

Кузин Евгений Геннадьевич^{1*}, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и комплексной механизации горных работ, **Бардер Максим Владимирович²**, старший механик

¹Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевске. 653039, Российская Федерация, г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19а.

²Общество с ограниченной ответственностью «Шахта Листвяжная», 652614, Российская Федерация, Кемеровская область, р-н Беловский, пгт. Грамотеино, мкрн. Листвяжный, 1.

*E-mail: kuzinevgen@gmail.com

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ УСТАНОВОК В ГИДРОСИСТЕМАХ ОЧИСТНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ

***Аннотация:** В настоящей работе представлен анализ воды из противопожарного става угольных шахт, поступающий в гидравлическую систему механизированных комплексов. Приводятся негативные последствия применения шахтной воды без предварительной подготовки на работу механизированных крепей и гидравлическую систему в целом. Показан аналитический обзор факторов, приводящих к нарушениям в работе гидравлических систем, включающий наличие нерастворимых солей и электрохимическую коррозию. Приводятся требования к технологической воде согласно нормативным документам. Дается краткий анализ существующих способов водоподготовки с присущими им достоинствами и недостатками. Приводятся результаты практического применения фильтровальных установок в гидросистемах очистных механизированных комплексов шахт «им. В.Д. Ялевского» и «им. А.Д. Рубана». Результаты исследования позволяют достоверно обосновать рациональные способы водоподготовки с учетом применения фильтровальных установок в гидравлических системах механизированных комплексов для очистных забоев. Внедрение фильтровальных установок с мембранными технологиями позволяет не только повысить ресурс элементов гидравлических систем, но также сократить число неплановых простоев и снизить затраты на их техническое обслуживание.*

***Ключевые слова:** гидравлические системы, очистные механизированные комплексы, угольные шахты, надежность горных машин, фильтровальные установки.*

***Информация о статье:** принята 24 апреля 2021 г.
DOI: 10.26730/1816-4528-2021-4-29-36*

1. Введение

На основании длительной работы оборудования в водно-эмульсионных средах и оценки безотказности работы элементов гидравлических систем потребовалось технико-экономическое обоснование для приобретения оборудования для приготовления воды. Специалистами ООО «Шахта Листвяжная» были посещены угольные предприятия СУЭК-Кузбасс, а именно шахта «им. В.Д. Ялевского» и шахта «им. А.Д. Рубана». При посещении был рассмотрен комплект оборудования для фильтрации воды и получения на выходе жидкости (эмульсии) как конечного продукта с целью дальнейшего использования в механизированных комплексах для работы управляющей и силовой гидравлики. Достигнутый результат по чистоте воды и эмульсии на предприятиях СУЭК-Кузбасс на сегодняшний день является наилучшим технико-экономическим решением.

Применение такого уровня фильтрации на ООО «Шахта Листвяжная» снизит издержки на капитальные ремонты силовой и управляющей гидравлики, обеспечит более длительную работу элементов силовых насосов, снизит время простоев основного оборудования.

2. Обзор проблемы и постановка задачи

Опыт эксплуатации гидроагрегатов показывает, что их надежность и безаварийность существенно зависят от качества рабочей жидкости, а повышенная загрязненность механическими примесями приводит к ее отказам до 50-80% из общего числа всех отказов гидросистем, вследствие чего их ресурс снижается в 3-50 раз [1].

Содержащиеся в подпиточной воде взвешенные и растворенные (в основном соли кальция и магния) вещества при попадании в гидравлическую систему очистного механизированного комплекса (далее – гидросистему) вызывают неполадки в работе управляющей гидравлики, выражающиеся в блокировании линейных фильтров и клапанов, способствуют развитию электрокоррозии [2-4]. Изменения геометрии отверстий клапанов сброса эмульсии, в том числе вызванные коррозией или отложением солей, существенно влияют на распределение поля потока и общие динамические характеристики предохранительного клапана [5].

Твердые, выпадающие в осадок частицы накапливаются в стойках силовой гидравлики, вызывая износ уплотняющих элементов и нарушение целост-

ности поверхности гидроцилиндров, вызывают коррозию рабочих поверхностей гидроцилиндров. Все эти явления приводят к нестабильной работе комплекса с простоями и большим финансовым затратам на комплектующие управляющей гидравлики и капитальные ремонты гидроцилиндров силовой гидравлики [6, 7].



