.

Keywords: phosphorus, apatite, flotation, magnetic separation, nepheline concentrate.

Считается, что фосфор был известен ещё в XII веке, однако чаще указывается на его случайное открытие алхимиком Х. Брандтом в 1669 году. Элементарная природа фосфора установлена французским химиком А. Лавуазье. Своё название он получил от греческого *phosphoros* – «светоносный, приносящий свет».

Среднее содержание фосфора в земной коре – немногим менее 0,1 % (или 0,25 % оксида фосфора P_2O_5). Наиболее высокие концентрации P_2O_5 отмечаются для магматических щелочных (0,6–1,0 %) и основных (0,4 %) пород, несколько меньше – в кислых породах (0,23 %). Содержание P_2O_5 для осадочных пород колеблется в интервале 0,04–0,1 %. В свободном состоянии фосфор не встречается из-за высокой химической активности.

Хотя общее число известных минералов фосфора превышает 200, свыше 95 % его в земной коре связано в виде безводного фосфата кальция – *апатита* – $Ca_5[PO_4]_3(F, Cl, OH)$ – встречающегося в большинстве изверженных горных пород в качестве акцессорного минерала.

Апатитовые руды по своему минеральному составу подразделяются на силикатно-оксидные, силикатные, карбонатно-силикатные, карбонатные и гидросиликатно-гидрооксидные. В зависимости от минерального состава апатитовые руды могут быть легко-, удовлетворительно- и труднообогатимыми. В первых извлечение P_2O_5 в апатитовый

концентрат превышает 90 %, во вторых – находится в пределах 70–90 %, в третьих – составляет менее 70 %. Наиболее легко обогащаются силикатные (апатит-нефелиновые и др.) руды, наиболее трудно – карбонатные и гидросиликатно-гидрооксидные [1].

Основным методом обогащения апатитовых руд является флотация. Все минералы апатитовых руд являются полярными несulfидными минералами, чьи флотационные свойства близки. Чётко выраженный ионный характер связей в кристаллической решётке этих минералов обуславливает их высокую химическую активность по отношению к собирателям анионного типа и одновременно высокую природную гидрофобность.

В качестве реагентов-собирателей применяют жирнокислотные собиратели (омыленную смесь дистиллированного таллового масла, окис-ленный петролатум, технические жирные кислоты и т. д.), а также органические продукты типа *N*-ацилированных аминокислот (ААК, таллактамы, ИМР-25 и др.). Для повышения эффективности процесса флотации добавляют ОП-4 и жидкое стекло. Флотация проводится в щелочной среде (*pH* 9,5–10,0), создаваемой содой или едким натром. Из руд, содержащих от 2,5 до 18 % P_2O_5 получают апатитовый концентрат с содержанием 38–40 % P_2O_5 при извлечении 80–93 %.

В большей части апатитовые руды являются комплексными. Вследствие этого схемы их обогащения включают процессы магнитной сепарации, гравитации и другие переделы, обеспечивающие попутное выделение пироклорового, ильменитового, магнетитового, нефелинового и других концентратов. Наличие той или иной технологической операции, их последовательность определяются вещественным составом руд, количественным соотношением основных и породообразующих минералов, их физико-химическими и другими свойствами [2].

Основным источником получения апатитовых концентратов являются апатит-нефелиновые руды Хибинского массива. Главные минералы в них – нефелин, апатит, эгирин и сфен, второстепенные – магнетит, титаномagnetит, ильменит. Осваиваются также месторождения комплексных руд Ковдорского массива, состоящих из магнетита, апатита, форстерита, бадделеита, кальцита и флогопита; апатитовые руды Ошурковского, комплексные апатитовые и апатит-карбонатные руды Восточно-Саянского и апатит-доломитовые руды Селигдарского месторождений. Большинство апатитовых руд указанных месторождений имеют низкое качество, сложный минеральный состав и характеризуются трудной обогатимостью, что существенно сдерживало и продолжает затруднять их освоение.

В Хибинах из десяти разведанных месторождений в эксплуатации находятся семь, где ведётся карьерная и подземная добыча руд.

По минеральному составу руды Хибинских месторождений делятся на апатит-нефелиновые, титанит-апатитовые и так называемые «окисленные» [3].

Переработка добываемых апатит-нефелиновых руд осуществляется ОАО «Апатит» на трёх апатит-нефелиновых обогатительных фабриках: АНОФ-I, АНОФ-II и АНОФ-III. Для фабрик характерны однотипность технологических схем при различном аппаратурном оформлении.

Технологический процесс производства апатитового концентрата на фабриках включает следующие стадии: дробление и грохочение руды в три стадии; тонкое её измельчение и классификация по крупности 0,3 мм; флотацию тонкоизмельчённой руды (рис. 1); сгущение и фильтрацию флотационного концентрата; сушку апатитового концентрата; пылеулавливание и газоочистку; складирование и погрузку апатитового концентрата; укладку флотационных хвостов в хвостохранилища.

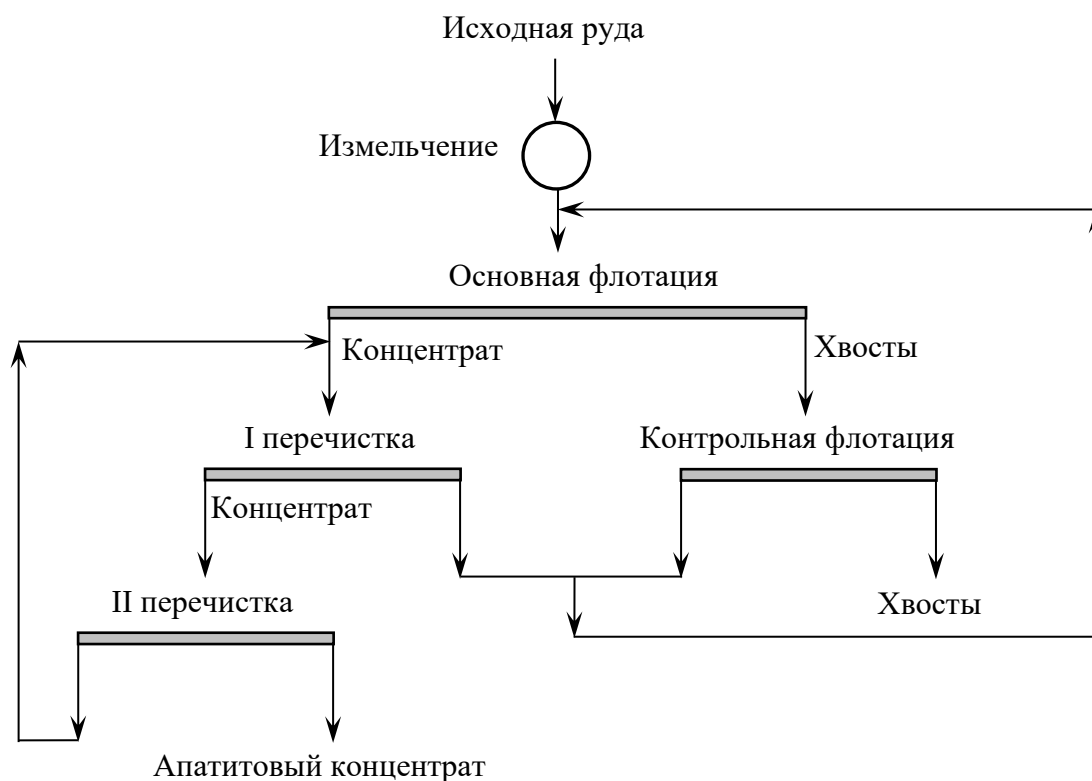


Рис. 1. Технологическая схема обогащения апатит-нефелиновых руд

Флотация апатита осуществляется в механических отечественных и зарубежных флотационных машинах по схеме, включающей

основную флотацию, две или три перемывки чернового апатитового концентрата и контрольную флотацию хвостов с возвратом промежуточных продуктов в голову предыдущей операции.

Для извлечения апатита применяют жирнокислотный собиратель (до 300 г/т), содержащий сырое (30 %) и дистиллированное (20 %) талловые масла, окисленный петролатум (5 %), вторичный масляный гудрон (25 %) и технические жирные кислоты (20 %). В зависимости от качества поступающей руды в собирательную смесь добавляют оксигетилированный алкилфенол – ОП-4 (20 г/т) и каустическую соду, являющиеся регуляторами флотации. В качестве депрессора при флотации используется жидкое стекло (до 350 г/т).

Получаемый на фабриках апатитовый концентрат является основным продуктом обогащения апатит-нефелиновой руды. Его качество соответствует ГОСТ 22275-90 «Концентрат апатитовый. Технические условия»: массовая доля оксида фосфора (P_2O_5) – не менее 39,0 %, массовая доля воды – $1,0 \pm 0,5$ %, остаток на сите с сеткой № 016K не более 13,5 %. Массовая доля полутонких оксидов (FeO , Fe_2O_3 , Al_2O_3) – не более 3,0 %.

Кроме апатитового концентрата на АНОФ-I из хвостов флотации апатитового производства получают нефелиновый концентрат, содержащий не менее 28,5 % Al_2O_3 , который в основном используется в производстве глинозёма и строительных материалов, а также в химической промышленности.

Производство нефелинового концентрата на АНОФ-I осуществляется прямой флотацией тёмноцветных минералов из хвостов апатитовой флотации, с последующей доводкой до кондиции камерного продукта (нефелинового концентрата) с помощью пенной и магнитной сепарации.

В соответствии с технологической схемой (рис. 2) хвосты апатитового производства подвергаются двухстадийной классификации по классу 0,2 мм в гидроциклонах, пески которых (класс +0,2 мм) направляются в отвал, а слив (класс 0–0,2 мм) – обесшламливается по классу 0,020 мм, сгущается до 35 % и поступает на обратную флотацию нефелина.

Флотация сгущённого продукта, содержащего около 23 % Al_2O_3 , осуществляется жирнокислотным собирателем – омыленным раствором сырого таллового масла в присутствии каустической соды; последняя подаётся в процесс в качестве регулятора среды и активатора тёмноцветных минералов.

В результате в пенный продукт извлекаются остатки апатита, титаномагнетит, эгирин и сфен, а в камерном продукте, являющемся

нефелиновым концентратом, концентрируются нефелин, полевые шпаты и другие алюмосиликаты. Однако, поскольку содержание Al_2O_3 в камерном продукте, как правило, составляет 28,1–28,3 %, то, как отмечалось выше, для получения глинозёмного нефелинового концентрата, с содержанием не менее 28,5 % Al_2O_3 , камерный продукт подвергается доводке методами пенной и магнитной сепарации.

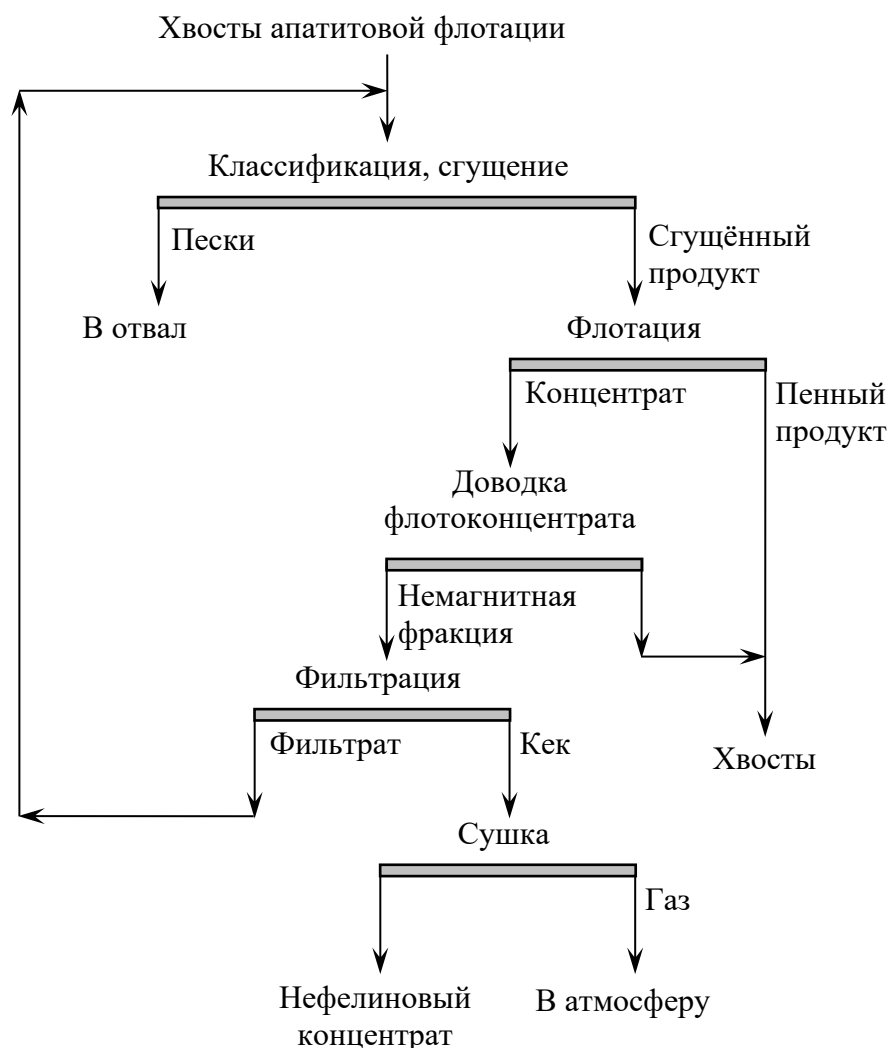


Рис. 2. Принципиальная схема нефелинового производства

Получаемый на фабрике нефелиновый концентрат на 76–80 % состоит из чистого минерала – нефелина и в виде кристаллического порошка серого цвета влажностью 1,0–1,5 % отгружается в вагоны для отправки потребителю.

