

УДК 622.674

Николаев Павел Валентинович
ведущий инженер,
АО «ВНИИ Галургии»,
614002, г. Пермь, ул. Сибирская, 94
e-mail: Pavel.Nikolaev@uralkali.com

Тарасов Владислав Викторович
кандидат технических наук,
заведующий лабораторией,
АО «ВНИИ Галургии»,
e-mail: Vladislav.Tarasov@uralkali.com

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ТЮБИНГОВОЙ КРЕПИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ ОТ СОЛЯНЫХ НАРОСТОВ

Аннотация:

Эксплуатация шахтных стволов калийных рудников сопровождается образованием на крепи и армировке соляных отложений. Площадь соляных отложений на стенках крепи ствола может достигать 8000 м². Наиболее интенсивному зарастанию подвержены вентиляционные шахтные стволы, оборудованные скиповыми подъемами. Соляные отложения на крепи вызывают коррозию металлических поверхностей в шахтных стволах, уменьшают зазоры между скипом и крепью, что может привести к зависанию сосуда, и затрудняют визуальный контроль крепи и армировки ствола. К тому же неконтролируемый рост соляных фрагментов большой массы в стволе представляет опасность для технологического оборудования и работников, занимающихся его обслуживанием. Поэтому своевременная очистка крепи от соляных наростов является важной задачей для безопасной и эффективной эксплуатации шахтных стволов.

В данной статье описывается механизм формирования соляных наростов на элементах крепи и армировки вертикальных стволов. Натурными наблюдениями установлено, что процесс зарастания тюбинговой крепи происходит стадийно. При этом на III и IV стадиях затруднен визуальный осмотр, регламентированный нормативными документами, а соляные наросты представляют серьезную опасность работы технологического оборудования, расположенного в стволе. Рассмотрены основные способы очистки крепи шахтного ствола от соляных наростов, их преимущества и недостатки, а также рекомендации по выбору технологии в зависимости от условий эксплуатации. Выполнен анализ мероприятий, направленных на снижение количества оседания пылевидных частиц и распространение соляных наростов. В заключении сделан вывод о необходимости развития комплексного подхода по проблеме очистки крепи и предотвращения образования соляных наростов.

DOI: 10.25635/2313-1586.2026.01.021

Nikolaev Pavel V.
Leading Engineer,
JSC VNII Galurgii,
614002 Perm, 94 Sibirskaya Str.,
e-mail: Pavel.Nikolaev@uralkali.com

Tarasov Vladislav V.
Candidate of Technical Sciences,
Head of Laboratory,
JSC VNII Galurgii,
e-mail: Vladislav.Tarasov@uralkali.com

ANALYSIS OF EXISTING METHODS FOR CLEANING THE TUBING SUPPORT OF VERTICAL MINE SHAFTS FROM SALT GROWTHS

Abstract:

The operation of mineshafts in potash mines is accompanied by the formation of salt deposits on the lining and reinforcement. The area of salt deposits on the shaft lining can reach 8,000 m². Ventilation shafts equipped with skip lifts are the most prone to overgrowth. Salt deposits on the shaft lining cause corrosion of metal surfaces in mineshafts, reduce the gaps between the skip and the lining, which can lead to the vessel getting stuck, and make it difficult to visually inspect the lining and reinforcement of the shaft. In addition, the uncontrolled growth of large salt fragments in the barrel poses a danger to the technological equipment and the workers who maintain it. Therefore, timely cleaning of the lining from salt deposits is an important task for the safe and efficient operation of mineshafts. This article describes the mechanism of salt growth on the lining and reinforcement elements of vertical shafts. Field observations have shown that the process of overgrowth of the tubing lining occurs in stages. At the same time, visual inspection, regulated by regulatory documents, is difficult at stages III and IV, and salt deposits pose a serious danger to the operation of technological equipment located in the shaft. The article discusses the main methods of cleaning the mineshaft lining from salt deposits, their advantages and disadvantages, as well as recommendations for choosing the appropriate technology based on the operating conditions. An analysis of measures aimed at reducing the amount of dust particles settling and the spread of salt deposits has been performed. It is concluded that it is an urgent task to develop a comprehensive approach to the problem of cleaning lining and of preventing the formation of salt deposits.

Ключевые слова: шахтный ствол; тюбинговая крепь; соляные наросты; механические, химические, гидравлические и комбинированные способы очистки.

Key words: mineshaft; tubing lining; salt deposits, mechanical, chemical, hydraulic, and combined cleaning methods.

Введение

Вертикальные шахтные стволы для горнорудных предприятий являются основными вскрывающими горными выработками и наиболее ответственными сооружениями, связывающими подземный и поверхностный комплекс шахты в единую систему. Крепь вертикальных стволов является одним из наиболее важных элементов шахтной конструкции, которая должна обеспечивать защиту подземного комплекса от возможного прорыва подземных вод в течение всего срока службы рудника [1]. В процессе эксплуатации скиповых и скипо-клетевых шахтных стволов на соляных и калийных рудниках наблюдается образование соляных отложений на крепи и армировке.