Рис. 1. Нерастворимый налет на рабочих поверхностях фильтроэлементов и в клапанах блоков управляющей гидравлики
Fig. 1. Insoluble plaque on the working surfaces of filter elements and in the valves of control hydraulic units

Основным видом загрязнений из взвешенных, находящихся в подпиточной воде, являются частички породы и угля, фракционный состав которых находится в диапазоне от 4 мкм до 12 мкм [8]. Эта фракция при накоплении в гидросистеме образует нерастворимый плотный налет на стенках гидроцилиндров, на рабочих поверхностях фильтроэлементов и в клапанах блоков управляющей гидравлики (см. рис. 1).

Основным видом загрязнений из растворенных веществ являются соли кальция и магния, которые выпадают в осадок при нагревании рабочей жидкости в насосах высокого давления и при высоком давлении во время кавитационных процессов в головках насосов при реакции с высвобождающимся кислородом.

Оборотно-подпиточная гидросистема комплекса предназначена для выполнения перемещения механизированной крепи в соответствии с задаваемым алгоритмом работы для извлечения угольного массива. Имеющаяся гидросистема оборудована

устройствами фильтрации воды с максимальным низким рейтингом в 25 мкм. Фильтровальные системы представляют собой устройства с однослойной сеткой с возможностью промываться обратным потоком жидкости. В качестве подпиточной воды используется вода из противопожарного става (ППС). Учитывая количественный состав взвешенных и растворенных веществ, в среднем в сутки в гидросистему комплекса с водой поступает от 5 до 50 кг загрязнений, из которых с большим трудом удается отфильтровать только взвешенные, фракционный состав которых находится в диапазоне от 50 мкм до 500 мкм.

Характеристика подпиточной воды

Таблица 1. Требования к технологической воде
Table 1. Requirements for process water

Параметры воды	Ед. изм.	Значение	Влияние параметров на работоспособность гидравлической системы
Мутность	мг/дм ³	≤ 0,4	Мутность и взвешенные вещества вызывают износ и блокируют фильтра и элементы управляющей гидравлики
Взвешенные вещества	мг/дм ³	≤ 0,5	
Железо	мг/дм ³	≤ 0,05	Способствует развитию коррозии стальных элементов гидросистемы
Общая минерализация	мг/дм ³	≤ 50,0	Способствуют развитию электрохимической коррозии
Удельная электропроводность	мкСм/см	≤ 50	
Магний	мг/дм ³	≤ 0,05	Вызывают дестабилизацию эмульсии
Кальций	мг/дм ³	≤ 0,5	В гидросистеме приводит к выпадению соединений кальция и магния в виде взвешенных веществ и блокирует фильтра и элементы управляющей гидравлики
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	≤ 65,0	
Сульфаты	мг/дм ³	≤ 3,4	Вызывает дестабилизацию эмульсии

В качестве подпиточной воды используется вода из ППС. Состав воды не однороден по содержанию взвешенных и растворенных веществ по сезонам года и зависит от минералогического состава пород, где в настоящее время проходят горные работы. На ООО «Шахта Листвяжная» источником воды является вода реки Томь и скважинная вода с большим содержанием кальция и взвешенных частиц.

Требования к технологической воде.

Для нормальной работы гидравлической системы требуется выдерживать следующие качественные показатели воды [9], представленные в табл. 1.

Проблемы оборотно-подпиточной системы

В связи с постоянно поступающей водой в гидросистему проникают загрязнения во взвешенной и растворенной форме, которые имеют свойства накапливаться и блокировать работу гидросистемы [10, 11]. В целом на предприятии отсутствует техническая возможность комплексно оценивать химический состав воды и своевременно реагировать на изменения ее качества. Системы приготовления эмульсии не совершенны, не могут точно дозировать концентрат и не оборудованы устройствами контроля концентрации.

Организация технического обслуживания играет существенную роль в повышении эффективности технологических процессов; так, по мнению авторов [12, 13], необходимо переходить к принятию управленческих решений, основанных на причинно-следственных связях, а не на фактах в отклонении режимов работы оборудования.

В любой технической системе периодический контроль технического состояния горного оборудования и адекватное техническое обслуживание значительно снижают экологическую нагрузку на окружающую среду [14, 15].

Учитывая вышеперечисленные предпосылки для повышения эффективности работы гидравлической системы механизированного комплекса, проведем анализ существующих способов водоподготовки.

3. Анализ существующих методов водоподготовки.

Удаление механических частиц.

Наличие в воде нерастворимых механических частиц характеризуется следующими показателями:

Взвешенные вещества (мг/дм^3) – показывают количественное содержание в воде частиц относительно крупных размеров – несколько микрон и выше.