Выводы.

Апатит-нефелиновые руды Хибинской группы месторождений относятся к легкообогатимым. Они характеризуются сравнительно высокой флотационной

восприимчивостью, позволяющей поддерживать хорошие технологические показатели процесса. Прямая флотация тёмноцветных минералов из хвостов апатитовой флотации, с последующей доводкой до кондиции камерного продукта с помощью пенной и магнитной сепарации позволяет дополнительно получать нефелиновый концентрат, на 76–80 % состоит из чистого минерала – нефелина.

Обогащение титанит-apatитовых пород при их смешивании с апатит-нефелиновыми рудами, в целом, не вызывает трудностей. При селективном же обогащении, или при большом содержании в шихте титанит-apatитовых руд могут быть получены неудовлетворительные показатели.

Получение кондиционного апатитового концентрата из «окисленных» руд иногда бывает затруднено. Причинами снижения технологических показателей обогащения являются: наличие шламистого материала, частичное или полное покрытие зёрен апатита плёнками глинистых минералов и гидроокислов железа.

Глинистые частицы, тонкие чешуйки гидрослюд и плёнки гидроокислов железа, характерные для «окисленных» руд, могут менять поверхностные свойства апатита и ухудшать его флотационные свойства. Условия флотации могут быть выдержаны, если содержание «окисленных» руд в шихте не превышает 20 %.

Перечень ссылок

1. Ерёмин, Н. И. Неметаллические полезные ископаемые: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Геология» и специальностям «Геология», «Геохимия» / Н. И. Ерёмин. – Изд. 2-е, испр. И доп. – Москва : Изд-во Моск. Ун-та, Академкнига, 2007. – 458 с.
2. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых. Фосфатные руды. – М. : ФГУ ГКЗ, 2007. – 41 с.
3. Влияние минералогических свойств апатит-нефелиновых руд на их обогащаемость / О. В. Иващенко и др. // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. – 2023. – 20. – С. 570–578.

УДК 622.8:678.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ВОДОСТОЙКОСТИ БРИКЕТОВ

Н.А. Звягинцева, М.Н. Левченко

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,

г. Донецк

n.a.zvyagintseva@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию способов повышения водостойкости угольных брикетов с целью получения продуктов удовлетворительной механической прочности.

Abstract. The article is devoted to the study of ways to increase the water resistance of coal briquettes in order to obtain products of satisfactory mechanical strength.

Ключевые слова: брикет, уголь, мазут, водостойкость, гидрофобизирующее покрытие, прочность.

Keywords: briquette, coal, fuel oil, water resistance, hydrophobic coating, strength.

Качественные топливные брикеты должны соответствовать требуемым характеристикам и не подвергаться разрушению при их транспортировании и хранении. Водостойкость сохраняет прочность брикета при воздействии внешней влаги и характеризует его качество [1].

С целью повышения устойчивости окускованного топлива к воздействию влаги были проведены эксперименты по брикетированию угля с водорастворимыми связующими (сульфатное мыло, меласса, лигносульфонат) и гидрофобизирующей добавкой (топочный мазут марки М 100).

Некоторые положительные результаты использования мазута, показали целесообразность проведения исследований по нанесению водоотталкивающей пленки мазута на поверхность брикетов [2].

В работе исследована возможности покрытия окускованного материала гидрофобной пленкой тремя различными способами:

- нанесение мазута на поверхность сырых брикетов с последующей термообработкой (режим 1);
- покрытие мазутом охлажденных термообработанных брикетов с дополнительной термообработкой (режим 2);
- обработка мазутом горячих брикетов непосредственно после термообработки (режим 3).

Полученные данные представлены в табл. 1. Количество израсходованного на образование пленки мазута определялось по изменению массы исходной навески, произошедшему в результате обработки 10 – 15 брикетов.

Таблица 1

Результаты исследований по нанесению на брикет гидрофобизирующей пленки

Режим нанесе- сения покры- тия	Расход ма- зута, % к массе брикета	Прочность на раздавливание, МПа		Остаточная прочность, %
		до водопог-ло- щения	после водо- пог-лощения	
Сульфатное мыло				
1	3,2	4,51	1,63	36,1
2	2,4	5,47	3,60	65,8
3	0,8	5,28	4,89	92,7
Меласса				
1	3,5	4,28	2,21	51,6
2	2,6	5,12	3,91	76,3
3	0,7	5,33	5,08	95,4
Лигносulfонат				
1	3,4	4,85	3,15	64,9
2	2,3	5,74	4,66	81,2
3	0,7	5,63	5,54	98,5

Как показали результаты экспериментов, обработка мазутом полученного топлива материала в сыром виде при использовании всех исследуемых связующих позволяет достичь некоторого повышения уровня водостойкости конечного продукта.

Особенно резкого улучшения свойств удастся добиться при покрытии брикетов, полученных на базе сульфатного мыла, в сравнении с использованием комплексного связующего.

Термообработка для получения максимальной прочности при применении первого режима должна производиться при температурах на 30–50⁰С выше, чем в случае отсутствия гидрофобизирующей пленки.

Отрицательным является несмачивание мазутом отдельных участков брикета, что сказывается на конечных результатах.

Наибольшая водостойкость брикетов обеспечивается при покрытии готового термообработанного материала гидрофобной пленкой с последующим ококованием.

Недостатком этой технологии является необходимость дополнительной операции нагрева брикетов.

Наиболее экономичным и достаточно эффективным способом гидрофобизации поверхности продукта следует считать нанесение пленки мазута на горячий брикет после операции сушки и термообработки.

В табл. 2 приведены данные об остаточной прочности брикетов, полученных в режиме 3, после воздействия влаги. Более высокие

результаты достигаются при повышенных температурах нагрева, что связано с увеличением запаса тепла, обеспечивающего коксование мазута в пленке.

Таблица 2

Зависимость остаточной прочности брикетов от температуры нагрева при обработке мазутом

Температура t, °C	Остаточная прочность P _o , %		
	лигносульфонат	меласса	сульфатное мыло
200	67,5	47,50	20,83
225	80,83	68,33	50,00
250	91,67	80,00	65,83
275	95,83	90,00	77,50
300	97,50	93,33	84,17
350	99,17	98,33	95,83

В последнем случае удастся достичь минимального расхода нефтепродукта. Это объясняется снижением вязкости мазута при контакте с нагретыми брикетами и более полным стеканием его с поверхности.

Выводы.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что покрытие водоотталкивающей пленкой полученного продукта может быть применено для любых видов водорастворимых связующих.

Перечень ссылок

1. Н. И. Буравчук, О.В. Гурьянова. Исследование водостойкости топливных брикетов / Химия твердого топлива. – 2023, № 5 – с. 38 – 42.

2. Окускование минерального сырья и продуктов его переработки : монография / А. Н. Корчевский, Е. И. Назимко, В. Г. Самойлик, Л. И. Серафимова, Н. А. Звягинцева, В.И. Симоненко, К.А. Холодов; ГОУВПО «ДОННТУ». – Донецк : ДОННТУ, 2019. – 338 с.

УДК 622.831

ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНОГО МАССИВА НА ПАРАМЕТРЫ СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Ф.М. Голубев, А.В. Тонофа, И.А. Украинский
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
f_golubev@list.ru

Аннотация. В статье исследуется комплексное влияние литолого-структурных характеристик и степени катагенеза угольных пластов на формирование зон деформации и параметры сдвижения земной поверхности при подземной добыче угля. Результаты работы являются основой для уточнения прогноза сдвижений в условиях отработки пластовых месторождений.

Annotation. The article explores the integrated effect of lithological-structural characteristics and the degree of catagenesis of coal seams on the formation of deformation zones and subsidence parameters of the Earth's surface during underground coal mining. The research outcomes form the basis for refining subsidence forecasting models under conditions of exploitation of stratiform ore deposits.

Ключевые слова: сдвижение горных пород, морфология, катагенез, метаморфизм, прочность, подработка, геомеханическое моделирование.

Keywords: rock mass movements, morphology, catagenesis, metamorphism, strength, undermining, geomechanical modeling.

Прогноз сдвижения горных пород при подземной разработке пластовых месторождений является фундаментальной задачей горной науки, от точности решения которой зависит безопасность ведения работ и сохранность объектов на земной поверхности. Существующие методы прогноза [1, 2] часто опираются на усредненные параметры массива, не в полной мере учитывающие его генетическую неоднородность. В частности, недостаточно изучено влияние исходных геологических факторов формирования угольного пласта - его морфологии и степени катагенеза (метаморфизма) на механизм и интенсивность деформаций при отработке пластовых месторождений подземным способом. В работе сделан анализ взаимосвязи между морфолого-генетическими характеристиками угольных пластов и параметрами сдвижения горного массива. Задачи исследования: систематизировать влияние морфологических параметров пласта (мощность, угол падения, внутренняя неоднородность) на процесс обрушения кровли. Оценить влияние степени катагенеза на изменение механических свойств угля и вмещающих пород.

Влияние морфологии пласта зачастую учитывается на стадии проектирования отработки месторождения. Морфологические особенности пласта являются первичным фактором, определяющим геометрию выработанного пространства и, как следствие, механизм обрушения. В некоторых случаях, морфологические особенности пласта игнорируются ввиду решения более технологически приоритетных задач, например, при диагональном расположении лав, позволяющем оптимизировать объем добычи угля (рис. 1). В таких случаях при расчете деформаций следует учитывать специфику наложения зон растяжения и сжатия от лав с различным ориентированием. Наложение таких форм сдвижений может провоцировать как возникновение деформаций кручения, так и компенсировать знак деформации соседней лавы.

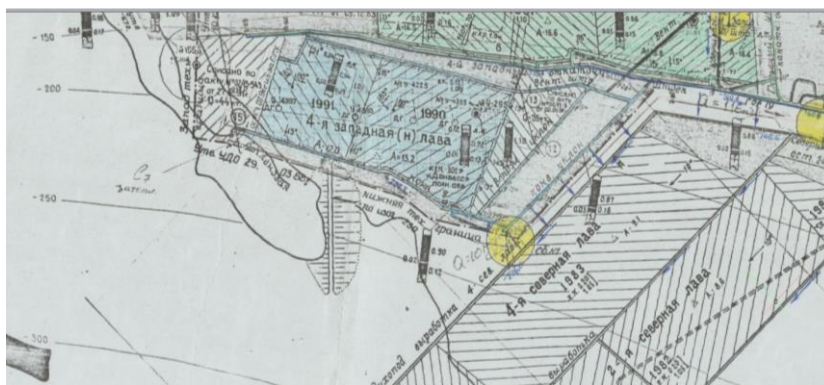


Рис. 1. Расположение лав пласта I₇ шахты «Дрогобычская»

Стоит отметить, что усреднение мощности пласта также приводит к погрешностям в результатах расчетов. Даже в условиях выдержанных пластов перепад мощности в пределах контура выработки может достигать 12-15 % (рис. 2). Подобные перепады способны приводить к погрешностям в расчетах деформаций достигающим 10-12 %.

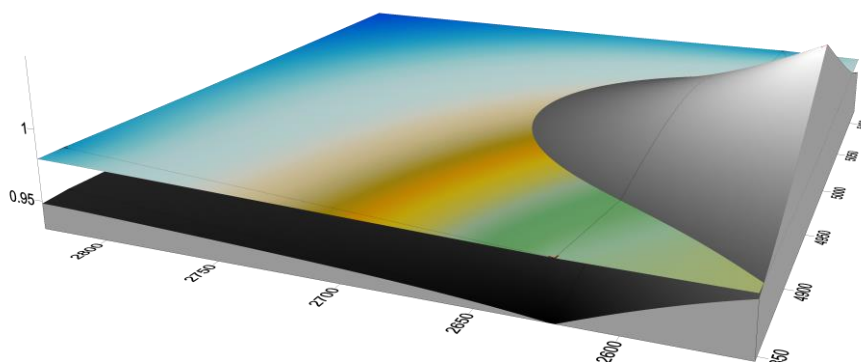


Рис. 2. Сравнение усредненной мощности угольного пласта и фактической

Существующие нормативные документы учитывают влияние основных горнотехнических факторов, но игнорируют литологию. Горные породы имеют разное сопротивление к деформациям. В результате испытаний пород на одноосное сжатие механические свойства одного типа породы могут отличаться в 1,25-1,5 раза. В результате анализа более 50 скважин, расположенных на территории шахтоуправления «Кировское» было установлено, что предел прочности горных пород на одних и тех же глубинах и в пределах одной горной выработки может существенно изменяться. С увеличением глубины залегания предел прочности увеличивается (рис. 3), следовательно, должны изменяться и параметры сдвижения.