Известно [2], что при повышенной влажности воздуха в стволе, характерной для летнего периода года, происходит нарастание на элементах крепи соляной пыли, которая со временем образует плотные соляные наросты. Скопившиеся на крепи соляные массы способствуют коррозии металлической крепи и армировки ствола [3, 4], уменьшают зазоры между сосудом и крепью ствола, затрудняют визуальный контроль за состоянием крепи и армировки [5].

Как показывает практика, увеличение запыленности рудничной атмосферы намного выше предельно допустимых концентраций (ПДК) – 5 мг/м^3 . Согласно исследованиям [6], максимальная запыленность рудничной атмосферы на калийных рудниках может превышать 2500 мг/м^3 .

На сегодняшний день не существует универсальных способов добиться снижения концентрации соляной пыли до значения ПДК в 5 мг/м^3 . Поэтому борьба с пылью на калийных рудниках и последующая очистка крепи и армировки шахтных стволов от соляных наростов является важной задачей для обеспечения безопасных условий труда рабочих и условий, необходимых для бесперебойной работы всего технологического оборудования.

Механизм образования соляных наростов

В результате многолетних наблюдений установлено, что тюбинговая крепь и жесткая армировка наиболее подвержены зарастанию соляными отложениями в основном в стволах с исходящей струей, оборудованных скиповыми подъемами. Главная причина роста отложений в том, что тюбинговая крепь имеет ребристую поверхность, состоящую из большого числа ребер жесткости и фланцев с полками шириной до 190 - 230 мм. Ребристая поверхность тюбинговой крепи и наличие кессонов создают большое сопротивление воздушному потоку в пристеночном слое. Появляются условия оседания пыли, находящейся в воздушном потоке, на стенках крепи. При полном зарастании тюбинговой крепи интенсивность роста отложений уменьшается, так как крупные частицы просыпи не оседают на вертикальной поверхности. Толщина отложений в этих местах достигает 600 мм. Армировка ствола находится в самом воздушном потоке, и образование соляных отложений на ней происходит в зависимости от условий аэродинамического обтекания воздушного потока. Поверхность, перпендикулярная встречному воздушному потоку, имеет большое лобовое сопротивление, в результате чего над этой поверхностью образуется зона с незначительной скоростью воздушного потока. Образование нароста происходит в основном в этой зоне. Боковые поверхности армировки обдуваются потоком, скорость которого мало отличается от скорости основной воздушной струи, поэтому оседание пыли на этих поверхностях происходит в малых размерах и рост соляных отложений незначителен.

Основным источником соляных отложений (до 60 % от общего количества соляной пыли) для скиповых стволов является просыпь руды и тонкодисперсная пыль, образующиеся при разгрузке скипов в приемный бункер. Около 30 % соляной пыли в стволе появляется при загрузке скипов, в процессе движения скипов по стволу и при прохождении скипами сопряжений ствола с главными вентиляционными штреками. Незначительный источник соляной пыли (10 % от общего количества соляной пыли) выделяется при добыче и транспортировке полезного ископаемого, эта пыль перемещается по горным выработкам с воздухом от добычного участка к стволу и далее движется по стволу в восходящем потоке воздуха [7].

Схематичная карта интенсивности пылеобразования в скиповом вентиляционном стволе показана на рис. 1.