Мутность – характеризует количественный уровень содержания в воде мельчайших частиц размером от нескольких микрон и ниже.

На сегодняшний день практическое применение имеют следующие технологии очистки воды от механических частиц:

- Отстаивание;
- Коагуляция;
- Флотация;
- Фильтрация:
 - на фильтрах с зернистой загрузкой;
 - на картриджных фильтрах;
 - на установках мембранного типа.
- Комбинация вышеперечисленных технологий.

Отстаивание.
Примером применения технологии отстаивания воды являются: пруды отстойники, вертикальные и горизонтальные отстойники технологической воды, сточных вод промышленных и муниципальных предприятий. В системах водоподготовки применяется в основном как первая стадия очистки воды, так

и комбинации с другими технологическими процессами ее очистки.

Достоинства – низкие эксплуатационные затраты; качество очистки зависит от времени отстаивания воды, исходных показателей воды по взвешенным веществам и мутности.

Недостатки – большие объемы сооружений и строительно-монтажных работ.

Коагуляция.

Это способ укрупнения взвешенных в воде мелких частиц с целью облегчения их дальнейшего удаления. Укрупнения частиц (их слипания) достигают путем добавления в воду реагентов, снижающих агрегатную устойчивость воды с взвешенными частицами. Коагуляцию применяют для снижения мутности воды, повышения эффективности ее очистки в отстойниках и на фильтрах с зернистой загрузкой.

Эффективность процесса коагуляции зависит от:

- правильного подбора реагента;
- правильного выбора дозы реагента (до 80 мг/л обрабатываемой воды);
- температуры воды;
- уровня pH воды;
- равномерности распределения реагента в воде.

Достоинство – позволяет добиться высокой степени осветления воды.

Недостатки – качество очистки зависит от многих эксплуатационных параметров; постоянный расход реагентов на обработку воды.

Не является самостоятельной технологией очистки воды, применяется совместно с другими технологиями.

Флотация.

Процесс основан на слиянии взвешенных в воде частиц с пузырьками подаваемого в воду воздуха. Всплывание пузырьков воздуха вместе с захваченными частицами на поверхность воды обеспечивает перенос загрязнений из толщи воды в ее поверхностный слой с образованием пены. Может применяться как самостоятельная технология очистки. Пена с поверхности флотатора удаляется постоянно или периодически. Для интенсификации процесса часто применяется обработка воды коагулянтами.

Достоинства – позволяет добиться высокой степени осветления воды; более компактное оборудование по сравнению с отстойниками.

Недостатки – качество очистки зависит от исходных показателей воды по взвешенным веществам и мутности, технологических параметров процесса флотации; необходимость дополнительной обработки и утилизации пены; значительные объемы строительно-монтажных работ.

Фильтрация на фильтрах с зернистой загрузкой.

Процесс фильтрации основан на прохождении загрязненной воды с низкой скоростью через слой зернистой загрузки фильтра. Низкая скорость движения воды способствует задержанию частиц, не только сравнимых по размеру с размером зерна загрузки (0,3-1,2 мм), но и значительно меньших. Удаление задержанных загрязнений производится обратной промывкой.

Современные фильтры с зернистой загрузкой имеют более компактные размеры по сравнению с отстойниками, способны работать в автоматическом режиме. В настоящее время широко применяются в водоподготовке.

Достоинства – позволяет добиться высокой степени осветления воды; более компактное оборудование по сравнению с флотаторами и отстойниками.

Недостатки – качество очистки зависит от исходных показателей воды по взвешенным веществам и мутности; происходит обязательное снижение качества очистки воды в следующих случаях: несвоевременная обратная промывка фильтра, резкое увеличение расхода воды через фильтр, повышение уровня загрязнения в исходной воде. Имеет большие габаритные размеры, чем картриджный фильтр.

Фильтрация на картриджных фильтрах.

Процесс фильтрации основан на прохождении загрязненной воды через фильтровальный материал с калиброванными ячейками. Частицы с размерами, большими, чем ячейка, задерживаются фильтроэлементом, меньшие частицы свободно проходят через фильтр. Удаление задержанных частиц происходит либо обратной промывкой, либо сменой фильтрующего элемента.

Картриджные фильтры могут быть спроектированы и изготовлены под самые различные требования и условия эксплуатации. Современные картриджные фильтры имеют высокую эффективность, малые габаритные размеры, применимы для фильтрации жидкости под малым и большим давлением.