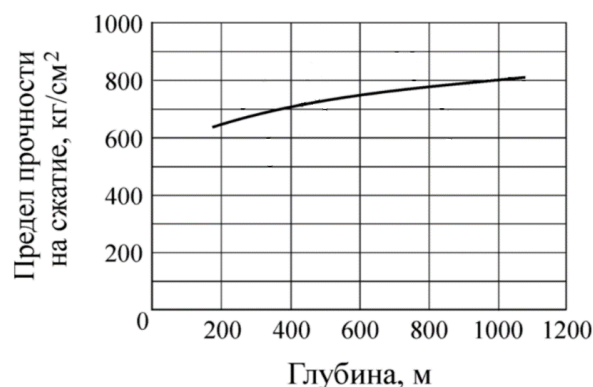


Рис. 3. Предел прочности песчаников шахтоуправления «Кировское»

Важным обстоятельством является тот факт, что степень метаморфизма горных пород изменяется не только с глубиной, но и существенно варьируется от района к району (рис. 4).

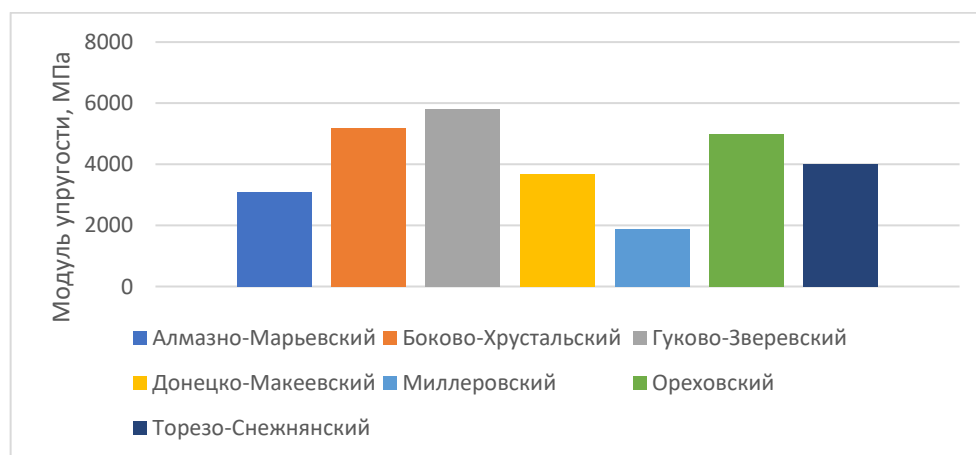


Рис. 4. Модуль упругости песчаников в различных угленосных районах Донбасса

Практика расчетов деформаций земной поверхности и обследования нескольких тысяч зданий и сооружений показывает наличие влияния упругих свойств массива как на размеры зоны влияния горной выработки, так и на величину оседаний. Литологический состав массива играет решающую роль при формировании саморасклинивающихся и зависающих систем. При наличии прочной основной кровли высокой мощности (системы порода-мост) зависания могут достигать сотен метров (рис. 5) и при отсутствии принудительной посадки могут обрушаться самопроизвольно, провоцируя не только процесс сдвижения, но и сейсмические явления.

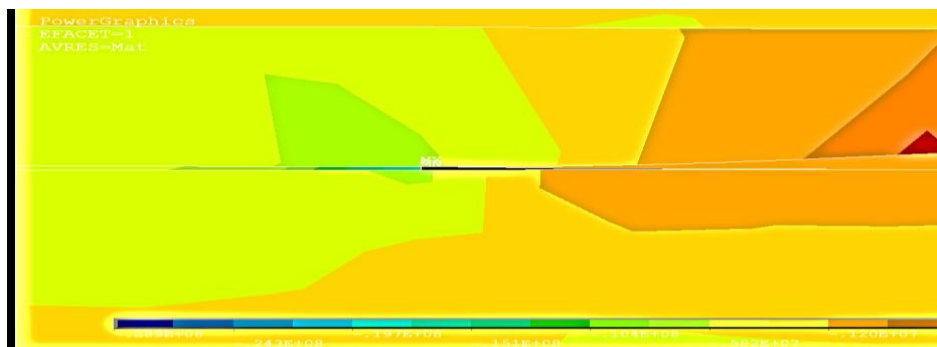


Рис. 5. Распределение напряжений в плоскости X при аргиллите средней мощности в непосредственной кровле и порода-мосте песчаника в основной кровле

Вывод. В результате проведенных исследований можно сделать вывод о возможности корректировки существующих нормативных документов, регламентирующих параметры охраны выработок, зданий и сооружений на основании учета литолого-структурных характеристик и степени катагенеза угольных пластов. Доказано, что как морфология пласта (мощность, выдержанность, наличие прослоев), так и степень катагенеза горных пород определяют характер обрушения кровли, в то время как литологическое строение, оказывает влияние на модуль деформации массива и кинетику оседания.

Перечень ссылок

1. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом [текст]. - Киев, 2004. - 127 с.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях [текст]: ПБ 07-269-98: утв. Госгортехнадзором России 16.03.1998: введ. в действие с 01.10.1998. - М., 1998. - 203 с.

УДК 553.521 (477.62)

КАМЕННОМОГИЛЬСКИЙ ГРАНИТНЫЙ КОМПЛЕКС ПРИАЗОВЬЯ. ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Е.В. Седова, А.В. Долик
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический
университет»,
г. Донецк
ev-sedova@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается история геологических исследований (геология, петрология, возраст и рудоносность) массива Каменные могилы, на территории которого расположен одноименный заповедник.

Annotation. The article is concerned with the history of geological studies (geology, petrology, age and ore content) of Kamennye Mogily complex in whose territory national park of the same name is located.

Ключевые слова: геология, петрография, минералогия, петрохимия, геохимия, возраст пород, магматические породы.

Keyword: geology, petrogeny, mineralogy, petrochemistry, geochemistry, rock age, igneous rock.

Большинством геологов в составе каменномогильского комплекса принято считать четыре относительно небольших гранитных массива: Каменные Могилы (площадь 11 км²), Екатериновский (30 км²), Ново-Янисольский (около 5 км²) и Стародубовский (около 4 км²). Данный комплекс также включает мелкие гранитные тела, расположенные вблизи Ново-Янисольского массива и многочисленные дайки гранит-порфиров и кварцевых порфиров, некоторые из которых определяются как топазовые риолиты или онгониты.

Каменномогильский гранитоидный комплекс, несмотря на незначительные размеры и немногочисленность составляющих его массивов, является заметным и важным элементом геологического строения Приазовского блока Украинского щита. В качестве самостоятельного подразделения он был выделен М.Н. Ивантишиным в 1960 г. [1] и с тех пор значится под этим названием во всех вариантах унифицированных схем стратиграфии и магматизма Украинского щита, начиная с самого раннего варианта (1970 г.).

Примерно, за полстолетия, прошедшего со времени выделения каменномогильского комплекса, было опубликовано много работ, посвященных как специальному выделению данного комплекса, так и

обоснованию и совершенствованию схемы магматизма данного региона в целом [2].

Независимо от «официального признания» комплекса, термин «граниты каменномогильского типа», под которым понимаются характерные розовые или розовато-серые порфировидные, с выделениями калиевого полевого шпата, и с крупно- или среднезернистой основной массой биотитовые, двуслюдяные, амфибол-биотитовые граниты, является общепринятым среди геологов, проводивших работы в Приазовье [3].

Массивы комплекса размещаются в пределах Восточно-Приазовской зоны (субблока) Приазовского блока Украинского щита. Тектоническая структура, к которой они приурочены, известна под названием Центрально-Приазовской структурно-формационной зоны (Центрально-Приазовский, или Мангушский синклиорий). Массивы прорывают гнейсовые-мigmatитовые толщи архея и локализованы в зонах крупных разломов или на их пересечении.

История исследования гранитных массивов каменномогильского комплекса началась еще в XIX в. Первые упоминания о гранитах Каменных Могил с указанием местонахождения содержатся в статье известного исследователя геологии Приазовья, харьковского профессора С.Д. Конткевича и относятся к 1881 г. [4]. Фактически они уже были известны А.Б. Иваницкому, опубликовавшему в 1833 г. «Геогностическое описание Мариупольского округа» [5], в которой он дает развернутую геологическую характеристику территории бассейнов рек Кальмиуса и Миуса. Статья иллюстрировалась составленной им картой маршрутов по р. Кальчик и ее притокам.

Кроме того, существуют более определенные данные, чем в работах А.Б. Иваницкого [5], о том, что граниты и пегматиты Каменных Могил были известны профессору Парижской горной школы Фредерику Ле-Пле, который в 1837-1839 гг. производил вместе с сотрудниками первые систематические геологосъемочные работы в южной части Донецкого бассейна и в Приазовье. По итогам этих работ Ф. Ле-Пле была составлена и опубликована геологическая карта Мариупольского уезда масштаба 10 верст в одном (английском) дюйме (1:420000) с очень содержательной для того времени объяснительной запиской [6].

В 1903 г. варшавский профессор И.А. Морозевич, широко известный благодаря своим исследованиям щелочных пород Приазовья в статье «О некоторых жильных породах Таганрогского округа» выделяет массив Каменные Могили в качестве самостоятельного интрузивного тела [7].

В первые десятилетия двадцатого века Каменные Могилы упоминались в работах «пионеров» изучения петрографии Приазовского блока УЩ И.А. Морозевича, П.А. Двойченко, А.С. Гинзберга, Н.И. Безбородько. Специальные публикации, посвященные породам комплекса, в этот период касаются минералогических сообщений о находках тех или иных минералов: ортита в пегматитах, топаза, берилла.

В 30-х гг. начинается систематическое изучение петрографии магматических образований Приазовья. Появляются известные монографии В.И. Лучицкого и П.И. Лебедева [8], Н.И. Безбородько [3], посвященные региональной петрографии, Л.Ф. Айнберг [1] по щелочным породам Приазовья и другие работы, формировавшие региональный «петрографический контекст».

В период 1930 – 1940-х годах публикуются работы И.Г. Сагайдака и В.И. Кузьменко [3], в которых дается уже систематическое геологическое и минералого-петрографическое описание массивов Каменные Могилы и Екатериновского массива. В это же время В.И. Кузьменко впервые была отмечена оловоносность этих массивов.

В те же годы, в статьях Ю.Ю. Юрка появляются первые данные по геохимии редких элементов в пегматитах Каменных Моги и Екатериновского массива, а также распределение лития и рубидия в циннвальдите из пегматитов. В 50-х гг. массивы изучал В.Н. Гладкий, который указал на общность морфологии и структурной позиции массивов, структурно-текстурных, минералогических, петрографических, петрохимических и геохимических особенностей пород, в широком развитии процессов грейзенизации и альбитизации [9].

В 60-х годах начинается новый этап изучения массивов каменномогильского комплекса по всей площади массивов и на глубину до 100 – 200 м от поверхности (в зависимости от конкретного массива).

Работы В.Н. Гладкого, М.Н. Ивантишина, Н.А. Елисеева, Д.П. Виноградова, В.Г. Кушева, Ю.Ю. Юрка и др., выполненные до середины 1960-х годов, основывались на изучении лишь относительно хорошо обнаженной восточной части массива Каменные Могилы и бортовых (по речкам и балкам) выходов Екатериновского и Ново-Янисольского массивов, которыми вскрывалась лишь небольшая их часть [1, 9].

С 1963 г. массивы комплекса становятся объектами детальных геолого-съемочных работ (приравненных к съемкам масштаба 1:10000), под руководством Л.Ф. Лавриненко, поисковых на Li, Be, Ta,

Nb, а позднее также на У и РЗЭ, тематических работ Приазовской КГП, выполнявшихся Г.Г. Коньковым, Р.М. Полуновским, Н.Г. Касаткиным, Л.Ф. Лавриненко и другими геологами. Эти работы проводились с перерывами на протяжении 30 лет. Было пробурено около 200 скважин колонкового бурения на глубину до 150-200 м. Выполнены большие объемы горных и геофизических работ, разнообразного опробования, сотни полных и частичных химических анализов, а также спектральных анализов пород, руд и минералов, рентген - флуоресцентных анализов на редкие земли и т.д.

В ходе этих работ был обнаружен Стародубовский массив и изучены закрытые части Каменномогильского, Екатериновского и Ново-Янисольского массивов. Это позволило получить значительно более представительную картину их внутренней структуры и вещественного состава. Кроме того, были выявлены многочисленные рудопроявления редких металлов и редких земель.

Постмагматические изменения гранитов комплекса и метасоматическая зональность в массиве Каменные Могилы изучались З.М. Ляшкевич и др. Редкометальные пегматиты рассматривались К.Н. Розановым и Л.Ф. Лавриненко, дайковые породы, относимые к каменномогильскому комплексу Н.Н. Шаталовым, А.Л. Литвиным.

В последние годы, когда нормой становятся типизация магматических образований с петролого-геохимических позиций, появляются соответствующие работы и применительно к каменномогильскому комплексу [10].

Исходя из вышеизложенного, следует сделать **вывод**: превращение в последние десятилетия Восточного Приазовья в важнейшую редкометально-редкоземельную провинцию, в частности, благодаря разведке уникального Азовского месторождения, расположенного в непосредственной близости от массивов каменномогильского комплекса, привлекает к нему внимание и с этой точки зрения. Это находит отражение в публикациях в последние годы ряда работ прогнозно-металлогенической направленности, в которых значительное место уделяется и перспективам каменномогильского комплекса.

Перечень ссылок

1. Ивантишин, М.Н. Акцессорные и редкие минералы и рассеянные элементы в гранитах и пегматитах Украинского кристаллического щита / М.Н. Ивантишин. – К.: АН УССР, 1960. – 244 с.
2. Есипчук, К.Е. Возрастное и формационное расчленение бывшего восточноприазовского комплекса щелочных и субщелочных пород / К.Е. Есипчук, Л.С. Галецкий, В.В. Васильченко, В.В. Демьяненко и др. – К.: ИГФМ, 1990. – 57 с. – (Препринт /АН УССР, Ин-т геохимии и физики минералов).
3. Кузьменко, В.И. О топазе в гранитах восточной части Приазовского кристаллического массива. Кн. 1 / В.И. Кузьменко // Материалы по геологии и гидрогеологии. – М.: Госгеолтехиздат, 1940. – С. 171-175.