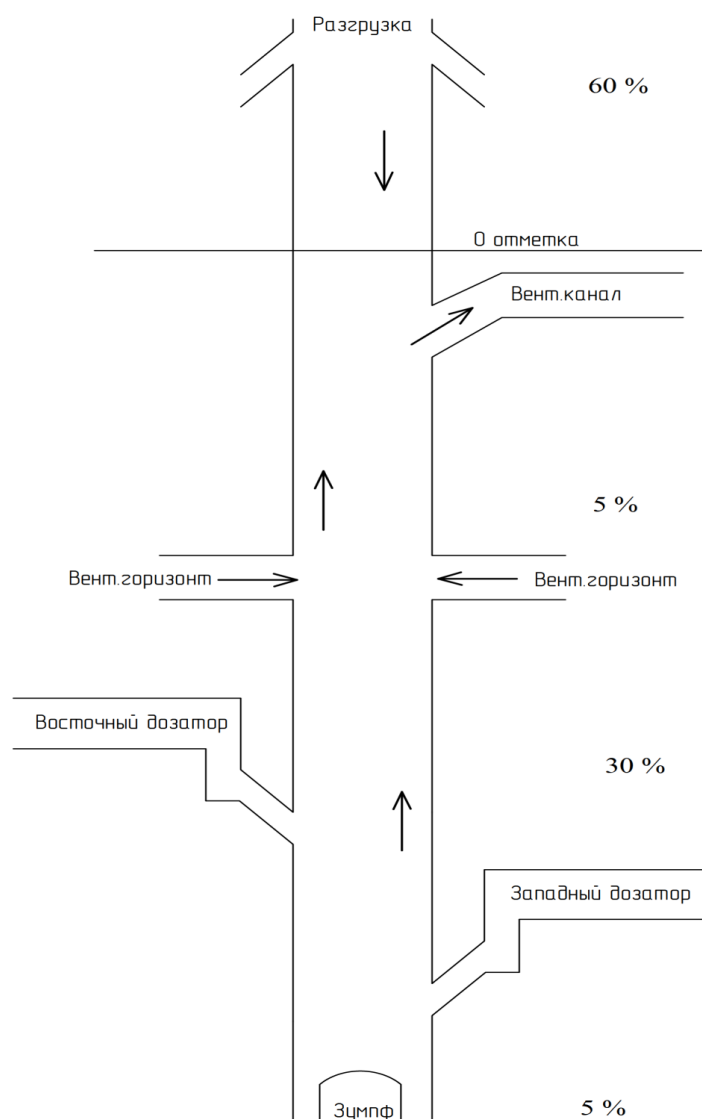


Рис. 1. «Карта» распределения основных очагов пылеобразования условного вентиляционного ствола

Для воздухоподающих стволов налипание на крепи соляных отложений происходит под воздействием влаги подаваемого в ствол воздуха и влаги, попадающей в ствол из закрепного пространства. Вследствие гигроскопичности соляной пыли и адсорбции влаги соляной поверхностью происходит увлажнение отложений. Избыток влаги приво-

дит к растворению мелких частиц соли, осевших на армировке и крепи ствола. Образовавшиеся рассолы и минерализованная вода, поступающая из закрепного пространства, заполняют пустоту между крупными частицами просыпи и пустоты от растворившихся частиц соли. Под влиянием изменившихся параметров нисходящего воздушного потока, в котором температура и влажность имеют значительные колебания, из рассолов выкристаллизовываются новые слои соли. Происходит периодический рост отложений, которые в результате имеют слоистую структуру. Срастание нижних и верхних наростов приводит к образованию сплошной корки отложений. Кессоны заполняются в дальнейшем за счет кристаллизации соли из рассолов, стекающих по поверхности крепи. Как правило, интенсивность образования отложений увеличивается летом, когда колебания температуры и влажности наибольшие, и уменьшается в зимний период, когда происходит высушивание отложений.

Натурными наблюдениями установлено, что процесс зарастания тубинговой крепи соляными наростами происходит в четыре стадии.

На I стадии соляные отложения заполняют горизонтальные ребра жесткости и нижнюю часть кессонов. На верхней части спинки оседает соляной налет пыли. Соляные отложения преимущественно рыхлые, легко поддаются процессу ручной очистки.

На II стадии поверхность кессонов заполняется примерно наполовину, в верхней части спинки толщина наростов минимальна, но по мере приближения к горизонтальной полке толщина нароста постепенно увеличивается до заполнения всей площади горизонтальной полки (ребра). На данном этапе происходит вторичная (неоднократная) кристаллизация отложений: соляные частицы из рыхлого состояния переходят в плотные формирования, что в дальнейшем затрудняет процесс очистки.

III стадия является потенциально опасной как для обслуживающего персонала, так и для всей работы оборудования ствола. Внутреннее пространство тубингов практически полностью заполнено соляными наростами. Процесс ручной очистки затруднен, возникает необходимость применения механизированной очистки сегментов крепи с предварительным смачиванием соляных отложений.

IV стадия является опасной и представляет прямую угрозу безопасной эксплуатации шахтного ствола как для персонала, так и для технологического оборудования. Отсутствует возможность в проведении визуального обследования крепи. Тубинги полностью покрыты соляными наростами одним сплошным слоем. При этом формируется дальнейшее послойное «налипание» соляных частиц на сформированные наросты. Процесс ручной очистки малоэффективен, возникает необходимость применения механизированной очистки сегментов крепи от соляных отложений с применением оборудования, работающего под большим давлением. Высока вероятность внезапного неконтролируемого обрушения соляных масс в больших объемах, достигающих одновременно веса нескольких тонн.

Из вышеизложенного следует, что III и IV стадии являются критическими, т.е. соляные наросты представляют серьезную опасность для работы технологического оборудования, расположенного в стволе, а также затруднен визуальный осмотр крепи и армировки. Поэтому рекомендуется не допускать образование соляных наростов такой интенсивности с выполнением оперативных работ по очистке крепи.