В связи с широким разнообразием применяемых фильтровальных материалов и условий эксплуатации сравнение данного сегмента фильтров с другими некорректно.

Фильтрация на установках мембранного типа.

В области мембранных установок для очистки воды от взвешенных частиц, наиболее широкое распространение получил процесс, называемый микро (ультра) фильтрацией. Микрофильтрация – это фильтрация воды через фильтрующий материал (мембрану) с размером ячейки (поры) порядка 0,1 мкм. Данный размер поры мембраны обеспечивает наивысшее качество подготовленной воды с гарантированным удалением взвешенных веществ, мутности, микроорганизмов, бактерий, железа и марганца (во взвешенном виде). Удаление задержанных мембраной загрязнений происходит обратной промывкой. На сегодняшний день микрофильтрационные мембраны некоторых производителей способны работать в непрерывном режиме эксплуатации 10 лет и более.

Достоинства – наивысшее качество очищенной воды, не зависящее от пиковых колебаний мутности в исходной воде; более компактное оборудование по сравнению с фильтрами с зернистой загрузкой, флотаторами и отстойниками; позволяет наряду с механическими частицами удалять микроорганизмы, бактерии, железо и марганец во взвешенном виде; минимальный объем промывных вод, минимальный объем реагентов для обслуживания установки, низкое энергопотребление.

Недостатки – невысокая производительность одной ячейки.

Обеззараживание

Согласно федеральным нормам и правилам вода, применяемая в шахте, должна соответствовать требованиям СанПин 2.1.4.1074-01 (Питьевая вода).

На сегодняшний день применяются следующие способы обеззараживания питьевой воды:

- Хлорирование;
- Озонирование;
- Обработка ультрафиолетом;
- Микрофильтрация.

Из вышеперечисленных способов микрофильтрация является надежным способом обеззараживания воды. Достоинством данного способа является то, что обеззараживание воды производится вместе с удалением механических загрязнений без применения дополнительного оборудования, реагентов, расхода электроэнергии.

Удаление растворенных минералов

Наличие в воде растворенных минералов характеризуется следующими показателями:

Общая минерализация (мг/дм³) – показывает общее содержание минералов в 1 литре воды.

Удельная электропроводимость (мкСм/см) – численное выражение способности водного раствора проводить электрический ток. Величина электропроводимости наряду с общей минерализацией характеризует общее количество минералов, растворенных в воде.

Жесткость – показывает уровень содержания в воде ионов кальция и магния.

Для деминерализации воды в той или иной степени применимы следующие методы:

Термический – нагревание или дистилляция.

Реагентный – метод ионного обмена.

Электродиализ – разделение воды и растворенных в ней минералов через мембрану под действием электрического тока.

Обратный осмос – разделение воды и растворенных в ней минералов механической фильтрацией через мембрану.

Термический метод деминерализации воды

Метод основан на процессе образования нерастворимых соединений кальция и магния при нагревании или замораживании воды. Данный метод целесообразен к применению при карбонатных водах. После образования в воде нерастворимых солей требуется их отстаивание или фильтрация. Данный метод позволяет частично снизить жесткость и электропроводимость воды, обусловленные наличием в ней ионов кальция, магния, гидрокарбонат-ионов.

Достоинство – позволяет снизить жесткость и электропроводимость воды.

Недостатки – высокий расход энергии; требуется дополнительное фильтрование (отстаивание) воды выборочное удаление растворенных минералов.

Дистилляция

Процесс, связанный с фазовым переходом воды из жидкого состояния в парообразное с последующей конденсацией паров. Образующийся при кипении воды пар практически не содержит солей и

при его конденсации получается дистиллированная вода с минимальным содержанием.

Достоинства – удаляются все растворенные в воде минералы; позволяет получить практически чистую воду.

Недостаток – высокий расход энергии.

Ионный обмен

Существует большое многообразие технологий удаления тех или иных ионов, растворенных в воде путем их замещения другими (более активными) ионами вплоть до опреснения соленой воды. Однако в основном это процесс замещения ионов кальция и магния (образующих нерастворимые соли), например, ионами калия или натрия, соли которых растворимы в воде. Таким образом, ионный обмен не снижает общую минерализацию воды, но позволяет «заменить» в воде нерастворимые соли на растворимые, что снижает жесткость воды (умягчает воду).

