

УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕСТОЙКИХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ГИДРОСИСТЕМ ГОРНЫХ МАШИН

Эксплуатация гидравлического устаткування в вибухо- та пожежонебезпечних середовищах, а також непропорційно високий ріст вартості нафтопродуктів порівнянно з вартістю отриманої в цих умовах продукції потребує використання робочих рідин з різних вогнестійких матеріалів, які вибираються як з технічної, так і з економічної точки зору, а також розробки на основі всебічних досліджень об'єктивних критеріїв придатності вогнестійких робочих рідин для експлуатації. Табл. 1. Бібліогр.: 2 найм.

Важнейшей задачей при эксплуатации промышленного оборудования является обеспечение безопасности работы. Для гидрофицированного оборудования наибольшую опасность представляют разрушение гидроустройств из-за высокого давления в системе и воспламенение или взрыв рабочей жидкости. Если первая задача решается широко известными конструктивными мерами (увеличением толщины стенок, более прочными креплениями, подбором материалов, изменением схем нагружения отдельных деталей), то вторая опасность и меры ее преодоления исследованы еще недостаточно, поскольку в первую очередь относятся к отраслям техники, где окружающая среда поддерживает горение.

К таким отраслям относится, например, угольная промышленность, уровень гидрофикации которой в десятки раз превосходит уровень гидрофикации общего машиностроения. Огромное количество потребляемой рабочей жидкости (до 70 тыс. т в год), трудность технического обслуживания, с одной стороны, и опасная концентрация метана в окружающем пространстве, с другой стороны, сделали угледобывающую промышленность заложником этой проблемы. После гибели из-за воспламенения минерального масла 219 шахтеров в одной из шахт Бельгии во всех шахтах мира применение минеральных масел было запрещено, и начались интенсивные поиски огнестойких рабочих жидкостей (ОРЖ), которые не только бы удовлетворяли условиям

безопасности, но и были бы дешевле минеральных масел. Последний аспект проблемы имеет особенное значение в настоящее время, когда соотношение стоимости нефтепродуктов и добываемого в шахте угля резко изменилось в пользу первой. Достаточно сказать, что если в 1988 г. в оплату за одну тонну масла И-20 необходимо было добыть 0,9 т угля, то в 1996 г. - 15 т. Если бы угольная промышленность в настоящее время вновь перешла на минеральные масла, то затраты были бы соизмеримы со стоимостью зарплаты всех работников угольной промышленности. Поскольку рост стоимости нефтепродуктов оказывает существенное влияние не только на стоимость угля, но и на большое количество изделий и продукции других отраслей, переход на дешевые ОРЖ станет в ближайшем будущем актуальным для сельского хозяйства, машиностроения, металлургии и др.

В то же время 30 летний опыт применения ОРЖ в угольной промышленности показал, что ее нельзя решить только с одного конца - совершенствованием свойств жидкостей. Необходимо изменить конструкцию самих гидромашин. Поскольку рабочее давление в гидросистемах горных машин достигают 32 МПа (для сравнения - в станкостроении 7÷16 МПа, в самолетостроении 16÷25 МПа), то эти переделки привели к созданию нового направления в гидроприводе машин высокого давления, работающих на маловязких жидкостях.

Все жидкости подразделяются на легковоспламеняемые, горючие, трудногорючие и негорючие. Минеральные масла относятся к горючим жидкостям. Можно назвать две основные причины пожароопасных ситуаций. Первая, когда РЖ, распыляясь под большим давлением (например, при разгерметизации системы), попадает на раскаленную поверхность. Для всех масел, независимо от их температуры вспышки, пожароопасная температура лежит в пределах 225÷280°C. Следовательно, вблизи гидроприводов не должно быть поверхностей нагретых выше 200°C. Вторая, более вероятная ситуация: пары масла, испаряясь, заполняют определенную емкость, образуя паро-воздушную смесь. В определенной концентрации (примерно при наличии более 10% кислорода) смесь взрывается при нагревании до критической

температуры. Нижний предел температуры воспламенения на 25% ниже стандартной температуры вспышки. Например, для масла Индустриальное-20А, широко применяемого в гидросистемах, это соответствует 120°C. Насколько это опасно, говорит тот факт, что нормируемая температура нагрева подшипников компрессов 160°C. Поэтому заливка масла И20А вместо К19 привела в 1977 г. к взрыву винтового компрессора, подземному пожару и гибели на шахте «Новатор» 19 шахтеров.

Из сказанного следует, что ОРЖ не обязательно должны быть негорючими. Они могут быть горючими, но при температурах, которые не могут быть реализованы в эксплуатации. Их задача не тушить огонь, а препятствовать возникновению горения или предотвращения распространения пламени.

Согласно международному стандарту огнестойкие жидкости относятся к следующим категориям:

Категория HF-A — «масло в воде», содержащая максимум 20% горючих материалов. Обычно применяют 1,5÷5% минеральных масел с присадками и дизмульгаторами (эмульсолы), размешанными до высокой дисперсности или растворенными в воде. Хотя эмульсолы и обеспечивают определенный уровень смазки и защиты от коррозии, в целом этим эмульсиям присущи недостатки воды: невозможность использовать при низких температурах и невысокая вязкость.