Способы очистки

В результате обзора научной и технической литературы по мерам борьбы с наростами соли на поверхности крепи и армировки авторами статьи были выделены четыре основных способа очистки:

- механический;
- гидравлический;
- химический;
- комбинированный.

Механический способ очистки

В настоящее время очистка шахтных стволов калийных и соляных рудников производится ручным инструментом (скребок, топор, кувалда). Кувалдой производят разрушение верхней прочной корки за счет энергии единичного удара. Затем разрыхленную соляную массу удаляют скребками. Работа по очистке шахтных стволов ведется бригадой крепильщиков с крыши клетки и смотровой площадки скипа в стесненных условиях, что ограничивает число рабочих, производящих очистку крепи и армировки, а также уменьшает площадь очистки.

Недостатком применения ручного инструмента является крайне низкая производительность и высокая трудоемкость работ по очистке поверхности крепи обслуживающим персоналом, поэтому с целью механизации труда по очистке крепи начали применять пневматические отбойные молотки. Однако их использование ограничено вследствие большого веса инструмента и невозможности его использования при очистке участков крепи, отдаленных от подъемного сосуда (клетки, скипа). Преимуществом ручного механизированного инструмента можно считать такие качества, как маневренность, возможность очистки сложных поверхностей, повышение производительности до 2,5 раз и снижение трудоемкости работ.

В последние годы получила распространение ультразвуковая очистка поверхностей под воздействием очищаемой среды. Ультразвуковая вибрация очищающей среды позволяет значительно повысить качество и эффективность очистки, снизить энергоемкость процесса разрушения загрязнений. Объекты очистки могут иметь сложную форму. Недостаток способа очистки вибрирующей очищающей средой в емкости заключается в невозможности его использования для объектов больших размеров. Для очистки крупногабаритных деталей, когда требуется большая мощность ультразвуковых излучателей, практически нет мощных источников ультразвука, а при увеличении количества подводимой энергии возрастает вредное влияние вибрации на человека.

Способы очистки поверхностей от загрязнений, основанные на методах механического воздействия струи рабочего тела, получили более широкое распространение, чем механические инструменты. В качестве рабочего тела применяется воздух, вода, песок, дробь.

Гидравлический способ очистки

В шахтных стволах соляных рудников нередко предпринималась попытка очистки стволов смывом соляных отложений водой. С этой целью в стволе был смонтирован специальный став, а в зоне очистки с шагом по высоте в 3 м по периметру ствола проложено кольцо из полиэтиленовых труб. В кольцо со стороны тубинговой крепи просверлены отверстия диаметром 2,5 мм с шагом 200 мм. Отложения орошались в течение 60 – 90 мин до проведения очистки механическим инструментом. Но этот способ не нашел распространения. В результате большого расхода воды происходил размыв соляного пласта в сопряжении ствола с горизонтальной выработкой, что крайне негативно отразилось на состоянии конструктивной системы ствола. Преимуществом же этого способа является высокое качество очистки и возможность ведения работ без остановки подъемных установок.

В практике эксплуатации шахтных стволов производилась очистка крепи от соляных отложений гидравлической струей под избыточным давлением до 5,0 – 20,0 МПа. Жидкость подается в струеформирующее устройство и направляется на очищаемую поверхность. Гидроструйная очистка имеет большую производительность и экономичность. Способ обеспечивает высокое качество очистки поверхности и возможность работы в различных режимах. Применение передвижных моечных установок повышает маневренность и мобильность способа очистки. Однако для организации гидроструйной очистки необходимо сооружение сложных гидротехнических устройств для сбора и очистки загрязненной моеющей жидкости, что снижает эффективность способа.

Другим недостатком является повышенный коррозионный износ очищаемой поверхности и высокая трудоемкость обслуживания установки.

При очистке технологического оборудования от соляных отложений с высокой эффективностью нередко применяется вода, которая может быть разогрета до состояния пара [8]. Достоинством применения пара для очистки крепи является высокая эффективность его применения при небольшом расходе жидкости в отличие от стандартного применения воды. Соляные наросты при активном насыщении от водяных паров намного легче поддаются разрушению, возрастает скорость очистки. Из недостатков данного способа стоит выделить большой комплекс подготовительных работ по прокладке паропроводов и необходимого технологического оборудования, а также высокие квалификационные требования к персоналу, производящему данный вид работ.

Помимо применения воды в качестве жидкости для разрушения соляных наростов, известен способ очистки поверхности шахтного ствола [9], включающий их разрушение посредством бурения шпуров и нагнетания в них раствора поверхностно-активных веществ с антифрикционными свойствами. При этом шпуры бурят до очищаемой поверхности, а давление нагнетания устанавливают в пределах 0,3 – 0,5 МПа. Используемая жидкость снижает межмолекулярные силы сцепления между частицами материала загрязнений и очищаемой поверхностью. Раствор поверхностно-активных веществ улучшает смачиваемость контактного слоя и повышает качество очистки.