4. Конткевич, С.Д. Геологические исследования в гранитной полосе Новороссии по восточную сторону реки Днепра / С.Д. Конткевич // Горн. журн. – 1881. – С. 1-2.
5. Иваницкий, А.Б. Геогностическое описание Мариупольского округа / А.Б. Иваницкий // Горный журн. – 1833. – №10. – С. 49-90.
6. Ле-Пле, Ф. Исследования каменноугольного Донецкого бассейна, произведенные в 1837-1839 годах по распоряжению А.Н. Демидова главным горным инженером и профессором в Горной Парижской школе Ле-Пле при пособии Маленко, Лаплана и Эпре // Пер. с франц. проф. Г.Е. Щуровского. – М., 1854.
7. Морозевич, И.А. О некоторых жильных породах Таганрогского округа / И.А. Морозевич // Труды Геолкома. Нов. серия. – 1903. – Вып.8.
8. Лучицкий, В.И. Петрография Украины / В.И. Лучицкий, П.И. Лебедев. – Л.: Изд-во АН СССР, 1934. – Т. 1. – 286 с.
9. Гладкий, В.Н. Порфириовидные граниты Каменных Могил и Екатериновки на Приазовье / В.Н. Гладкий // Геология СССР. – М.: Госгеолтехиздат, 1958. – Т.5. – С. 316-320.
10. Шеремет, Е. М. Редкометальные граниты Украинского щита (петрология, геохимия, геофизика и рудоносность) / Е. М. Шеремет, С. Г. Кривдик, Е. В. Седова. - Донецк: «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2014. - 250 с.

УДК 551.43584:553.551.1

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРСТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАЗВЕДКИ И ДАННЫХ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЖЕГОЛЕВСКОМ УЧАСТКЕ КАРАКУБСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФЛЮСОВЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ

А.С. Выборов, В.В. Черняева
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
chernyaeva_v_v@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме соответствия показателей карста по результатам детальной разведки и данных, полученных при эксплуатации карьера.

Annotation. The article is devoted to the problem of matching the karst indicators obtained from detailed exploration and the data obtained during quarry operation.

Ключевые слова: карьер, карст, линейный коэффициент закарстованности, геофизические исследования.

Keyword: quarry, karst, linear karst coefficient, geophysical surveys.

Каракубское месторождение флюсовых известняков расположено на территории Старобешевского района ДНР и в настоящее время разрабатывается открытым способом карьерами Северный и Жеголевский филиала №6 «Комсомольского рудоуправления» ООО «Южного горно-металлургического комплекса». Разрабатывается данное месторождение с 1934 года. За длительный период разведки и эксплуатации Каракубского месторождения в целом и Жеголевского участка в частности, с достаточной полнотой изучен минеральный и химический состав, физико-механические и технологические свойства известняков, которые в течение многих лет успешно используются металлургической, химической и другими отраслями промышленности.

Район Каракубского месторождения известняков расположен в зоне сочленения Приазовского мегаблока Украинского кристаллического щита с Донецким складчатым сооружением, что обуславливает участие в его геологическом строении разновозрастных магматических, метаморфических и осадочных комплексов пород, интенсивное проявление магматизма и тектоники.

Древнейшими образованиями в районе являются гнейсы и мигматиты архейского и раннего протерозойского возраста и связанные с ними анатектиты и метасоматиты различного состава [1]. Они

перекрываются мощной толщей пород палеозоя, в т. ч. терригенными и вулканогенными образованиями девона, стратифицированными карбонатными и песчано-сланцевыми образованиями нижнего карбона. Завершают разрез мезо-кайнозойские отложения, залегающие маломощным чехлом, в основном, на породах палеозоя.

Жеголевский участок флюсовых известняков, как и Каракубское месторождение в целом, приурочен к карбонатным породам турнейского и визейского ярусов нижнего карбона [1], которые трансгрессивно залегают на породах верхнего девона или резко несогласно на кристаллическом фундаменте.

Турнейский ярус – C_1^t - почти полностью состоит из карбонатных пород магнезиальных в своей нижней части и почти не имеющих в составе магнезия в верхней части. Мощность толщи составляет 90 м. По палеонтолого-литологическим признакам он расчленен на 4 горизонта: (снизу вверх) C_1^{ta} , C_1^{tb} , C_1^{tc} и C_1^{td} .

Визейский ярус – C_1^v – в нижней части составлен почти исключительно известняками (горизонты C_1^{va} - C_1^{vf}), в верхней – песчано-глинистыми сланцами с прослоями известняков и каменного угля (горизонт C_1^{vg}). Промышленное значение имеют горизонты C_1^{vb} и C_1^{vc} (флюсовые известняки), а также горизонт C_1^{vd} , представленный кремнистыми известняками, используемыми в строительных целях.

Падение пластов в пределах участка пологое преимущественно северо-восточное под углами, не превышающими 10° . В структурном отношении исследуемый участок представляет собой фрагмент крупной мульдообразной складки нижнекаменноугольных отложений, к оси которой приурочена долина р. Кальмиус. Река Кальмиус, протекающая рядом с Жеголевским карьером, является типично равнинной. Долина реки преимущественно V-образная, имеет пойму и две надпойменные террасы, которые отчетливыми уступами не выделяются. Продольный профиль р. Кальмиус имеет вид плавной вогнутой кривой. Уклон реки в среднем составляет 0.00073. Скорость течения реки в паводки достигает 5 км/ч, средний расход реки составляет около 6 м³/с. Наибольший подъем воды в реке наблюдается в феврале-марте, наименьший - в июне-июле. Разработка известняков, слагающих эту относительно обширную складку синклинального типа, осуществляется Южным (правый берег) и Жеголевским (левый берег) карьерами Комсомольского рудоуправления. Не смотря на отсутствие непосредственно на участке разломной крупноамплитудной тектоники, вследствие интенсивно проявившихся в свое время процессов

складкообразования, известняки в отдельных местах сильно трещиноваты.

По материалам разведочных работ 1975-1980 гг., а также разведочных работ предыдущих лет и текущего периода на данном участке Каракубского месторождения флюсовых известняков было установлено, что в карбонатных породах месторождения, наряду с процессами физического и химического выветривания, окремнения и кальцитизации, широко развит процесс выщелачивания, в результате чего в известняках образовались карстовые пустоты в форме пещер, ходов, щелей и каверн. На месторождении выделяют поверхностный (наружный) и внутренний карст [2].

Поверхностный карст образовался в результате деятельности грунтовых и поверхностных вод и имеет вид воронок и углублений на поверхности карбонатных пород. Начало образования поверхностного карста относится к палеогеновому времени, когда поверхность карбона была открытой. За длительный период карстообразования поверхность известняков приобрела вид чередующихся форм рельефа - отрицательных (карстовые овраги, вымоины, воронки) и положительных (холмы, столбы и останцы). Обычно в плане карстовые воронки имеют форму круга. Глубина их достигает от нескольких до 60 и более метров. Диаметры, примерно, изометрических воронок составляют от 3-5 до 50 м. Наибольшего развития внешней карст достигает вблизи тектонических нарушений, в долине рек Кальмиус и по балкам. На Жеголевском участке это юго-западная и юго-восточная части участка.

Внутренний карст является результатом химического и физического воздействия подземных вод на карбонатные породы. Особенно интенсивно он развит в зонах высокой трещиноватости известняковых толщ, обусловленной проявлениями дизъюнктивной и пликативной тектоники. Образованные внутренним карстом полости имеют разнообразную форму и размеры. Нередко они связаны между собой сложной системой каналов и щелей. Распространение внутреннего карста как по площади, так и в разрезе карбонатного массива неравномерно. Карстовые полости в большинстве случаев заполнены песчано-глинистым материалом разного цвета, но имеют место и пустоты. Чаще всего это каверны или карстовые щели. Карстовые полости, наблюдаемые в забоях карьера, имеют размеры по горизонтали от нескольких метров до 25-30 м, по вертикали их размеры

достигают 10-15 м. Распространение внутреннего карста как по площади, так и в разрезе карбонатного массива неравномерно.

Наличие карстовых полостей снижает качественные характеристики известняков, влияет на ведение горных работ. Поэтому для обоснования потерь карбонатного сырья при эксплуатации на стадии разведки месторождения карбонатных пород Донбасса закарстованность определяют обычно статистически по данным разведочных скважин. При этом определяется линейный коэффициент внутренней закарстованности, который рассчитывается отдельно для каждого горизонта и подгоризонта пород по формуле:

$$K_L^{BH} = \frac{\sum h_c}{\sum l_b} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где h_c – вертикальный размер карстовой полости в области бурения, м;

l_b – мощность карстующихся пород, м.

По данным геологоразведочных работ средний коэффициент закарстованности пород Жеголевского участка составляет 15,6 %.

В процессе эксплуатации месторождения геометризация карстовых форм осуществлялась с более высокой степенью точности по данным инструментальных маркшейдерских измерений, что позволяет оценить степень сходимости разведки и эксплуатации.

По данным геолого-маркшейдерской документации за 2023-2024 год было произведено сопоставление фактически погашенных запасов в отработанном контуре с данными разведки по блокам. Работы велись по условным горизонтам +73, +63, +53, +43, +33, +23 м.

Фактический коэффициент закарстованности представляет собой отношение суммы объемов закарстованных пород к общему объему известняка, выраженное в процентах, и определяется по формуле:

$$K_\phi = \frac{\sum_{i=0}^n V_k}{V_{об}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где V_k – объем закарстованных пород по горизонтам, м³;

$V_{об}$ – общий объем известняка, м³.

Фактическая закарстованность Жеголевского карьера за отчетный период составила 35%. Кроме того, в процессе отработки запасов был выполнен комплекс геофизических исследований, который позволил исследовать и закартировать такие структурные неоднородности, как зоны повышенной пористости и трещиноватости пород, а,

следовательно, и их водопроницаемости. В результате комплексной геолого-геофизической интерпретации закартированы зоны фильтрации речных вод и прослежены пути распространения сосредоточенных потоков от русла реки Кальмиус через весь исследованный прибортовой массив пород.

Выводы. В связи с не подтверждением данных разведки и данных эксплуатации по степени закарстованности карбонатных пород можно сделать вывод, что карстовые явления на данном участке работ выражены очень активно и расчетные данные о карсте в подсчетных блоках не отражают действительную картину. Это свидетельствует о недоизученности процессов карстообразования и пространственных закономерностей расположения карста. Линейный коэффициент карста не отображает истинное количество карста. Поэтому на стадии геологоразведочных работ необходимо рассчитывать не только линейный коэффициент внутренней закарстованности, но также использовать данные полученные при выполнении геофизических исследований скважин, которые позволяют выделить типы карстующих пород, особенности погребенного рельефа, глубину их залегания, установить местоположение и контуры карстовых зон и полостей.

Перечень ссылок

1. Геологический отчет о детальной разведке Жеголевского участка Каракубского месторождения флюсовых известняков (Донецкая обл.) произведенной в 1975-80 гг. с подсчетом запасов на 01.01.80 г. Том 1. Приазовская ГРЭ; А.Ф. Порохненко и др., - Волноваха, 1980. - 152 с.
2. Геолого-экономическая переоценка запасов флюсовых известняков Жеголевского участка Каракубского месторождения: Том 1. Отчет о НИР; «КРИВБАСАКАДЕМИНВЕСТ»; Т. Нестеренко, И. Федорова, Кривой-Рог, 2012. – 136 с.

УДК 81'27

КУЛЬТУРА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РЕЧИ

И.Е. Анпилогов, Т.А. Мачай
ФГБОУ ВО "Донецкий национальный технический университет",
г. Донецк
ruskafdonntu@mail.ru

Аннотация. Охарактеризовано современное состояние культуры речи. Описаны особенности снижения уровня культуры речи разными социальными слоями ее носителей. Конкретизированы причины распространения ненормативной лексики в среде специалистов.

Annotation. Characterized is the current state of speech culture. Described are the features of the decline in the level of speech culture by various social groups. Specified are the reasons for the spread of non-normative vocabulary among professionals.

Ключевые слова: культура речи, состав ее носителей, снижение уровня культуры речи, профессиональная речь, причины использования ненормативной лексики, способы борьбы за чистоту речи.

Keywords: speech culture, composition of its carriers, decline in the level of speech culture, professional speech, reasons for the use of non-normative vocabulary, ways to fight for the purity of speech.

Вопросы культуры русской речи и русской профессиональной речи, речи специалистов в разных производственных ситуациях, постоянно находятся в центре внимания ученых и практиков. Они исследуются такими известными лингвистами, как Н.В. Уфимцева, О.В. Балясникова, И.В. Анненкова, М.А. Пильгун, Г.И. Шарафутдинова, В.Д. Соколов и другие. Эти же вопросы волнуют и практиков, активных носителей русского языка. Среди них интересны наблюдения Михаила Слободина. Согласно его наблюдениям, в процессе бизнес-опыта работы в разных отраслях, широкому общению с людьми, много лет работающими в горнодобывающей промышленности, нефтяной, металлургической, коммунальной и телекоммуникационной, можно сделать некоторые выводы [1–3].