Процесс умягчения воды выглядит следующим образом: в корпус фильтра с зернистой загрузкой загружается ионообменная смола. Вода, прокачиваемая через фильтр, «меняет» содержащиеся в ней ионы кальция и магния на ионы, содержащиеся в смоле. Периодически по мере истощения смолы требуется ее регенерация. Регенерация ионообменной смолы производится путем прокачки через фильтр раствора, содержащего «правильные» ионы (например, поваренной соли). Современные ионообменные фильтры имеют полный набор функций, позволяющий фильтру работать в автоматическом режиме.

Достоинство – позволяет снизить жесткость воды.

Недостатки – большой расход реагентов для регенерации ионообменной смолы; большой расход воды на отмывки фильтра с необходимостью последующей нейтрализации стоков.

Электродиализ

Деминерализация воды процессом электродиализа основана на свойстве заряженных частиц (ионов) перемещаться в воде в сторону электрода с противоположным зарядом. Если в емкость с водой поместить электроды, отделив их от центральной части емкости проницаемыми для ионов перегородками (мембранами), и подать электрический ток, то через некоторое время вода в центральной части емкости опресняется, так как содержащиеся в ней ионы переместятся к электродам за мембранные перегородки.

Достоинства – позволяет снизить общее содержание воды до 500 мг/л.; минимальное количество реагентов на обслуживание установки; более сложная конструкция и эксплуатация установки, чем обратного осмоса; малые габариты установки.

Недостатки – наличие постоянного стока концентрата в среднем порядка 50-30% от объема входящей воды; более высокий расход энергии.

Обратный осмос

Обратный осмос – это фильтрация воды через фильтрующий материал (мембрану) с размером ячейки (поры) порядка 0,001 мкм. Данный размер поры позволяет «отсеивать» из воды все посторон-

ние молекулы, кроме молекул воды с эффективностью более 99%. При обратном осмосе в отличие от фильтрации на картриджных фильтрах и установках микрофильтрации идет постоянное разделение потока исходной воды на деминерализованную воду и концентрат. Данное технологическое решение направлено на значительное увеличение производительности и срока службы мембраны, так как позволяет снизить количество задержанных на поверхности мембраны примесей. На сегодняшний день производители обратного осмотического мембран выпускают надежные, высокоэффективные и высокопроизводительные мембраны с длительным сроком службы. Например, дисктрубчатые мембраны способны работать в непрерывном режиме эксплуатации до 10 лет и более.

Достоинства – позволяет добиться высокой степени деминерализации воды; простая конструкция и эксплуатация установки; низкое энергопотребление; минимальное количество реагентов на обслуживание установки; малые габариты установки.

Недостаток – наличие постоянного стока концентрата объемом до 30% от объема входящей воды.

Утилизация сбросов

Сбросы промывной воды либо мокрого осадка присутствуют во всех процессах удаления механических частиц в водоподготовке. За исключением фильтрации на фильтрах со сменными элементами. Как правило, промывные воды разбавляются и сбрасываются в канализацию или в голову водоочистных сооружений. Реже промывные воды обезвоживаются, а твердый осадок утилизируется на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО).

При процессах, связанных с деминерализацией воды, существенные сбросы отходов (концентрата), образуются при следующих методах:

- Ионный обмен;
- Электродиализ;
- Обратный осмос.

Существуют следующие способы утилизации концентрата:

Снижение общего объема утилизируемого концентрата за счет повышения концентрации в нем солей с последующим захоронением на свалках ТБО в герметичной таре.

Выпаривание либо сжигание.

Разбавление концентрата до уровня пригодного к сбросу его в канализацию.

Таким образом, мембранные технологии очистки воды от механических загрязнений и удаления растворенных минералов имеют следующие преимущества перед другими технологиями:

- Высокое качество подготовленной воды;
- Низкие эксплуатационные затраты и малый расход энергии;
- Относительно длительный срок службы фильтрующих мембран;
- Низкое потребление воды на собственные нужды;
- Малые габаритные размеры установок, возможность контейнерного исполнения установок.

4. Результаты исследования.

Анализ грязи на фильтре и клапане.

При исследованиях отложений в клапанах и фильтрах, а также из баков гидравлических систем получаем следующие результаты:

- Отложения состоят из «органической» и «неорганической» части, их процентное соотношение зависит от химического состава воды и применяемой присадки.

- Органическая часть представляет собой продукты взаимодействия стабилизаторов и эмульгаторов, входящих в состав присадки с ионами, содержащимися в воде.

- Неорганическая часть в основном состоит из соединений кальция CaO и CaCO_3 , ее объем составляет от 15 до 50% от общей массы загрязнений.