Пескоструйная и гидропескоструйная очистка. В качестве абразива применяют кварцевый песок, состоящий из частиц размером до 2,5 мм, оксид алюминия, карбид кремния. Способ очистки применим для прочных и незначительных по толщине загрязнений. Но для значительных загрязнений данный способ недостаточно эффективен, так как частицы абразива могут застревать в материале загрязнения. Также пескоструйная очистка ограничена в применении из-за вредного воздействия пылевых частиц, образующихся в процессе очистки, на здоровье работников.

Наиболее эффективной схемой разрушения соляных отложений является комбинированная. Это разрушение слоя загрязнений струей рабочего тела (вода, воздух, песок) и удаление их с очищаемой поверхности механическим способом (удар, вибрация, ультразвук) до определенного уровня чистоты.

Химический способ очистки

При рассмотрении химических способов борьбы с налипанием соляных наростов в первую очередь стоит рассмотреть вопрос о нанесении на элементы крепи и армировки современных антиадгезионных покрытий, снижающих силы сцепления материала с поверхностью, а также улучшающих условия скольжения относительно друг друга. Нанесение химических покрытий может быть выполнено как в период строительства стволов перед возведением тюбинговой крепи, так и в процессе его эксплуатации.

Антиадгезионные покрытия широко представлены в различных сферах производственной деятельности – химической, машиностроительной, пищевой и др. Однако при выборе химического покрытия следует руководствоваться параметрами, которые присущи шахтным стволам калийных рудников, – агрессивной средой, изменяющимися в течение года температурно-влажностными показателями и др.

На рис. 2 представлено технологическое оборудование сушильного агрегата с участком нанесения антиадгезионного покрытия. Помимо проблемы устранения налипания соляных наростов, антиадгезионное покрытие может решить и другую задачу – защиту металлических конструкций крепи и армировки от коррозионного износа. Альтернативным вариантом использования химически активных веществ является применение различных ингибиторов для уменьшения слеживаемости. В практике промышленного производства калийных удобрений широко применяются аминомасляные эмульсии. Данный вид эмульсии позволяет снизить гигроскопичность соляных отложений и уменьшить показатели запыленности.



Рис. 2. Внешний вид оборудования сушильного агрегата:
слева – необработанная поверхность; справа – обработанная антиадгезивом

Комбинированный метод очистки предполагает одновременное использование механических, химических и физических способов в совокупности. Предварительными исследованиями установлено, что прочность отложений на сжатие значительно снижается при увеличении их влажности, поэтому перед проведением механической очистки необходимо намочить водой или паром соляной нарост, тем самым ослабив связи между частицами соли. Последующие механические очистки крепи повышают производительность очистки крепи от наростов в 2 – 3 раза. Использование физических способов при одновременном или попеременном воздействии на отложения электрического, электромагнитного или теплового поля образуют комбинированную очистку поверхностей от загрязнений. В комбинированных способах устанавливают наиболее эффективное сочетание физических полей.

Комбинации воздействия физических полей одинаковой природы, но разного знака также представляют практический интерес. В этих случаях воздействия, сводящиеся к сжатию-растяжению или нагреву-охлаждению, приводят к усталости материала загрязнения и его более быстрому разрушению. К главному преимуществу комбинированной схемы следует отнести высокую эффективность, но при этом требуется проведение многоэтапных работ.

Таким образом, поиск способов и средств очистки поверхностей крепи целесообразно вести с учетом физико-механических свойств соляных отложений, условий проведения очистки и характеристик очищаемой поверхности.

Помимо основных способов очистки авторы считают необходимым рассмотреть и вопросы, касающиеся самого процесса предотвращения образования соляных наростов на поверхности крепи и армировки.

Поскольку одним из основных факторов образования соляных наростов является гранулометрический состав руды, транспортируемой по скиповым стволам, необходимо в первую очередь акцентировать внимание на исключении условий образования пылевидных частиц. Пылевидные частицы обладают повышенной влагоемкостью и увеличивают слеживаемость соли, что затрудняет последующий процесс очистки. В работе [10] авторы рассмотрели механизм интенсивности выделения соляной пыли при проходке

горных выработок очистными комбайнами. Предложен способ перекрестной схемы резания по сравнению с шахматной и последовательной, что позволит добиться снижения выхода мелких пылевидных классов. В исследованиях [11] отмечено, что пылеподавление достигается за счет применения водных эмульсий на основе акриловых и алкидных полимеров. При этом происходят процессы укрупнения (склеивания) частиц с последующим пленкообразованием.

Другим важным фактором, влияющим на формирование наростов, являются микроклиматические показатели воздушной среды. В работе [12] авторы рассматривают эффективность системы автоматического управления проветриванием. Оборудование данной системы рециркуляционными установками позволит производить осушение горных выработок и, как следствие, снизить прирост соляных наростов во влажные периоды года.