Во-первых, объем использования нецензурной лексики в каждой из указанных отраслей и в управлении, и в текущей производственной деятельности не сильно отличались друг от друга по глубине проникновения в обычную речь.

Во-вторых, на использование нецензурной лексики в профессиональной речи оказывают большое влияние условия работы, что дает богатую почву для развития этой формы самовыражения своих мыслей. Работа в опасных условиях заставляет людей формировать

такие обороты, которые максимально понятны и не допускают разных трактовок и интерпретаций. В этом плане лидируют специалисты горнодобывающей промышленности, потом идут нефтяники, металлурги, специалисты коммунальной отрасли.

В-третьих, возраст специалистов, преимущественно юный и средний, предопределяет внимание носителей русского языка к уменьшению употребления нецензурных выражений, к заботе об общей культуре общения.

В условиях современных общественных изменений одной из серьёзных проблем, затрагивающих разные сферы жизни, становится ухудшение культуры речи. Это отражается как на повседневной, так и на профессиональной коммуникации, включая среду военных и молодёжи.

В последние десятилетия наша речь заметно изменилась: в ней всё чаще встречаются слова-паразиты, ненормативная лексика, а также сленг. Особенно тревожно, что это касается не только взрослого населения, но и подростков, студентов, курсантов и даже научно-педагогического состава. Сквернословие стало настолько распространённым, что часто воспринимается как норма.

Такое «загрязнение» речи вызывает негативные эмоции у окружающих: раздражение, отвращение и, как следствие, ухудшение качества общения и взаимопонимания. Особенно остро эта проблема ощущается среди старшего поколения.

Одним из факторов распространения ненормативной лексики является снижение уровня языковой культуры среди молодёжи. На смену правильной грамматике приходит субкультура со своим сленгом. Влияние средств массовой информации и рост интернет-коммуникаций также способствуют проникновению жаргонизмов и грубых выражений в повседневную речь.

Подростков особенно привлекает сленг и ругательства как форма самовыражения и способ подчеркнуть «взрослость». В условиях слабого социального контроля – как в гражданской, так и в военной среде – это проявляется особенно ярко.

Мат сегодня можно услышать в самых неожиданных местах: в транспорте, учебных заведениях, на улицах, в казармах и даже на детских площадках. Это касается людей всех возрастов и профессий, включая артистов, писателей, преподавателей. Некоторые представители творческой среды даже предлагают признать мат как часть национальной культуры.

Исторически корни сквернословия уходят в языческие времена – тогда оно использовалось в магических обрядах. Резкий рост мата

произошёл в период революций, когда лидерам нужно было «сблизиться» с народом, говорить на его языке, демонстрируя принадлежность к простому люду.

Сегодня психологи объясняют использование мата в стрессовых ситуациях как своеобразную защитную реакцию психики. При сильных эмоциях, в условиях страха или опасности, человек прибегает к крепкому слову как к способу справиться с напряжением. Это особенно ярко проявлялось среди военных, например, в Афганистане, где психологическое давление, постоянная угроза и потеря товарищей порождали тяжёлые состояния. В таких условиях формировалась особая лексика, близкая к сленгу, хотя и не всегда переходящая в откровенную грубость.

Всё это поднимает важный вопрос: зачем бороться за культуру речи и стоит ли вообще это делать? Ответ очевиден. Культура речи – это основа уважительного и конструктивного общения. Чистая, грамотная речь способствует взаимопониманию, формирует атмосферу доверия и помогает избежать конфликтов. Безусловно, речь влияет и на имидж человека: оттого, как мы выражаем свои мысли, зависит, как нас воспринимают окружающие, особенно в профессиональной среде. Уважение к нормам языка – это не просто вопрос воспитанности, а показатель общего уровня культуры и образования.

Сохранение культуры речи необходимо не только для индивидуального развития, но и для формирования здорового, цивилизованного общества. Ведь язык – это не только средство общения, но и инструмент мышления. Засорение речи ведёт к обеднению мыслей, ограничению способностей к аналитике, аргументации, логике.

Для исправления сложившейся ситуации необходимо принимать целенаправленные меры. Прежде всего – это просвещение и воспитание с раннего возраста. В школах, вузах, семьях следует уделять внимание не только грамматике и орфографии, но и этике речи. Родители и педагоги должны служить положительным примером.

Важна и организация контроля за речью в образовательных и военных учреждениях. Это не означает введение наказаний за каждое «не то слово», а, скорее, систематическое формирование уважительного отношения к языку через лекции, беседы, занятия по риторике и культуре общения.

Также необходимо развивать культурную среду. Поддержка книг, театра, кино, в которых используется богатый, выразительный, литературный язык, помогает формировать вкус у молодёжи. Современные медиа и блогеры, имеющие широкую аудиторию, также

могут сыграть положительную роль, если начнут пропагандировать чистую и содержательную речь.

Наконец, каждый человек сам должен осознавать свою ответственность за то, как он говорит. Ведь слова – это не только звуки, но и выражение наших мыслей, чувств, уровня развития. Уважение к речи – это уважение к самому себе и к другим.

Вывод. проблема низкой речевой культуры – это не просто вопрос языка, а отражение глубинных социальных, культурных и психологических процессов. Решение требует не только просвещения, но и усилий общества по восстановлению уважения к нормам культурной речи. Только так мы сможем сохранить богатство русского языка и передать его будущим поколениям в достойном виде.

Перечень ссылок

1. Cyberleninka [электронный ресурс].
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/leksicheskiy-musor-zasoryayuschiy-nashu-rech/viewer> (Дата обращения 20.10.2025 г.).
2. Samgups [электронный ресурс].
URL: <https://www.samgups.ru/education/studentam/stranichka-psikhologa/o-vrede-skvernosloviya/> (Дата обращения 20.10.2025 г.).
3. Wikihow [электронный ресурс].
URL: <https://ru.wikihow.com/перестать-ругаться-матом> (Дата обращения 20.10.2025 г.).

УДК 81' 27

НУЖНО ЛИ ЗАЩИЩАТЬ РУССКИЙ ЯЗЫК?

Ю.Е. Анпилогов, Т.А. Мачай
ФГБОУ ВО "Донецкий национальный технический университет",
г. Донецк
ruskafdonntu@mail.ru

Аннотация. Охарактеризовано понятие "русский язык". Указано его место и роль в международном общении. Выявлены особенности современного состояния русского языка. Описаны проблемы функционирования русского языка в межкультурном пространстве. Предложены способы его защиты.

Annotation. The concept of "Russian language" is characterized. Its place and role in international communication are indicated. The features of the current state of the Russian language are revealed. The problems of the functioning of the Russian language in the intercultural space are described. Ways of its protection are proposed.

Ключевые слова: русский язык, международное общение, особенности современной коммуникации, роль языка в жизни нации, способы защиты русского языка.

Keywords: Russian language, international communication, features of modern communication, role of language in the life of the nation, ways to protect the Russian language.

Язык – это не просто средство общения. Это живой организм, отражающий культуру, историю, мировоззрение народа. Русский язык – один из крупнейших языков мира. Он занимает 8-е место по числу говорящих, является официальным языком ООН и используется на территории более чем 15 стран. Тем не менее, несмотря на столь высокий статус, в последние десятилетия тема защиты русского языка стала как никогда актуальной [1, 2].

Глобализация, массовая миграция, доминирование англоязычной культуры, цифровая трансформация коммуникации – всё это влияет на облик русского языка, на его развитие и, увы, на его искажение. Возникает вопрос: нужно ли защищать русский язык? Если да, то от чего и как это делать?

Во-первых, язык – это основа национальной идентичности. Русский язык – это не просто набор слов и грамматических правил. Это хранилище духовных и культурных ценностей. Через язык передаются традиции, фольклор, мировоззрение, философия народа.

Аргументы: потеря языка означает потерю национальной идентичности. Защита языка – это защита культуры и исторической памяти. В странах, где русский язык вытесняется, происходит

культурная изоляция русскоязычного населения. Пример: В странах Балтии и на Украине наблюдается ограничение использования русского языка в образовании, СМИ и делопроизводстве.

Это приводит к отчуждению и дискриминации русскоязычных граждан.

Во-вторых, препятствия, с которыми сталкивается русский язык, точнее его носители:

Англицизмы и заимствования. Современная молодёжь всё чаще использует в речи иностранные слова: «лайк», «респект», «девайс», «менеджер», «стартап» и т.д. Заимствования сами по себе не вредны, если они обогащают язык. Но чрезмерное использование англицизмов и вытеснение исконных слов может привести к потере языковой самобытности.

Упрощение и искажение речи. С приходом социальных сетей и мессенджеров речь стала более фрагментарной, сокращённой. Молодёжь предпочитает общаться с помощью эмодзи, мемов и сленгов, забывая о богатстве родного языка.

Уровень грамотности. Снижение интереса к чтению, сокращение часов литературы и русского языка в школе, а также общее падение уровня образования ведут к ухудшению грамотности населения.

Правовые и культурные механизмы защиты языка
Законодательная защита. В Конституции Российской Федерации (статья 68) русский язык признан государственным языком. Существует закон «О государственном языке Российской Федерации», регламентирующий его использование в органах власти, образовании, СМИ и т.д.

Поддержка русского языка за рубежом. Россия реализует культурные и образовательные программы, направленные на поддержку русскоязычного населения в других странах. Работа Русского мира, Россотрудничества и других организаций направлена на распространение и сохранение языка.

Роль семьи и школы. Именно в семье и в школе закладываются основы грамотной речи, любви к родному языку. Если ребёнок с ранних лет слышит красивую, выразительную речь, если его приучают к чтению, то он сохранит уважение к языку на всю жизнь.

Историко-культурный контекст. Русский язык переживал разные этапы: он развивался, реформировался, подвергался гонениям и вновь возрождался. XVIII век – реформа Петра I, сближение языка с западной культурой. XIX век – золотой век русской литературы: Пушкин, Лермонтов, Гоголь, Достоевский, Толстой. XX век – распространение русского языка на территории СССР, формирование

языкового единства среди народов страны. Постсоветский период – утрата позиций за пределами России, распространение англицизмов и глобализация.

История показывает: язык жив, пока он нужен людям. Но его нужно поддерживать, как поддерживают огонь – иначе он угаснет.

Возражения и альтернативная точка зрения. Некоторые утверждают, что язык не нуждается в защите, что он развивается естественным путём. Действительно, язык – это динамичная структура, и заимствования, трансформации и упрощения – нормальный процесс. К контраргументам следует отнести такие положения.

Без регулирования и осознанного отношения язык может деградировать.

Отсутствие защиты приводит к тому, что сильные культуры вытесняют слабые.

Естественная эволюция языка не исключает его защиты от агрессивного влияния.

Выводы. Защита русского языка – не прихоть, а необходимость. Это не означает отказ от заимствований или закрытость к внешнему миру. Это значит – сохранить грамматическую, лексическую, стилистическую целостность языка, его выразительность и красоту. Нужно защищать русский язык от бездумного засорения иностранными словами; от снижения уровня грамотности; от потери культурной глубины; от вытеснения в русскоязычных регионах.

Язык – зеркало нации. Как мы относимся к своему языку, так мы относимся к своей культуре, истории и будущему. Пусть русский язык продолжает звучать ярко, глубоко и гордо – в книгах, песнях, науке, в сердцах миллионов людей.

Перечень ссылок

1. Об истории русского языка [электронный ресурс]. URL: https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/431649/Ob_istorii_russkogo_yazyka (Дата обращения 20.10.2025 г.).
2. Успенский Б.А. История русского литературного языка / Б.А. Успенский. – М.: Языки русской культуры, 2000. – 557 с

УДК 640.4:004

CREATIVE APPROACH IN THE CONTEXT OF MODERN TECHNOLOGIES: FEATURES OF THE PROFESSIONAL ORIENTATION DEVELOPING

С.Г. Соловьев

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики
и торговли имени Михаила Туган-Барановского»,
г. Донецк

solergei@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются некоторые аспекты применения современных цифровых технологий в процессе формирования профессиональной идентичности специалиста (на примере индустрии гостеприимства) на основе творческого подхода. Статья предлагает инновационные подходы к формированию профессиональной направленности сотрудников индустрии гостеприимства, имеет перспективное практическое значение, будет интересна психолого-педагогическим работникам.

Annotation. This article examines some aspects of using modern digital technologies in developing the professional identity (in instances of hospitality professionals) through a creative approach. This article offers innovative approaches to developing the professional orientation of hospitality employees, has promising practical implications, and will be of interest to psychology and education professionals.

Ключевые слова: творческий подход, цифровые технологии, технотворчество, формирование профессиональной направленности, профессиональная идентичность.

Keywords: creativity, digital technologies, techno-creativity, developing professional orientation, professional identity.

In today's constantly evolving technological landscape, it's difficult to overestimate the importance of a creative approach in any socially significant activity, whether it be teaching in the hospitality industry, developing the next bring-up event, or shaping a student's professional orientation. The rapid pace of change in the modern world highlights the importance of a creative approach, which today is no longer just a "desirable addition," but a necessary component of high-quality professional education [1].

Analysis of the above thesis involves considering several key aspects, determined, on the one hand, by the increasing speed of technological change occurring in the modern world and, on the other, by the complexity of interacting with fairly balanced and somewhat rigid cognitive processes, in terms of which the concept of personal orientation and the equally capacious

concept of creativity are described. First of all, it should be noted that technology in the modern world is not simply tools, but a new human habitat.