Категория HF-B — «вода в масле», содержащая до 60% горючих материалов. Эти «обратные эмульсии» при введении в них антиокислительных, противоизносных, антикоррозийных присадок могут использоваться во всех типах гидрооборудования обычной конструкции до давления 14 МПа и температуре до 65°C.

Категория HF-C — водно-гликолевые и водно-глицериновые РЖ, содержащие 30÷60% воды, но представляющие истинные растворы. Поэтому они стабильны в эксплуатации.

Эти РЖ, в которые добавляют антикоррозийные, противоизносные и антипенные присадки, совместимы с большинством материалов, имеют высокий индекс вязкости, широко выпускаются многими фирмами, нашли

применение, например, для гидроприводов литейных машин, но они электропроводны и становятся горючими при уменьшении из-за испарения содержания воды ниже 30%.

Категория HF-D — РЖ, не содержащие воды и представляющие собой сложные эфиры фосфорной кислоты, прочие органические эфиры или синтезированные углероды. Обладая рядом превосходных свойств для РЖ (отличная смазка, высокие температуры вспышки, высокий индекс вязкости), они не удовлетворяют требованиям совместимости с традиционными материалами, во многих случаях их пары токсичны. По мере старения, как показали наши исследования, сами эти жидкости становятся либо токсичными, либо сильными аллергенами.

Порядок предпочтительности различных РЖ по основным показателям приведен в таблице:

Рабочая жидкость	Износостойкость	Огнестойкость	Стоимость	Относительная стоимость
	Порядок предпочтительности			
Масло минеральное	1	5	2	1
Эмульсия «масло в воде»	5	1	1	0.1-0.2
«вода в масле»	3	3	3	1-2
Водно-гликолевая	4	2	4	25-40
Синтетические (сложные) эфиры фосфорной кислоты	2	4	5	8-10

Анализируя принципиальные особенности различных ОРЖ и особенно учитывая экономическую сторону вопроса, наибольшую применимость имеют ОРЖ «масло в воде».

Эксплуатационные свойства этой эмульсии зависят от многих

факторов: свойств эмульсолов; качества воды; способов приготовления эмульсии; методов ее транспортировки и хранения; количества, качества и дисперсионного состава загрязнений, поступающих в систему при эксплуатации; диспергирующих свойств оборудования и др.

Выбор оптимальных показателей каждого из этих составляющих является предметом специальных исследований. На протяжении многих лет они определялись на основании опыта эксплуатации путем сбора мнений некоторых эксплуатационников. При этом оценка шла на уровне «лучше»-«хуже» без научного обобщения.

Потребовался анализ физико-механических процессов, возникающих при применении эмульсии в качестве ОРЖ, разработка допустимых показателей качества эмульсола, воды и эмульсии, проведение стендовых испытаний и шахтная проверка рекомендуемых показателей.

В результате были установлены следующие требования к вновь создаваемым эмульсиям:

Эмульсия должна приготавливаться на любой питьевой воде, допускаемой санитарной службой Украины для соответствующих регионов. Допускается предварительное улучшение воды, если ее жесткость превышает установленные нормы.

Стабильность эмульсии (ее нерасслоение) должна быть не менее 1 месяца при хранении ее в открытой емкости.

Эмульсия не должна быть подвержена возможности бактериального разложения. Проверка проводится в герметичной таре в темном помещении при температуре не менее 25°C в течение 15 дней.

Эмульсия должна быть совместима с ранее применявшимися эмульсиями на базе эмульсолов ВНИИНП-117, Аквол-3, Витол, РЭМ, ФМИ РЖ.

Не должно быть неприятного запаха, раздражения кожи и аллергических реакций у обслуживающего персонала.

Типовые фильтры гидравлических систем не должны адсорбировать эмульсол или его присадки.

Не допускается коррозия мелесодержащих, алюминиевых, стальных и чугунных образцов.

Не допускается воздействие на резиновые уплотнения.

Обобщенный показатель задира «Из» при проверке на ЧШМ-3 должен быть не менее 28, а при проверке на СИМ-3 пятно контакта должно быть не более, чем при испытании на эмульсии «Аквол-3» [2].

Приготовление эмульсии должно осуществляться методом барботажа. Для емкости в 5 м³ время приготовления эмульсии путем циркуляции насосом производительностью более 20 м³/час не должно превышать 0,5 часа. 85% образовавшихся мицелл должны быть в пределах 2+5 мкм по крупности.

К сожалению, применяемые в настоящее время эмульсола типа ФМИ-РЖ, Аквол и др. не удовлетворяют этим требованиям, в первую очередь по двум показателям: по достаточной стабильности эмульсии приготовленной на питьевой воде, и по сопротивляемости бактериальному разложению.