Дополнительными мерами по борьбе с наростами соли на крепи и армировке может являться установка устройств пылеподавления «сухой туман». В технологии «сухой туман» эффект пылеподавления достигается за счет «захвата» частиц пыли, витающих в воздухе, а не за счет увлажнения пересыпаемого материала. И эти частицы плотно обволакивают облако пыли мелкодисперсионной водо-воздушной смесью, не давая пыли распространяться по площади до момента ее осаждения [13, 14].

Система оросительного кольца

Из многолетней практики эксплуатации шахтных стволов на калийных рудниках известно, что снижение прочности соляных отложений и наростов, накопившихся на крепи стволов, достигается повышением их влажности до 6 – 6,5 %, время увлажнения соляных отложений толщиной 0,25 – 0,3 м составляет 1 – 1,5 ч.

В основе принципа действия механизма очистки тюбинговой крепи лежит способ, при котором участок соляного нароста увлажняется водой, подаваемой через специальную металлическую или полиэтиленовую трубу-ороситель различным диаметром (рекомендуемая величина диаметра составляет 25 – 50 мм), отрезком ориентировочной длины трубы 3,6 м (1/6 сектора ствола), 11 м (1/2 сектора ствола) или 22 м (по всему периметру ствола). На стенках трубы-оросителя со стороны тюбинговой крепи с шагом 200 мм сверлятся сквозные отверстия диаметром от 3 до 5 мм. Допускается на отверстия устанавливать металлические или пластиковые патрубки длиной до 100 мм для более точного направления водяного потока. На один торец трубы ставится заглушка, на другой крепится резиновый шланг, подходящий под диаметр трубы для последующего соединения с трубопроводом подачи воды. Далее труба-ороситель надежно крепится к расстрелам вдоль стенки кольца, охватывая определенный сектор крепи ствола, либо по всему периметру ствола. Предложенный способ механизации очистки шахтных стволов с предварительным увлажнением соляных отложений и последующим механическим их разрушением повышает производительность очистки в 3,5 раза.

Авторы исследования [4] предлагают рассмотреть вариант внесения изменений в конструкцию армировки в части установки обтекателя на поверхность расстрелов (рис. 3). Это позволит снизить величину аэродинамической тени и, как следствие, значительно уменьшить количество оседающей пыли на элементах армировки шахтного ствола.

Уменьшение вероятности оседания пыли на расстрелах и крепи ствола заключается в использовании пылеулавливающих устройств в местах интенсивного пылевыделения на участках загрузки и разгрузки скипов, а также на вентиляционных горизонтах.

Для минимизации риска оседания пыли на элементах армирования и крепи ствола можно предусмотреть отделение скипового подъема в стволе с помощью установки различных ширм или кожухов, уменьшающих вероятность оседания частиц пыли на поверхности крепи.

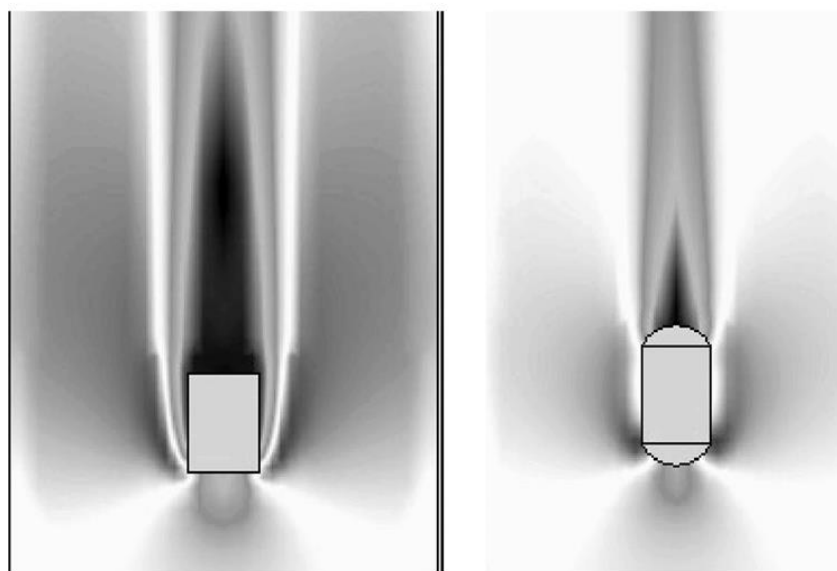


Рис. 3. Аэродинамическая тень:
слева – стандартный расстрел; справа – расстрел с обтекателем

В любом случае наибольший эффект может быть достигнут при использовании установки обтекателей в комплексе с пылеулавливающими устройствами в местах интенсивного пылевыделения и установкой защитного кожуха в скиповом отделении по длине ствола.