However, technology itself is merely "raw power." It is precisely the creative approach that is the "driver" that transforms this power into a finished result in the form of innovation, capable of solving complex problems and imbuing technology with a human, meaningful dimension. For a young person developing their professional identity becomes critically important. Professional orientation, as a holistic system of stable motives, interests, and goals, is linked to a specific professional field. The use of modern technologies and a creative approach fundamentally change the process of its formation. Indeed, personality orientation, in terms of general psychology, represents a crucial property of personality content, which, as a whole, expresses the dynamics of human development as a social being and the fundamental tendencies of their behavior.

Personality orientation is traditionally defined as a set of stable motives, views, beliefs, needs, and aspirations that orient a person toward a certain behavior and type of activity, toward the achievement of relatively complex goals. According to A.A. Radugin [2], personality orientation is a set of stable motives, relatively independent of the situation, that guide the individual's selective activity. Personal direction is associated with self-development, self-determination, self-improvement, and constructive self-affirmation [3]. Creativity in the digital age is fundamentally changing the process of developing the professional orientation of future hospitality professionals. This is no longer simply adding IT courses to the curriculum, but a fundamental transformation of methods, content, and even thinking. While creativity in hospitality was previously associated with the art of table setting, room decor, or entertainment, today it is the ability to use digital tools to design, personalize, and enhance the guest experience at all stages. This requires developing digital competencies in industry professionals, which, in turn, will form the foundation for shaping the professional orientation of future professionals. In this context, the precise definition of digital competence, in our opinion, is the following definition proposed by Calvani, Fini and Ranieri [4]: "Digital competence consists of the ability to explore, analyze, select and critically evaluate data and information, to use technological potential to represent and solve problems and to create common and shared knowledge, while simultaneously increasing awareness, personal responsibility and respect for mutual rights/obligations."

Key features of developing digital competencies, and more broadly, professional skills, require a transformation of the educational environment: from lectures to immersive creative labs that allow students to develop skills using virtual reality tools, immersing themselves in the space of a virtual

hotel or restaurant, practicing dialogues with virtual guests (including "difficult" ones), learning to accommodate virtual tour groups, and managing a virtual event space. Using gamification and simulation, it becomes possible to transform a rather boring course into an engaging game about managing a virtual hotel, where students must achieve guest satisfaction KPIs, optimize revenue, and respond to crises (for example, a pandemic or a booking system failure). In the context of data-driven creativity, students are taught not to fear big data, but to use it for creative purposes. To analyze guests' digital traces (search history, social media reviews, booking preferences) and, based on this, learn to anticipate their desires: if a guest searched for vegan restaurants and tours with an eco-guide, a creative welcome pack and personalized recommendations could be created; to create personalized offers: if AI suggests that a guest often travels with a dog, a creative approach could be to develop a "dog-themed" welcome pack and a map of dog walking areas.

Soft skills are developed through technological tools, such as collaborative platforms like Trello, Asana, and Miro, where students work on projects in virtual teams, simulating the real-life work of a distributed hotel office (for example, coordinating a wedding between sales, catering, and accommodation services). Thus, educators and mentors emphasize the ethics of data use and the importance of the "human touch" in a world of chatbots and digital concierges. Creativity here manifests itself in finding a balance between the ability to effectively solve a guest's problem using AI and instances where personal, empathetic intervention by a manager is necessary. Certainly, a creative approach to the application of modern technologies is transforming the process of developing a professional focus from a linear one to a project-based, immersive one. Future hospitality professionals are now being shaped as digital humanists who deeply understand people and are adept at using technology to serve them; data creatives who are able to see data as a source for designing unique guest experiences; and proactive experience designers who is not waiting for the instructions, but uses digital tools to anticipate customer desires and creatively solve problems.

Conclusion. Thus, a creative approach is a system-forming factor in the development of a student's professional orientation in the information society. It transforms the student's personality, turning it from an object of learning into a subject of professional activity, helping them not only to assimilate knowledge but also to become a flexible, motivated, and reflective professional, capable of self-realization, innovation, and the adoption of flexible and innovative solutions in their future career. Modern technologies are not simply a "supplement" to professional training, but a catalyst for creative rethinking of the profession itself, requiring a fundamentally new type of

thinking from future specialists—flexible, analytical, and at the same time, warm and compassionate.

Перечень ссылок

1. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. М.,1975
2. Культурология /под ред. А.А. Радугина М.: Центр, 2002 - 224 с.
3. Андреева Г.М. Социальная психология. - М.,1994 г.
4. Calvani, A., Fini, A., & Ranieri, M. Assessing digital competence in secondary education. Issues, models and instruments. In M. Learning (Ed.), Issues in information and media literacy: Education, practice and pedagogy. - Santa Rosa, CA: Informing Science Press, 2009. P. 153.

УДК: 81`27

РУССКАЯ ЛИНГВОКУЛЬТУРА И СОВРЕМЕННОСТЬ

А.А. Бабич, Е.А. Вергелес

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,

г. Донецк

alinababic044@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена исследованию актуальных аспектов русской лингвокультуры в современном контексте. Анализируется влияние глобализационных процессов, развитие цифровых технологий и изменения в обществе на функционирование и восприятие русского языка. Особое внимание уделяется сохранению исконных культурных смыслов и их трансформации в современной языковой среде.

Annotation. The article is devoted to the research of actual aspects of Russian linguoculture in the modern context. The influence of globalization processes, the development of digital technologies, and societal changes on the functioning and perception of the Russian language is analyzed. Special attention is paid to the preservation of original cultural meanings and their transformation in the modern linguistic environment.

Ключевые слова: русская лингвокультура, современный русский язык, языковая политика, культурные коды, глобализация, цифровая среда.

Keywords: Russian linguoculture, modern Russian language, language policy, cultural codes, globalization, digital environment.

Русская лингвокультура, как сложный и многогранный феномен, находится в постоянном движении, отражая динамику развития общества и его ценностей. В современном мире, характеризующемся ускоренными темпами изменений, глобализационными процессами и активным проникновением цифровых технологий, русская языковая картина мира претерпевает существенные трансформации, сохраняя при этом свою уникальность и глубокую укорененность в национальной истории и менталитете.

Одной из ключевых особенностей современной русской лингвокультуры является ее двойственность: с одной стороны, наблюдается стремление к сохранению исконных культурных кодов, традиционных смыслов и норм, а с другой – активное взаимодействие с глобальными языковыми и культурными трендами [1]. Так, проникновение англицизмов, формирование новых лексических единиц, связанных с информационными технологиями и современными реалиями, является неизбежным процессом. Однако, важно отметить, что русский язык не просто пассивно усваивает заимствования, но зачастую трансформирует их, адаптирует к своей грамматической и фонетической системе, а иногда и создает новые слова на основе русских корней, что свидетельствует о его гибкости и жизнеспособности.

Современная русская лингвокультура активно проявляет себя в цифровой среде. Интернет, социальные сети, блоги – все это становится площадкой для свободного и зачастую неформального общения, где формируются новые языковые нормы, сленг, мемы, отражающие актуальные настроения и ценности общества. Это требует от исследователей постоянного мониторинга и анализа, чтобы понять, какие смыслы транслируются, какие культурные коды актуализируются, а какие уходят на второй план.

Важным аспектом является влияние лингвокультуры на формирование идентичности. Русский язык для носителей является не только средством коммуникации, но и носителем национальной идентичности, способом осмысления мира и своего места в нем [2]. Традиционные ценности, отраженные в пословицах, поговорках, фразеологизмах, продолжают играть значимую роль, несмотря на меняющиеся условия. Изучение таких устойчивых выражений позволяет глубже понять мировосприятие русского человека, его этические установки и поведенческие модели.

Современная русская лингвокультура также сталкивается с вызовами, связанными с языковой политикой и сохранением языкового многообразия. В условиях глобализации, русский язык, оставаясь одним из мировых языков, нуждается в поддержке и развитии. Это включает в себя пропаганду грамотности, борьбу с засорением языка, поддержание высокого уровня его употребления в различных сферах общественной жизни – от образования и науки до искусства и медиа.

Вывод. Русская лингвокультура в современности представляет собой динамичную систему, находящуюся на пересечении традиций и новаторства. Ее изучение позволяет не только понять актуальное состояние русского языка, но и глубже осознать его роль в формировании национальной идентичности, сохранении культурного наследия и обеспечении эффективной межкультурной коммуникации в условиях глобального мира.

Перечень ссылок

1. Маслова В.А. Лингвокультурология: учебное пособие. – М.: Академия, 2001. – 208 с.
2. Щерба Л.В. Языковая система и речевая деятельность. – Л.: Наука, 1974. – 428 с.

УДК: 81`27

ЗАЩИТА И СОХРАНЕНИЕ РУССКОГО ЯЗЫКА: ЭФФЕКТИВ- НЫЕ МЕРЫ

А.-М.О. Бакаева, Б.Е. Колпенский, Е.В. Юрьева
ФГБОУ ВО «Донецкая академия управления и
государственной службы»;
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный
технический университет»,
г. Донецк
07bakaevaannamaria@gmail.com
bogdankolpenskiy510@gmail.com
uriev79@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены основные меры по обеспечению сохранности и защите русского языка в современном мире, а также описаны возможные последствия, к которым может привести недостаточно внимательное отношение носителей к родному языку в повседневной сфере и деловой среде.

Annotation. The article discusses the main measures to ensure the safety and protection of the Russian language in the modern world, as well as describes the possible consequences that may result from the lack of attention of native speakers to their native language in everyday life and in the business environment.

Ключевые слова: русский язык, сохранение, защита, культура, развитие.

Keywords: Russian language, safety, protection, culture, development.

Русский язык – это не просто набор грамматических правил и лексических единиц, это живая душа народа, многовековое хранилище его истории, культуры и духовного опыта. Через язык передаются традиции, ценности, особенности мышления и восприятия мира. Потеря языка – это не просто утрата средства коммуникации, а исчезновение целого пласта культуры, уникального способа видеть и описывать действительность.

Русский язык всегда был объединяющим фактором для миллионов людей. Он соединял народы огромного государства, формировал общее культурное пространство, становился инструментом познания мира и самовыражения. Литературное наследие России – от А. С. Пушкина и Л. Н. Толстого до А. А. Ахматовой и А. П. Платонова – неразрывно связано с богатством и выразительностью русского языка. Бережное отношение к нему – это не формальность, а проявление уважения к собственной истории и культуре.

Через язык мы усваиваем «культурный код»: понимаем, что такое «соборность» и «душевность», чем «тоска» отличается от «грусти»,

почему «авось» – это не просто слово, а целое мировоззрение. Каждое слово, каждый фразеологизм – это капля народной мудрости, историческая память, отлитая в речи. Утрачивая язык, мы рискуем утратить ключ к пониманию самих себя, своей истории и своих корней.

Кроме того, язык – это мощный инструмент развития и мышления. Как утверждал Л. С. Выготский, мысль рождается и формируется в слове [1]. Богатство и гибкость русского языка, его способность к словообразованию и образности, напрямую влияют на интеллектуальный потенциал нации. Обеднение языка, его засорение жаргонизмами, неуместными заимствованиями и примитивными конструкциями ведет к обеднению мышления. Защищая язык, мы защищаем нашу способность к тонкому анализу, глубокому чувствованию и творческому выражению.

Так что же значит «защищать» русский язык в XXI веке? Это не означает возводить вокруг него неприступную стену и отказываться от всего иностранного. Защита – это не изоляция, а сознательное и бережное развитие.

Защита языка предполагает:

1. Личную ответственность каждого носителя. Стремление говорить и писать грамотно, ясно и красиво, расширять свой словарный запас, читать классическую и современную качественную литературу. Это уважение к языку в повседневном общении.

2. Поддержку со стороны государства и общества. Эффективную языковую политику в образовании, науке и СМИ. Важно, чтобы русский язык оставался полноценным инструментом во всех сферах жизни – от дипломатии до IT.

3. Борьбу не с заимствованиями, а с языковой ленью. Заимствования – естественный процесс, но проблема возникает тогда, когда они вытесняют точные и емкие русские аналоги без всякой необходимости. Следует отметить, что значительная часть населения нашей страны понимает остроту данной проблемы и ищет пути её решения. Определенные шаги в борьбе с избыточными заимствованиями делаются и на законодательном уровне. Так, с 1 марта 2026 года вступят в силу новые требования к оформлению потребительской информации [2]. Поправки к закону «О защите прав потребителей» обяжут бизнес использовать русские слова в публичных пространствах. Это касается вывесок, надписей, указателей, информационных табличек, знаков, конструкций и любых других носителей, где компания может размещать информацию для потребителей, например, табличек open и closed, надписей sale, discount, free и др. Закон не запрещает использовать иностранные языки, но требует, чтобы информация для потребителей в первую

очередь была на русском языке, что значительно облегчит жизнь простых граждан и не будет вводить их в заблуждение. Информацию можно дублировать на другие языки, но исключительно в качестве вторичной.

4. Развитие и адаптацию. Язык должен жить и меняться, но эти изменения должны быть органичными, а не хаотичными. Защита означает помощь языку в его естественном развитии, а не консервацию в неизменном виде.

Новые слова зачастую появляются в силу своей необходимости людям, владеющим той или иной профессией. Например, человеку, связавшему свою жизнь с компьютерной техникой целесообразнее употреблять в речи именно английские слова, так как найти перевод некоторых из них зачастую бывает не просто трудно, но иногда и вовсе невозможно. Такие слова – неологизмы, и распространение их в современной речи в век научного прогресса – не только неизбежный процесс, но и достаточно безобидное явление для языка. Этот процесс скорее можно отнести к развитию языка, чем к его деградации [3, с. 96].