Пример: при объеме пополнения гидравлической системы водой на уровне $V_n = 5 \text{ м}^3$ в сутки и содержании: взвешенных веществ $m_{\text{вв}} = 10 \text{ мг/литр}$;

кальция (Ca) – $m_{\text{Ca}} = 100 \text{ мг/литр}$; за месяц $n = 30$

сут. в гидравлическую систему поступает:

$$M_{\text{пр}} = V_n \cdot n \cdot m_{\text{вв}} = 5 \cdot 30 \cdot 0,01 = 1,5 \text{ кг};$$

механических загрязнений;

$$M_{\text{Ca}} = V_n \cdot n \cdot m_{\text{Ca}} = 5 \cdot 30 \cdot 0,1 = 15 \text{ кг};$$

способного к отложению кальция (Ca).

5. Выводы

На ООО «Шахта Листвяжная» прослеживается общая картина качества поступающей воды, используемой эмульсии и применяемых фильтрационных решений.

В образцах воды, предоставленных для исследования, обнаружено среднее содержание мутности и взвешенных веществ. Загрязнение взвешенными частицами носит сезонный (весна, осень) и эпизодический (гидроудары, смена источника) характер.

Все образцы воды показывают высокое содержание кальция и гидрокарбонатов. Это является основным и ежедневным источником загрязнения гидросистемы.

Все образцы эмульсии имеют нестабильное процентное содержание концентрата, что напрямую связано с сезонностью используемой воды, и, как следствие, имеют биологические поражение и не могут выполнять задачи по борьбе с коррозией. Высокое содержание взвешенных веществ в эмульсии способствует развитию очагов коррозионного поражения.

Все используемые в настоящее время системы фильтрации не способны обеспечить требуемый для гидравлики механизированного комплекса класс чистоты используемой воды. Фильтрационные системы на обратном потоке эмульсии также способны удалять только крупные взвешенные частицы в диапазоне от 25 мкм и выше. На данный момент предприятие не имеет должную фильтрацию подающей воды для гидравлических систем механизированных комплексов, так как не уделяется внимание составу воды в течение работы оборудования на всем его протяжении.

Помещение с установкой водоподготовительного оборудования представлено на рис. 2.

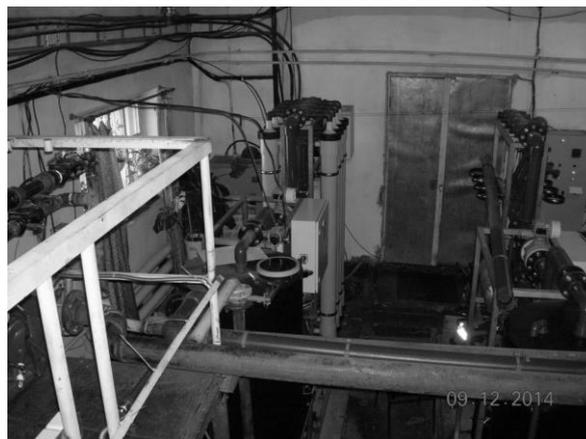


Рис. 2. Внешний вид помещения водоподготовки
Fig. 2. Appearance of the water treatment room

Анализ работы подобной установки на шахте «Шахта им. В.Д. Ялевского» показывает хорошие результаты:

- внеплановые остановки механизированного комплекса в результате нарушений в работе системы управления крепями снизились на 16,5 %;

- отказы в гидравлических распределителях в результате нарастания кальциевых отложений на промежуточных фильтрующих элементах на 21,8%.

Предлагается рассмотреть возможность оснащения отдельных линий подачи воды для гидросистем очистных механизированных комплексов с оснащением их современным фильтрационным оборудованием на мембранных технологиях и систем дозирования концентрата в заданных технических параметрах.

Необходимо проведение отдельного трубопровода с подготовленной водой и эмульсией до станций высокого давления в подземных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Финкельштейн, З.Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин / З.Л. Филькенштейн // Москва: Недра, 1986, - 232 с.
2. Riskin, J. Electrocorrosion and Protection of Metals. 2008. DOI 10.1016/B978-0-444-53295-4.X0001-4.
3. Maruschak Pavlo, Poberezhny Lyubomyr, Prentkovskis Olegas, Bishchak Roman, Sorochak Andriy & Baran, Denys. Physical and Mechanical Aspects of Corrosion Damage of Distribution Gas Pipelines After Long-Term Operation / Journal of Failure Analysis and Prevention. 2018. 18. pp 562–567. DOI 10.1007/s11668-018-0439-z.
4. Yingbo Hou, Deqing Lei, Shujin Li, Wei Yang, Chun-Qing Li. Experimental Investigation on Corrosion Effect on Mechanical Properties of Buried Metal Pipes / International Journal of Corrosion. 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/5808372>.
5. Lirong Wan, Hanzheng Dai, Qingliang Zeng, Zhenguo Lu, Zhiyuan Sun, Mingqian Tian, Yanjie Lu.