Заключение

Особенности технического обслуживания шахтных стволов калийных рудников связаны с необходимостью своевременного удаления соляных отложений с крепи и армировки. Процесс очистки является трудоемким, что приводит к большим затратам ручного труда, простоям подъемной установки и снижению производственной мощности рудника. Своевременная очистка крепи и армировки вертикальных шахтных стволов от соляных наростов является необходимым условием соблюдения безопасного производственного процесса. Для эффективной очистки крепи от наростов рекомендуется произвести работы по предварительному смачиванию соляных отложений в особенности на тех участках, где фиксируются III и IV стадии обрастания соляными наростами. После остановки подачи насыщенный водой участок соляного нароста следует обрушить ручным способом сверху вниз. После этого ороситель необходимо перенести на следующий сектор (ярус) крепи.

Для безопасной эксплуатации шахтного ствола перспективным решением проблемы образования и очистки соляных наростов на элементах крепи и армировки шахтных стволов является комплексный подход, заключающийся в проведении независимых друг от друга процессов:

- оптимизации процесса загрузки скипа в дозаторной камере и разгрузки в копровой части с целью минимизации просыпи рудной мелочи;
- создания условий по снижению количества оседаемой пыли на элементах армировки;
- очистки крепи механизированным и гидравлическим способами;
- нанесения химических реагентов (антиадгезионных присадок) на поверхность крепи и армировки для предотвращения дальнейшего «налипания» соляных отложений.

Приведенные в данной статье методы и способы борьбы с соляной пылью позволяют с высокой долей эффективности производить работы по устранению соляных наростов на элементах крепи и армировки шахтного ствола.

Список литературы

1. Ольховиков Ю.П., 1984. *Крепи капитальных выработок калийных и соляных рудников*. Москва: Недра, 238 с.
2. Черный К.А., Файнбург Г.З., 2025. Оценка изменения размера гигроскопического аэрозоля соляной пыли в зависимости от относительной влажности воздуха. *Горные науки и технологии*, № 10 (1), С. 34-44. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2024-07-283>.
3. Тарасов В.В., Пестрикова В.С., Иванов О.В., Чистяков А.Н., 2020. Влияние микроклиматических параметров воздуха на элементы крепи и армировки в стволах калийного рудника. *Известия ТулГУ. Науки о Земле*, № 2, С. 174-183.
4. Исаевич А.Г., Трушкова Н.А., 2011. Исследование и механизм возникновения соляных образований в скипо-вентиляционных стволах калийных рудников. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 4, С. 195-200.
5. Медведев И.И., А.Е. Красноштейн, 1977. *Борьба с пылью на калийных рудниках*. Москва: Недра, 189 с.
6. Семин М.А., Исаевич А.Г., Жихарев С.Я., 2021. Исследование оседания пыли калийной соли в горной выработке. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*, № 2, С. 178-191. DOI: 10.15372/FTPRI20210218.
7. Белоусов В.И., Селезнев В.Н., Андреев В.И., 1988. *Технические решения по борьбе с пылью и внешними утечками воздуха на скипо-вентиляционных стволах калийных рудников*. Москва: ГИГХС.
8. RU 2764206C1. *Способ снижения налипания солей на поверхности валковых пресс-грануляторов*. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2764206C1/ru> (дата обращения 11.03.2026)
9. SU 1312176. *Способ очистки поверхности шахтного ствола от солевых наростов*. URL: <https://patents.google.com/patent/SU1312176A1/ru> (дата обращения 11.03.2026)
10. Суханов А.Е., Шишлянников Д.И., Исаевич А.Г., 2023. Использование перекрестной схемы резания для снижения пылевидных и небогатимых фракций при механизированной добыче калийной руды. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*, Т. 334, № 2, С. 60-69.
11. Строкова В.В., Рязанова А.Ю., Маркова И.Ю., Степаненко М.А., Ишмухаметов Э.М., 2024. Оценка эффективности водных пылеподавляющих эмульсий на основе акриловых и алкидных полимеров. *Записки Горного Института*, Т. 270, С. 941-949.
12. Зайцев А.В., Агеева К.М., 2022. Осушение горных выработок калийных рудников с использованием средств систем автоматического управления проветриванием. *Недропользование*, Т. 22, № 1, С. 45-50. DOI: 10.15593/2712-8008/2022.1.7.
13. Технология "сухой туман" - самая эффективная система пылеподавления в мире! *Горная промышленность*, 2021, № 4, С. 34.
14. Иванов А.В., Стриженов А.В., 2017. Исследование эффективности пылеподавления аэрозольными пушками-туманообразователями с пневмогидравлическими формунками. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*, № 1, С. 165-170.