Вывод. Защищать русский язык необходимо – не из-за страха перед утратой, а из-за любви и ответственности перед культурным наследием. Именно язык формирует наше мышление, объединяет общество и помогает сохранять духовные основы нации. Уважение к родному слову, стремление говорить грамотно и осмысленно – это не просто личное дело каждого, а вклад в будущее страны, её культурную устойчивость и самобытность.

Перечень ссылок

1. Выготский, Л.С. Мысль и слово / Л.С. Выготский. – Москва; Воронеж // Психология развития как феномен культуры : избранные психологические труды / Л.С. Выготский. – Москва : Институт практической психологии ; Воронеж : НПО 'МОДЭК', 1996. – С. 393-470.
2. Федеральный закон от 24.06.2025 № 168-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации".
3. Иова М. П., Дзюбан В. В. Сохранение и защита русского языка // Вестник УМЦ. 2018. №4 (21). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sohranenie-i-zaschita-russkogo-yazyka> (дата обращения 20.10.2025 г.).

УДК: 81'27

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ И ЗНАЧИМОСТИ РУССКОГО ЯЗЫКА В КОНТЕКСТЕ ГЛОБАЛИЗАЦИИ И КУЛЬТУРНОГО ОБ- МЕНА

М.В. Цукуров, Е.В. Юрьева
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
lol231542345@mail.ru

Аннотация. В работе обозначены современные вызовы, связанные с глобализацией и засильем иностранных слов, ведущие к обеднению речи и угрозе национальной самобытности. Статья призывает к осознанному отношению к родному языку, выделяя ответственность каждого человека, государства и системы образования. Кроме того, автор подчеркивает объединяющую роль языка, его отражение в фольклоре и классической литературе, а также его значение в формировании образа русского человека.

Annotation. The paper identifies modern challenges associated with globalization and the dominance of foreign words, leading to the impoverishment of speech and the threat to national identity. The article calls for a conscious attitude to the native language, highlighting the responsibility of each person, the state and the education system. In addition, the author emphasizes the unifying role of language, its reflection in folklore and classical literature, as well as its importance in the formation of the image of the Russian person.

Ключевые слова: русский язык, национальная идентичность, фольклор, классическая литература, образ русского человека, народная мудрость, историческое наследие.

Keywords: Russian language, national identity, folklore, classical literature, image of the Russian person, folk wisdom, historical heritage.

Русский язык – один из самых богатых и выразительных языков мира, хранящий в себе многовековую историю, культуру и традиции русского народа. Он является не просто средством общения, но важнейшим элементом национальной идентичности. Через язык человек осознаёт свою принадлежность к народу, к родной земле, к культурному и историческому пространству. Сохранение и развитие русского языка – это сохранение памяти, характера и духа нации.

На протяжении всей истории России язык играл объединяющую роль. Он связывал людей разных сословий, регионов, вероисповеданий и помогал создавать общее культурное пространство. Именно через язык формировались национальные идеи, выражались чувства патриотизма и любви к Родине. Недаром великий русский писатель Иван Тургенев писал: «Во дни сомнений, во дни тягостных раздумий о судьбах

моей родины – ты один мне поддержка и опора, великий, могучий, правдивый и свободный русский язык!» [1]. Эти слова остаются актуальными и сегодня, потому что язык действительно способен объединять людей, даже когда времена меняются.

Русский язык – это хранилище народной мудрости. В пословицах и поговорках отразился вековой опыт народа: его *трудолюбие* (без труда не вытащишь и рыбку из пруда; терпение и труд всё перетрут; кто рано встает, тому Бог подает), *терпение* (тише едешь – дальше будешь; терпи, казак, атаманом будешь), *юмор* (век живи – век учись, а дураком помрешь; не плюй в колодец, пригодится воды напиться), *смелость* (за правое дело и умирать не страшно), *великодушие* (широкая душа – золотой ключ; доброму делу добрый отклик; лучше потерять деньги, чем дружбу; великодушному и стократ воздастся), способность видеть *красоту* и *справедливость* (красота в глазах смотрящего; что душе угодно, то и глазам приглядно; доброе дело два века живет; правда дороже золота; лучше горькая правда, чем сладкая ложь). Через фольклор, песни, сказки и былины передаются представления о добре и зле, о правде, чести, долге. Именно в языке сохраняется живое дыхание истории, которое помогает нам не потерять связь с предками и не раствориться в потоке чужих культурных влияний.

Величие русского языка проявилось и в литературе, ставшей достоянием мировой культуры. Произведения А. С. Пушкина, Н. В. Гоголя, Л. Н. Толстого, Ф. М. Достоевского, А. П. Чехова не только раскрыли богатство выразительных возможностей языка, но и создали образ русского человека – глубокого, отважного, ищущего, мыслящего. Например, Петр Гринев ("Капитанская дочка" Пушкин). Это, пожалуй, один из наиболее ярких примеров сочетания ума и смелости. Он молод, но не трусит. Его смелость проявляется не только в готовности сражаться за честь и Отечество, но и в умении поступать по совести даже в самых критических ситуациях. Он не лезет на рожон бездумно, но и не отступает перед угрозой. Его ум помогает ему принимать верные решения в бою и в общении с окружающими. Или Иван Петрович Кутузов ("Капитанская дочка" Пушкин). Несмотря на то, что Кутузов – историческая фигура, следует обратить внимание на то, как изображает его Пушкин. Мы видим в этом образе мудрого полководца, чья стратегия основана на глубоком понимании ситуации, на расчете, а не на слепой храбрости. Его ум проявляется в умении ждать, в проницательности относительно намерений врага.

Творчество русских писателей-классиков стало своеобразным зеркалом национальной души. Когда мы читаем классиков, мы не просто наслаждаемся словом, мы учимся понимать себя, свою историю и свой

народ. Поэтому защита русского языка – это в том числе и защита литературного наследия, без которого невозможно представить российскую культуру.

Однако в современном мире русский язык сталкивается с новыми вызовами. Глобализация, развитие интернета, массовая культура и засилье иностранных слов приводят к тому, что речь становится беднее и грубее, теряет выразительность. Всё чаще можно услышать небрежное, засорённое англицизмами общение, где исчезают оттенки смысла и эмоциональная глубина. Опасность заключается в том, что вместе с языком утрачивается и способность ясно мыслить, а значит – и культура мышления, и национальная самобытность.

Чтобы этого не произошло, необходимо осознанное отношение к родному языку. Его защита – это не только забота государства, учёных и писателей, но и ответственность каждого из нас. Мы должны стремиться говорить грамотно, читать классическую и современную литературу, развивать письменную и устную речь, беречь красоту и точность слова. Важно, чтобы в школах и вузах преподавание русского языка не сводилось лишь к изучению правил, а помогало ученикам почувствовать внутреннюю силу и музыкальность речи. Только так можно воспитать уважение к языку как к духовной ценности.

Вывод. Русский язык – это не музейный экспонат, а живой организм, который развивается вместе с народом. Он способен впитывать новые реалии, оставляя при этом верность своим корням. В нём – наша история, память, поэзия, родная земля. Защищая русский язык, мы защищаем самих себя, своё культурное наследие и будущее. Ведь пока живёт язык, пока звучит русское слово – живёт и русский народ, живёт Россия.

Перечень ссылок

1. Тургенев И.С. Стихотворения в прозе [Электронный ресурс].
URL: <https://ilibrary.ru/text/1378/p.51/index.html> (Дата обращения 20.10.2025 г.).
2. Пушкин А. С. Капитанская дочка [Электронный ресурс].
URL: <https://ilibrary.ru/text/107/p.1/index.html> (Дата обращения 20.10.2025 г.).

УДК 81'26

РОЛЬ РУССКОГО ЯЗЫКА В ЖИЗНИ ЕГО МНОГОНАЦИОНАЛЬНЫХ НОСИТЕЛЕЙ

П.А. Демидов, Т.А. Мачай

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,

г. Донецк

pav1manstory@mail.ru

Аннотация. Охарактеризована роль русского языка как главного носителя истории и культуры. Описано значение русского языка в жизни его многонациональных носителей. Представлена ценность русского языка в формировании культурного и информационного пространства.

Abstract. The role of the Russian language as the main carrier of history and culture is characterized. The importance of the Russian language in the lives of its multinational speakers is described. The value of the Russian language in shaping the cultural and information space is presented.

Ключевые слова: русский язык, национальная культура, средство межнационального общения, международное общение, информационное пространство.

Keywords: Russian language, national culture, means of interethnic communication, international communication, information space.

Язык – это не просто система графических знаков и звуковых сигналов, которые нужны человеку для общения. Язык – это один из самых важных и главных носителей истории и культуры нашей страны, который хранит так же и традиции, передающиеся из поколения в поколение. Таким образом, русский язык играет важнейшую роль в сохранении и преумножении национальной культуры России [1, 2].

На протяжении многих веков именно через язык передавались многие духовные и моральные ценности народа. И именно язык помог сохранить все это до наших времен. Без языка мы бы никогда не узнали про: былины, пословицы, традиции, обряды. Мы бы не слышали прекрасных стихотворений великих поэтов, не знали бы о сказках и баснях, о романах и рассказах. У нас попросту не было бы культуры, а значит, ничто не объединяло бы людей.

Несомненно, язык – это просто неотъемлемая часть нашей культуры и жизни в целом. С уверенностью можно сказать, что наш русский язык играет огромную роль в жизни нашей страны. Кроме того, в нашей многонациональной России русский язык стал средством межнационального общения, которое помогает не только общаться людям разных культур и национальностей, но также и строить

взаимоотношения, заводить семьи и даже создавать целые города. Однако самое главное: благодаря нашему языку каждый может чувствовать себя частью единого общества. Важно так же отметить, что через русский язык люди приобщаются к довольно богатому наследию русской и мировой литературы, философии, истории и искусства. Он становится тем инструментом, который помогает всем семьям передавать знания и традиции из поколения в поколение.

Русский язык также имеет большое значение за пределами России. Он является одним из официальных языков ООН, широко используется в странах СНГ, Балтии, на Балканах, в Израиле и других странах. Благодаря русскому языку формируется культурное и информационное пространство, которое объединяет русскоязычных людей по всему миру. И многие люди из других стран и даже континентов продолжают интересоваться и изучать наш русский язык. И я думаю, это будет продолжаться всегда.

Теперь, когда мы понимаем роль языка в мировых отношениях, можно сделать вывод о том, как влияет язык на нашу страну в современном мире и насколько важно понимать его ценность. Ведь в условиях глобализации и огромного информационного потока на разных языках. Особенно важно сохранять и укреплять позиции русского языка внутри нашего общества. Особенно важно отметить, что русский язык – не только достояние русских по национальности. Его родным или вторым языком считают представители десятков народов России. Это делает его по-настоящему народным, общим и объединяющим всех граждан страны, независимо от того к какой национальности принадлежит человек и где он родился.

Вывод. Русский язык – это не просто инструмент для передачи информации или общения. Это нечто гораздо большее: это память поколений, дыхание истории и отражение самого духа народа. Через язык мы не только говорим – мы чувствуем, думаем, мечтаем, осознаём себя частью чего-то большого. В многонациональной стране русский язык выполняет особую миссию – он объединяет людей с разными судьбами, характерами, традициями. И, наверное, именно через отношение к родному языку проявляется подлинная любовь к стране. Ведь, сохраняя и развивая русский язык, мы сохраняем и саму суть национального общества – его душу.

Перечень ссылок

1. Выходцева, И.С. Любезнова, Н.В.. Русский язык и культура речи: теория: учебное пособие.– М: АйПиАр Медиа, 2023. – 115 с.
2. Маслов, В.Г. Культура русской речи: учебное пособие:[16 +] / В.Г. Маслов.- 3-е изд.,стер.- Москва: ФЛИНТА, 2021. – 161 с.

УДК: 81`27

РУССКИЙ ЯЗЫК КАК ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ

Е.Н. Иваненко, Е.В. Юрьева
ФГБОУ ВО «Донецкая академия управления и
государственной службы»;
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк
glitter7.f@gmail.com,
uriev79@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается роль русского языка в современном мире, а также его влияние на культуру и образование. Исследуется исторический контекст развития русского языка и его значимость на международной арене.

Annotation. The article examines the role of the Russian language in the modern world, as well as its impact on culture and education. The historical context of the development of the Russian language and its importance in the international arena is investigated.

Ключевые слова: русский язык, национальная идентичность, культура, государственный язык.

Key words: Russian language, national identity, culture, state language.

Русский язык принадлежит к восточнославянской группе славянской ветви индоевропейской языковой семьи и является национальным языком русского народа. Это не просто средство общения, а ключевой элемент национальной идентичности русского народа. Он входит в число наиболее распространённых языков мира: согласно исследованиям Государственного института русского языка им. А.С. Пушкина за 2024 год, русский занимает девятое место среди всех языков по общей численности говорящих и седьмое – по численности носителей как родного. Под носителем ученые подразумевают представителя языковой общности, владеющего нормами языка и активно говорящего на языке в бытовых, социокультурных и профессиональных сферах общения. Доля носителей среди всех говорящих на русском языке людей составляет почти 60 % [1].