Characteristic Analysis of Digital Emulsion Relief Valve Based on the Hydraulic Loading System / Shock and Vibration. 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8866919>

6. Aleksandr Antsupov, Viktor Antsupov, and Mikhail Slobodianskii. Analytical testing and methods for increasing the durability of plunger hydraulic cylinders / MATEC Web of Conferences 224, 02023 (2018). ICMTE 2018 <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822402023>.

7. Стебнев А.В, Бувевич В.В. Совершенствование рабочей характеристики гидропривода стоек секций механизированных крепей очистных комплексов / Записки Горного Института. 2017. Том 227. С. 576. DOI: 10.25515/rmi.2017.5.576.

8. Веркалов, Д.В. Очистка – резерв экономии рабочей жидкости и повышения надежности гидросистем / Вестник машиностроения, 1986, N4, с. 21-22.

9. ГОСТ 17216-2001. Чистота промышленная. Классы чистоты жидкостей. / Industrial cleanliness. Grades of liquids purity // Дата введения 2003-01-01 Принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол N 19 от 24 мая 2001 г.) [Текст электронный]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200028882> (Дата обращения 24.03.2021).

10. Мельник, В.В. Формирование конкурентоспособного технического сервиса обеспечения работоспособности горнотранспортного оборудования /

В.В. Мельник, И.Н. Сухарьков, В.А. Хажиев // Уголь. 2019. № 6 (1119). С. 10-15.

11. Вакулин, Е.А. Оценка качества расследования и устранения причин отказов оборудования / Вакулин Е.А., Заяц А.И., Беклемешев В.А., Ивашкевич В.А., Хажиев В.А., Байкин В.С. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № S64. С. 116-126.

12. Бяков, М.А. Классификация факторов, оказывающих влияние на работу манжетных уплотнений гидростоек механизированных крепей / М.А. Бяков, Г.Д. Буялич, К.Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № S65. С. 29-37.

13. Buyalich, G.D., Buyalich, K.G., Umrikhina, V.Yu. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 142, 012120 (2016).

14. Kuzin, E. Mining Equipment Technical Condition Monitoring / E. Kuzin, V. Bakin, D. Dubinkin // E3S Web of Conferences. Electronic edition. 2018. DOI: 10.1051/e3sconf/20184103020.

15. Mamaeva, M. Development of innovative methods for the assessment of the technical condition of the gearboxes of the mine belt conveyors in the parameters of the lubricating oil / Mamaeva M., Kuzin E. // MATEC Web of Conferences. The conference proceedings (ISPCIME-2019). 2019. С. 03006.

Kuzin, Evgeniy G.^{1*} С. Sc. in Engineering, Associate Professor, **Barder, Maksim V.**² Senior Mechanic.

¹ T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Prokopievsk Branch, Prokopievsk, Nogradskaya str. 19a, 653039, Russia.

² Limited Liability Company "Listvyazhnaya Mine", 652614, Russian Federation, Kemerovo region, Belovsky district, village Gramoteino, MD. Listvyazhny 1.

JUSTIFICATION OF THE USE OF FILTER SYSTEMS IN HYDRAULIC SYSTEMS OF MECHANIZED TREATMENT COMPLEXES

Abstract: This paper presents the analysis of water from the fire-fighting pipeline of coal mines, which enters the hydraulic system of mechanized complexes. The negative consequences of the use of mine water without preliminary preparation for the operation of mechanized supports and the hydraulic system as a whole are given. An analytical review of the factors leading to disturbances in the operation of hydraulic systems, including the presence of insoluble salts and electrochemical corrosion, is shown. The requirements for process water according to regulatory documents are given. A brief analysis of the existing methods of water treatment with their inherent advantages and disadvantages is given. The results of the practical application of filter units in the hydraulic systems of the treatment mechanized complexes of V. D. Yalovsky mine and A. D. Ruban mine are presented. The results of the study allow us to reliably justify rational methods of water treatment, taking into account the use of filter units in the hydraulic systems of mechanized complexes for production faces. The introduction of filter systems with membrane technologies allows us to increase the service life of hydraulic system elements, and also to reduce the number of unplanned downtime and reduce the cost of their maintenance.