Для питьевой воды, согласно ГОСТ 2877-43, предельные допустимые нормы следующие: рН=6,5+8,5, сухой остаток < 1000 мг/л, хлориды ≤ 350 мг/л, сульфаты ≤ 500 мг/л, общая жесткость < 7 мг-экв/л.

Для приготовления эмульсии даже при помощи специальных устройств необходимо обеспечить: сухой остаток ≤ 400 мг/л, хлориды ≤ 80 мг/л, сульфаты ≤ 100 мг/л, жесткость воды — не выше 8 мг-экв./л.

Из сравнения следует, что не всегда питьевая вода, соответствующая стандартам, пригодна для приготовления эмульсий. Наши замеры показали, что на Украине только в районе г. Сокаль и г. Червоноград Львовской обл. вода пригодна для приготовления ОРЖ типа «масло в воде» в течение всего года.

Если к этому добавить, что Главный санитарный врач Украины допустил применение питьевой воды в Донецкой и Луганской областях с жесткостью до 17 мг-экв./л., станет очевидным, что без специальной водоподготовки на существующих эмульсолах приготовить качественную эмульсию невозможно. Исследования влияния жесткости воды на эксплуатационные свойства показали, что индекс задира Из, полученный при испытании на четырехшариновой машине ЧШМ-3 по ГОСТ 9490-75, имеет максимум при жесткости 3 мг-экв./л. Однако такие эмульсии расслаиваются через 1+7 суток. Опыты показали, что, хотя при той же

жесткости индексе задира на умягченной кальцинированной содой воде ниже, чем на природной, стабильность эмульсии на умягченной воде выше.

Наиболее прогрессивным способом снижения жесткости воды является электрохимическая очистка.

Установка водоподготовки по этому методу состоит из электроконцентратора (диафрагменного электролизера), выпрямителя, камеры хлопьеобразования, песчаного фильтра и гидрооборудования.

Что касается антикоррозионной способности эмульсии, то она повышается с ростом pH.

Можно считать, необходимым сочетание общей жесткости ниже 6,8 мг-экв./л и pH более 7,5.

Важным условием получения стабильной эмульсии — ее тщательное перемешивание и дробление эмульсола до частиц размером 2,5÷5,0 мкм.

Долговечность гидрооборудования существенно зависит от этого фактора

$$T_{\text{ном}} \approx \left(\frac{W_{\text{мин}}}{W_{\text{ном}}} \right)^{0,5},$$

где $W_{\text{мин}}$ — отношение мицел диаметром 2,5÷5,0 мкм к общему количеству в эмульсии, а $W_{\text{ном}} = 0,85$ — то же оптимальное значение.

Не допускается снижение концентрации эмульсола в эмульсии ниже оптимальной, определенной для каждого эмульсола. Доказано, что снижение концентрации на 30% приводит к потере эмульсией антикоррозионных свойств и коагулированию мелкораздробленных мицел в крупные размером 25 мкм и более.

Определение фактического содержания эмульсола в эмульсии во всех угледобывающих района Украины показало, что в 80% случаев концентрация ниже нормы в 1,5÷2 раза, а в некоторых случаях в 10 и более раз.

Одна из часто встречающихся причин разложения эмульсий — жизнедеятельность тиосернистых анаэробных бактерий. При этом выделяется сероводород, по запаху которого можно судить о процессе разложения. Усиленному разложению бактерий способствует ряд условий: избыточное давление, недостаток кислорода, повышенная температура,

наличие серы в эмульсоле, минерализация воды сульфатом, наличие поверхностей раздела между водой и нефтепродуктом. Катализаторами служат попавшие в эмульсию органические загрязнения, пыль, металлические стружка и опилки. Жизнедеятельность бактерий активизируется при отсутствии света.

Под действием бактерий, во-первых, эмульсия разлагается, что приводит к повышенному износу деталей; во-вторых, выделившиеся смолистые сгустки заклинивают распределители; в-третьих, под действием сероводорода происходит сероводородная коррозия и усиливается электрохимическая коррозия вследствие образования коррозионных наростов на поверхности металла, усиления аэрации и концентрации кислорода на микробном наросте, катодной диполяризации, разрушения предохранительного покрытия на поверхности металла. Все эти факторы действуют одновременно или последовательно.

Лабораторные и промышленные испытания позволили разработать ряд мероприятий, позволяющих исключить бактериологическое заражение эмульсий: промывка гидроустройств перед первой заливкой эмульсии 1% раствором формалина, добавление в эмульсол 0,5% формалина, приготовление эмульсии на воде с жесткостью не более 7 мг-экв/л, усиленная аэрация зараженной эмульсии сжатым воздухом и др.

В заключение следует отметить, что несмотря на недостаточный объем исследований по созданию и приготовлению ОРЖ низкой стоимости, опыт работы гидроприводов в угольной промышленности показал, что путь их применения перспективен и по нему неизбежно пойдут другие отрасли промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондаков Л.А. Рабочие жидкости и уплотнения гидравлических систем. -М.: Машиностроение, 1977.
2. Финкельштейн З.Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин. -М.: Недра, 1986.