Национальная идентичность формируется на основе общих языка, культуры, истории и ценностей. Русский язык выступает неотъемлемым элементом в формировании и сохранении этой идентичности. Он является носителем великой литературы, глубокой философской мысли, а также уникального народного эпоса и юмора. Для носителей языка он служит первичным маркером принадлежности к русской культуре. Кроме того, русский язык выполняет функции

государственного (официального) языка Российской Федерации, языка межнационального общения народов России и одного из важнейших мировых языков. Государственным языком Российской Федерации на всей ее территории является русский язык как язык государствообразующего народа, входящего в многонациональный союз равноправных народов Российской Федерации [2].

Когда люди говорят на одном языке, они разделяют схожие ассоциации, метафоры и образцы мышления, что укрепляет чувство общности и взаимопонимания. Вне языка эта связь ослабевает, и культурное наследие становится менее доступным. Приведем примеры, иллюстрирующие, как схожие метафоры и ассоциации проявляются в русском языке. Метафора "время – деньги" (и ее вариации): "Не трать время зря", "Ценить свое время", "Время – самое ценное, что у нас есть". В русском языке (как и во многих других) время часто воспринимается как ресурс, который можно "потратить", "сэкономить", "инвестировать" – как и деньги. Это отражает прагматичное отношение к жизни и ценность продуктивности. Или метафора "жизнь – это путь/дорога": "Он только начал свой жизненный путь", "На перекрестке судьбы", "Идти своим путем", "Тернистый путь". Эта метафора подразумевает, что жизнь имеет начало, конец, проходит через разные этапы, на которых могут встречаться препятствия ("тернистый путь"), решения ("перекресток"). Это отражает линейное восприятие жизни с определенной последовательностью событий.

Мы часто задаёмся вопросом: нужно ли защищать русский язык? Дискуссия о его защите является комплексной и вызывает споры, особенно в условиях глобализации и миграционных процессов, когда язык подвергается влиянию других языков или, наоборот, используется как инструмент доминирования. Беречь язык – это задача каждого. Это сознательный выбор в пользу чтения качественной литературы, вдумчивого отношения к собственной речи и отказ от бездумного потребления лингвистического «мусора». А ведь бывает и так, что человек не говорит, а «плюется словами». Для каждого расхожего понятия у него не обычные слова, а жаргонные выражения. Когда такой человек с его словами-плевками говорит, он выявляет свою циническую сущность [3].

Проблемы современной языковой среды, такие как влияние глобализации и неконтролируемое заимствование, ставят русский язык под потенциальную угрозу. Чрезмерное упрощение языка и распространение сленга могут привести к утрате его богатства и выразительности.

Важно сохранять культуру языка, обогащать его новыми словами, но при этом уважать его традиции. Дмитрий Сергеевич Лихачёв, советский и российский литературовед, филолог-медиевист, так писал о

русском языке: «А здесь такое множество жанров, типов литературного языка, разнообразие литературного опыта: летописи (отнюдь не единые по своему характеру), «Слово о полку Игореве», «Моление Даниила Заточника», проповеди Кирилла Туровского, «Киево-Печерский патерик» с его прелестью «простоты и выдумки», а потом – сочинения Ивана Грозного, разнообразные произведения о Смуте, первые записи фольклора и... Симеон Полоцкий, а на противоположном конце от Симеона – протопоп Аввакум. В XVIII веке Ломоносов, Державин, Фонвизин, – далее Крылов, Карамзин, Жуковский и... Пушкин» [3].

Фиксация языка в письменной форме, создание новых литературных произведений, поддержка образовательных учреждений – всё это помогает поддерживать его живым и актуальным.

О русском языке как о языке народа писалось много. Это один из совершеннейших языков мира, язык, развивавшийся в течение более тысячелетия, давший в XIX веке лучшую в мире литературу и поэзию. Тургенев говорил о русском языке – «...нельзя верить, чтобы такой язык не был дан великому народу!» [3].

Вывод. Таким образом, беречь русский язык – значит заботиться о нашем культурном наследии, о нашем будущем и о том, как мы выражаем свои мысли и чувства. Каждый из нас может внести свой вклад в эту важную миссию, чтобы передать богатство языка будущим поколениям и сохранить национальную идентичность.

Перечень ссылок

1. Институт Пушкина [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pushkin.institute/index-russkogo-yazyka/> (Дата обращения 20.10.2025 г.).
2. Статья 68 Конституции Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/constitution/item#chapter3> (Дата обращения 20.10.2025 г.).
3. Лихачев Д. С. Заметки и наблюдения : из записных книжек разных лет / Д. Лихачев. – Ленинград : Советский писатель : Ленингр. отд-ние, 1989. – 605 с.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ЗДАНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО КОМПЛЕКСА ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Ю.А. Пшеничный, В.В. Глебко

ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИИ, СВЯЗАННОЙ С ЗАТОПЛЕНИЕМ И ЗАГАЗИРОВАНИЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТВОЛА В ПЕРИОД ПРОХОДКИ..... 3

А.О. Новиков

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЕПЛА ИЗ САМОНАГРЕВАЮЩИХСЯ УГЛЕПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ..... 12

И.В. Дудка, А.А. Шарко

НАПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПОДДЕРЖАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НА ГЛУБОКИХ УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ В СОДИЗЪЮНКТИВНЫХ ЗОНАХ 16

И.В. Дудка

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПОВ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НА СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ 20

И.В. Дудка

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРОЧНОЙ И АНКЕРНОЙ КРЕПИ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ ШАХТЫ «БЕЛОРЕЧЕНСКАЯ» 26

Д.Г. Первая, В.Б. Скаженик, А.П. Серых

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНЫХ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ..... 32

СЕКЦИЯ 2. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. ГОРНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ

В.И. Кириленко

ROCKY DEM КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ..... 36

В.И. Сушкова, М.А. Маринин

АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОСНОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ШТАБЕЛЯ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ 39

С.В. Чуяшенко ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ.....	42
Г.И. Соловьев, В.Ф. Формос, В.В. Глебко, К.В. Кирдан ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КРЕПИ НА КОНЦЕВОМ УЧАСТКЕ ЛАВЫ.....	51
В.А. Вершиловский ЗАВИСИМОСТЬ УГЛА ОТКОСА НЕРАБОЧЕГО БОРТА КАРЬЕРА ОТ ВЫБРАННОГО АВТОТРАНСПОРТА.....	59
В.С. Коломиец, В.В. Жипа ОТРАБОТКА ТОНКИХ КРУТОПАДАЮЩИХ ВЫБРОСОПАСНЫХ ПЛАСТОВ.....	64
А.Л. Касьяненко О ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДОНБАССА.....	69
Ю.А. Петренко, В.И. Фомичёв, Д. Л. Касьяненко ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА СКЛАДКООБРАЗОВАНИЯ ПОРОД В ОКРЕСТНОСТИ ВЫРАБОТОК.....	74
Д.И. Мамонтова, А.Л. Касьяненко ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ВУЛКАНАХ.....	80
Д.Д. Матлахов РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЦЕПИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ГОРНОЙ МАШИНЫ.....	85
М.А. Тохтамыш, В.Б. Скаженик, И.И. Ключко АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ДОБЫВАЕМОГО СЫРЬЯ НА КАРЬЕРАХ ФЛЮСОВЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ.....	90
Д.Д. Выговская, Д.Д. Выговский, Д.Р. Складар КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТНЫХ РАБОТ ОТ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА	94
Д.Д. Выговская, Д.Д. Выговский, Д.Р. Складар ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ОХРАНЫ УЧАСТКОВОЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ ВЫБРОСОПАСНОГО ПЛАСТА mЗ.....	100

И.В. Чернышенко, В.Б. Скаженик ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УГОЛЬНЫХ ШАХТ	106
Ю.А. Петренко, А.Л. Касьяненко, Я.Д. Зозуля ПРОГНОЗ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА.....	111
Д.В. Манолій, И.С. Костюк СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДБОРА ПЕРСОНАЛА ДЛЯ МАРКЕТИНГОВОЙ СЛУЖБЫ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	115
В.Г. Потапов ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМБАЙНА ПРОХОДЧЕСКОГО	123

СЕКЦИЯ 3. ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА И АЭРОЛОГИИ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.В. Агарков, А.Л. Кавера, Е.В. Курбацкий, И.И. Москвина, В.В. Захарова, А.В. Тасынич БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК АВАРИЙНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ	135
А.В. Агарков, А.Л. Кавера, А.В. Мавроди, Р.А. Тишин, А.В. Тасынич, В.В. Веткина ОБ ОПЫТЕ ВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА МАЛЫХ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И В НЕОБСЛУЖИВАЕМЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ, ИМЕЮЩИХ ВЫХОДЫ НА ЗЕМНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ»	141
А.В. Агарков, А.Л. Кавера, Д.А. Политучий, Д.С. Буряк, В.В. Захарова, М.В. Бурка ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДООТЛИВА ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ АВАРИЙНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ	146

А.В. Агарков, А.В. Мавроди, А.А. Всякий, А.Л. Кавера, В.Ф. Формос, А.П. Коробов	
НОВАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ШТАТНОЙ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТНИКОВ ВОЕНИЗИРОВАННОЙ ГОРНОСПАСАТЕЛЬ- НОЙ ЧАСТИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ	151
А.Л. Кавера, А.В. Агарков, Е.В. Курбацкий, Е.Б. Николаев, Р.А. Тишин, Н.С. Заремба	
ПРОВЕТРИВАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК АВАРИЙНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ПОСЛЕ ВНЕЗАПНЫХ ВЫ- БРОСОВ УГЛЯ, ПОРОДЫ И ГАЗА	156
А.Л. Кавера, А.В. Агарков, А.В. Мавроди, А.Н. Чован, В.В. Яйло, М.Г. Шадрина	
НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ШАХТЕРОВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕДЕНИЯ ГОРНО- СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ПОЖАРАХ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ.....	161

СЕКЦИЯ 4. ОБОГАЩЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ: ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

В.Г. Самойлик, Л.Д. Чалый	
ОСНОВНЫЕ КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЩЕКОВЫХ ДРО- БИЛОК.....	165
А.В. Кузнецов, А.Н. Корчевский, Г.Г. Гордеев	
КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА РЕЦИКЛИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОН- СТРУКЦИЙ И РЕНОВАЦИИ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУК- ТУРЫ.....	169
В.Г. Науменко, А.Н. Левченко	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАТЕКСНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ ПРИ ОБО- ГАЩЕНИИ АНТРАЦИТОВЫХ ШЛАМОВ	175
В.Г. Самойлик, А.С. Онищенко	
ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛЕЙ МАРКИ Д.....	181
В.Г. Самойлик, С.С. Шаповалов	
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ АПАТИТОВЫХ РУД.....	186
Н.А. Звягинцева, М.Н. Левченко	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ВОДОСТОЙКОСТИ БРИКЕ- ТОВ	192

**СЕКЦИЯ 5. ГЕОЛОГО-МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ГОРНЫХ РАБОТ. БУРЕНИЕ СКВАЖИН. ПРОБЛЕМЫ И ПЕР-
СПЕКТИВЫ**

Ф.М. Голубев, А.В. Тонофа, И.А. Украинский ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНОГО МАССИВА НА ПАРАМЕТРЫ СДВИЖЕ- НИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.....	195
Е.В. Седова, А.В. Долик КАМЕННОМОГИЛЬСКИЙ ГРАНИТНЫЙ КОМПЛЕКС ПРИ- АЗОВЬЯ. ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	199
А.С. Выборов, В.В. Черняева АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРСТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАЗ- ВЕДКИ И ДАННЫХ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЖЕГОЛЕВСКОМ УЧАСТКЕ КАРАКУБСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФЛЮСО- ВЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ	204

**СЕКЦИЯ 6. ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ В ВУЗАХ СО СПЕЦИ-
АЛЬНОСТЬЮ «ГОРНОЕ ДЕЛО». (ЛИНГВИСТИКА. ЯЗЫКО-
ЗНАНИЕ. МЕЖКУЛЬТУРНАЯ КОММУНИКАЦИЯ)**

И.Е. Анпилогов, Т.А. Мачай КУЛЬТУРА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РЕЧИ	209
Ю.Е. Анпилогов, Т.А. Мачай НУЖНО ЛИ ЗАЩИЩАТЬ РУССКИЙ ЯЗЫК?	213
С.Г. Соловьев CREATIVE APPROACH IN THE CONTEXT OF MODERN TECH- NOLOGIES: FEATURES OF THE PROFESSIONAL ORI-ENTA- TION DEVELOPING	216
А.А. Бабич, Е.А. Вергелес РУССКАЯ ЛИНГВОКУЛЬТУРА И СОВРЕМЕННОСТЬ.....	220
А.-М.О. Бакаева, Б.Е. Колпенский, Е.В. Юрьева ЗАЩИТА И СОХРАНЕНИЕ РУССКОГО ЯЗЫКА: ЭФФЕК-ТИВ- НЫЕ МЕРЫ	222
М.В. Цукуров, Е.В. Юрьева ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ И ЗНАЧИМОСТИ РУССКОГО ЯЗЫКА В КОНТЕКСТЕ ГЛОБАЛИЗАЦИИ И КУЛЬТУРНОГО ОБМЕНА	225
П.А. Демидов, Т.А. Мачай РОЛЬ РУССКОГО ЯЗЫКА В ЖИЗНИ ЕГО МНОГОНАЦИО- НАЛЬНЫХ НОСИТЕЛЕЙ	228

Е.Н. Иваненко, Е.В. Юрьева РУССКИЙ ЯЗЫК КАК ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ	230
--	-----