Keywords: hydraulic systems, mechanized treatment plants, coal mines, reliability of mining machines, filtration units.

Article info: received April 24, 2021

DOI: 10.26730/1816-4528-2021-4-29-36

REFERENCES

1. Finkelstein, Z.L. Application and cleaning of working fluids for mining machines / Z.L. Finkelstein // Moscow: Nedra, 1986, - 232 p.
2. Riskin, J. Electrocorrosion and Protection of Metals. 2008. DOI 10.1016 / B978-0-444-53295-4.X0001-4.
3. Maruschak Pavlo, Poberezhny Lyubomyr, Prentkovskis Olegas, Bishchak Roman, Sorochak Andriy & Baran, Denys. Physical and Mechanical Aspects of Corrosion Damage of Distribution Gas Pipe-lines After Long-Term Operation / Journal of Failure Analysis and Prevention. 2018. 18.pp 562-567. DOI 10.1007 / s11668-018-0439-z.
4. Yingbo Hou, Deqing Lei, Shujin Li, Wei Yang, Chun-Qing Li. Experimental Investigation on Corrosion Effect on Mechanical Properties of Buried Metal Pipes / International Journal of Corrosion. 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/5808372>.
5. Lirong Wan, Hanzheng Dai, Qingliang Zeng, Zhenguo Lu, Zhiyuan Sun, Mingqian Tian, Yanjie Lu. Characteristic Analysis of Digital Emulsion Relief Valve Based on the Hydraulic Loading System / Shock and Vibration. 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8866919>
6. Aleksandr Antsupov, Viktor Antsupov, and Mikhail Slobodianskii. Analytical testing and methods for increasing the durability of plunger hydraulic cylinders / MATEC Web of Conferences 224, 02023 (2018). ICMTMTE 2018 <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822402023>.
7. Stebnev A.V., Buevich V.V. Improvement of the working characteristics of the hydraulic drive of the struts of the powered support sections of the mining complexes / Notes of the Mining Institute. 2017. Vol. 227.S. 576. DOI: 10.25515 / pmi.2017.5.576.
8. Verkalov, D.V. Cleaning is a reserve for saving working fluid and increasing the reliability of hydro-systems / Vestnik mashinostroeniya, 1986, N4, p. 21-22.

Библиографическое описание статьи

Кузин Е.Г., Бардер М.В., Обоснование применения фильтровальных установок в гидросистемах очистных механизированных комплексов // Горное оборудование и электромеханика – 2021. – № 4 (156). – С. 29-36.

9.GOST 17216-2001. Industrial cleanliness. Purity classes of liquids. / Industrial cleanliness. Grades of liquids purity // Date of introduction 2003-01-01 Adopted by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (Protocol No. 19 of May 24, 2001) [Electronic text]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200028882> (Date of access 03.24.2021).

10. Melnik, V.V. Formation of a competitive technical service to ensure the operation of mining equipment / V.V. Melnik, I.N. Sukharkov, V.A. Khazhiev // Coal. 2019. No. 6 (1119). S. 10-15.

11. Vakulin, E.A. Assessment of the quality of investigation and elimination of the causes of equipment failures / Vakulin E.A., Zayats A.I., Beklemeshev V.A., Ivash-kevich V.A., Khazhiev V.A., Baikin V.S. // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2018. No. S64. S. 116-126.

12. Byakov, M.A. Classification of factors affecting the operation of lip seals of hydraulic props of powered supports / M.A. Byakov, G. D. Buyalich, K.G. Buyalich // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2018. No. S65. S. 29-37.

13. Buyalich, G.D., Buyalich, K.G., Umrikhina, V.Yu. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 142, 012120 (2016).

14. Kuzin, E. Mining Equipment Technical Condition Monitoring / E. Kuzin, V. Bakin, D. Dubinkin // E3S Web of Conferences. Electronic edition. 2018. DOI: 10.1051 / e3sconf / 20184103020.

15. Mamaeva, M. Development of innovative methods for the assessment of the technical condition of the gearboxes of the mine belt conveyors in the parameters of the lubricating oil / Mamaeva M., Kuzin E. // MATEC Web of Conferences. The conference proceedings (ISPCIME-2019). 2019. S. 03006.

Reference to article

Kuzin E.G. Barder M.V. Justification of the use of filter systems in hydraulic systems of mechanized treatment complexes. Mining Equipment and Electromechanics, 2021, no.4 (156), pp. 29-36.