References

1. Ol'khovikov Yu.P., 1984. *Krepi kapital'nykh vyrobotok kaliinykh i solyanykh rudnikov* [Support of permanent workings in potash and salt mines]. Moscow: Nedra, 238 p.
2. Chernyi K.A., Fainburg G.Z., 2025. *Otsenka izmeneniya razmera gigroskopicheskogo aerozolya solyanoi pyli v zavisimosti ot otnositel'noi vlazhnosti vozdukha* [Evaluation of variation of salt dust hygroscopic aerosol particle size as a function of relative air humidity]. *Gornye nauki i tekhnologii*, № 10 (1), S. 34-44. <https://doi.org/10.17073/2500-0632->

2024-07-283.

3. Tarasov V.V., Pestrikova V.S., Ivanov O.V., Chistyakov A.N., 2020. Vliyanie mikroklimaticheskikh parametrov vozdukha na elementy krepki i armirovki v stvolakh kaliinogo rudnika [Influencing microclimatic air parameters on fasteners and reinforcement elements in barks potassium mining]. *Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle*, № 2, P. 174-183.

4. Isaevich A.G., Trushkova N.A., 2011. Issledovanie i mekhanizm vozniknoveniya solyanykh obrazovaniy v skipo-ventilyatsionnykh stvolakh kaliinykh rudnikov [Research and mechanism of salt formations in the skip-ventilation shafts of potash mines]. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten'*, № 4, P. 195-200.

5. Medvedev I.I., A.E. Krasnoshtein, 1977. Bor'ba s pyl'yu na kaliinykh rudnikakh [Dust control in potassium mines]. Moscow: Nedra, 189 p.

6. Semin M.A., Isaevich A.G., Zhikharev S.Ya., 2021. Issledovanie osedaniya pyli kaliinoy soli v gornoy vyrabotke [Analysis of dust deposition of potash salt in a mineshaft]. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, № 2, P. 178-191. DOI: 10.15372/FTPRPI20210218.

7. Belousov V.I., Seleznev V.N., Andreev V.I., 1988. Tekhnicheskie resheniya po bor'be s pyl'yu i vneshnimi utechkami vozdukha na skipo-ventilyatsionnykh stvolakh kaliinykh rudnikov [Technical solutions for dust control and external air leaks in the skip-ventilation shafts of potash mines]. Moscow: GIGKhS.

8. RU 2764206C1. Sposob snizheniya nalipaniya solei na poverkhnosti valkovykh press-granulyatorov [A method for reducing the adhesion of salts on the surface of roller press granulators]. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2764206C1/ru> (data obrashcheniya 11.03.2026)

9. SU 1312176. Sposob ochistki poverkhnosti shakhtnogo stvola ot solevykh narostov [A method of cleaning the surface of a mine shaft from salt deposits]. URL: <https://patents.google.com/patent/SU1312176A1/ru> (data obrashcheniya 11.03.2026)

10. Sukhanov A.E., Shishlyannikov D.I., Isaevich A.G., 2023. Ispol'zovanie perekrestnoi skhemy rezaniya dlya snizheniya pylevidnykh i neobogatimyykh fraktsii pri mekhanizirovannoy dobyche kaliinoy rudy [Application of a cross-cutting pattern to reduce dust emission and non-rich factions during mechanized mining of potash ore]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo uni-versiteta. Inzhiniring georesursov*, Vol. 334, № 2, P. 60-69.

11. Strokova V.V., Ryazanova A.Yu., Markova I.Yu., Stepanenko M.A., Ishmukhametov E.M., 2024. Otsenka effektivnosti vodnykh pylepodavlyayushchikh emul'sii na os-nove akrilovykh i alkidnykh polimerov [Evaluation of the effectiveness of water dust-suppressing emulsions based on acrylic and alkyd polymers]. *Zapiski Gornogo Instituta*, Vol. 270, P. 941-949.

12. Zaitsev A.V., Ageeva K.M., 2022. Osushenie gornyykh vyrabotok kaliinykh rudnikov s ispol'zovaniem sredstv sistem avtomaticheskogo upravleniya provetrivaniem [Drying of potassium mine workings using automatic air control systems]. *Nedropol'zovanie*, Vol. 22, № 1, P. 45-50. DOI: 10.15593/2712-8008/2022.1.7.

13. Tekhnologiya "sukhoi tuman" - samaya effektivnaya sistema pylepodavleniya v mire! [Dry mist technology as the most effective dust suppression system in the world!] *Gornaya promyshlennost'*, 2021, № 4, P. 34.

14. Ivanov A.V., Strizhenok A.V., 2017. Issledovanie effektivnosti pylepodavleniya aerazol'nymi pushkami-tumanoobrazovatelyami s pnevmogidravlicheskimy formunkami [A study of the effectiveness of dust suppression by aerosol fog guns with pneumohydraulic formulas]. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, № 1, P. 165-170.