

*В.В. Мамиев, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
(Научно-исследовательский институт горно-спасательного дела и пожарной
безопасности «Респиратор»)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТИ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ГИДРОПРИВОДОВ ПРИ РАСПЫЛЕНИИ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

Изложены метод оценки воспламеняемости рабочих жидкостей при работе гидроприводов горношахтного оборудования под высоким давлением, а также описание испытательного оборудования и классификация рабочих жидкостей по степени воспламеняемости. Применение данного показателя позволит повысить достоверность оценки пожарной опасности рабочих жидкостей, эксплуатируемых под высоким давлением, решать вопросы допуска их к использованию в гидроприводах горных машин. Разработанный метод может быть гармонизирован с требованиями европейских стандартов в части пожарной опасности рабочих жидкостей и использован в отечественной практике при проведении сертификационных испытаний таких жидкостей от различных зарубежных производителей.

Ключевые слова: рабочие жидкости, воспламеняемость, метод испытания, лабораторное оборудование, классификация

Постановка проблемы. По оснащенности и техническому уровню применяемых гидравлических систем угольная промышленность занимает одно из первых мест. За сравнительно короткий срок рабочие давления в системах горно-шахтного оборудования (ГШО) возросли с 1,5-3,0 МПа до 20-32 МПа, длина трубопроводов, соединяющих гидродвигатели с насосной станцией, нередко достигает 300 м, от одного насоса приводится в движение до 600-700 гидродвигателей, в гидросистемах используются наиболее требовательные к условиям эксплуатации электромеханизмы, системы тонкой регулировки расходов давлений и т.п.

Объясняется это тем, что в условиях стесненного рабочего пространства угольных забоев гидропривод позволяет при тех же размерах машин значительно повысить их энерговооруженность. Сравнительные испытания показали, что при замене электромеханического привода гидравлическим среднего и высокого давления (более 16 МПа) масса узлов оборудования сокращается в 10 раз, а занимаемая площадь – в 7 раз [1].

В то же время трудно назвать другую отрасль промышленности, где условия работы были бы столь неблагоприятны к эксплуатации гидроустройств. Достаточно сказать, что интенсивность выделения пыли в угольном забое достигает 50 г/с. Пыль осаждается на узлы гидросистем комбайна и механизированной крепи. Корпус угольного комбайна оказывается покрытым сверху толстым слоем пыли. С одной боковой стороны комбайна находится забой, часть другой стороны перекрыта либо конвейером, либо кабелеукладчиком, нижняя часть корпуса, двигаясь по конвейеру (или по почве), также закрыта от интенсивного обдува воздухом. Все это приводит к нагреву поверхности корпуса и перегреву жидкости. Для механизмов подачи горных машин допускается превышение температуры окружающей среды на от 353 К до 363 К (от 60 °С до 65 °С), т.е. нагрев может достигать от 535 К до 363 К (от 80 °С до 90 °С).

В гидросистемах некоторых видов горных машин часто используют минеральные масла, имеющие хорошую смазывающую способность, коррозионную пассивность, высокую степень вязкости, способность не вспениваться. Отрицательным их свойством является низкая температура воспламенения: в пределах от 423 К до 525 К (от 150 °С до 250 °С), при этом давление в гидравлических системах достигает сотен атмосфер.

Анализ последних исследований и публикаций показывает, что в отечественной практике в гидрофицированных комплексах в качестве рабочей жидкости ранее применялось преимущественно минеральное масло И-40А, И-20А, утечка которого в лавах достигала несколько литров в сутки [2, 3]. При этом ГШО с гидравлическими системами расположено

не только по всей длине лавы, но и в подготовительных выработках. Из-за недостаточной герметичности гидросистем масло вытекает и смачивает отбитый уголь, в большом количестве попадающий в рабочие люки и выработанное пространство. Обычно утечки происходят в местах уплотнений, гибких сочленениях, шарнирных соединениях трубопроводов, при порыве шлангов, выброса рабочих жидкостей из турбомуфт при продолжительных пробуксовках и др. На пластах, опасных по самовозгоранию, масло, пропитывающее измельченный уголь, ускоряет процесс самовозгорания угля и способствует развитию пожара.

Проведенные в США исследования 678 угольных шахт показали, что утечки рабочих жидкостей на одну тонну добываемого угля составляют от 0,113 до 0,150 л. Кроме того, оказалось, что на обследованных шахтах из 87 случаев подземных пожаров в 64 случаях причиной было воспламенение рабочих жидкостей [4].

Для подземных условий угольных шахт особенно важно, чтобы применяемые рабочие жидкости были пожаробезопасны, так как при применении масел:

- недостатки в гидравлической системе могут вызвать значительное повышение температуры оборудования и самой жидкости;
- возможно истечение жидкости под давлением из системы к источнику зажигания;
- масляный туман или утечки из небольших трещин в рукаве высокого давления могут вызвать электростатический заряд и воспламенение масляных паров;
- создается дополнительная опасность возникновения и развития подземного пожара.

Использование в гидроприводах силовых узлов ГШО жидкостей, приготовленных на горючей основе, неизбежно приводит к возникновению опасности воспламенения в гидросистеме, прямо или косвенно связанной с применением этой жидкости. Так как в гидроприводах рабочая жидкость соприкасается с движущимся узлом и часто находится при повышенных температурах и давлениях, то всегда существует возможность воспламенения этой жидкости, истекающей через образовавшиеся трещины в системе или уплотнения в соединениях и затворах, а также просто разлитой на поверхности. При утечке рабочей жидкости образуется мелкодисперсный туман (форсуночный эффект), распространяющийся на расстояние до 15 м и легко воспламеняющийся от источника зажигания (горячая поверхность, искрение в контактах электропроводки и т.п.).

В гидравлических приводах основная опасность состоит в том, что в очень малом количестве рабочей жидкости накапливается значительное количество тепловой энергии. Это может привести к самовоспламенению паров жидкости.

Для определения пожароопасных свойств гидравлических жидкостей во многих странах с развитой угольной промышленностью используют различные методы испытаний. Все испытания на пожароопасность разрабатывались таким образом, чтобы учитывать условия предполагаемого использования жидкости, а также аварийные ситуации, которые могут возникнуть и привести к пожару: жидкости могут разбрызгиваться под высоким давлением, падать на нагретые поверхности, поглощаться веществами или смешиваться с горючими материалами, такими как уголь [3].

В угольной отрасли Украины и других стран СНГ до настоящего времени отсутствовали нормативные документы (и испытательное оборудование), которые устанавливают специальные методы и критерии оценки пожарной опасности рабочей жидкости для ГШО. Такие жидкости испытывают методами, применяемыми для определения показателей пожароопасности смазочных материалов: температуры вспышки жидкости в закрытом и открытом тиглях, температурных пределов распространения пламени по паровоздушным смесям ГОСТ 12.1.044 [5], которые не учитывают аварийные условия эксплуатации жидкости в горной выработке. Это снижает достоверность оценки пожарной опасности рабочей жидкости для ГШО.

Цель работы заключается в разработке метода и лабораторного оборудования для рабочих жидкостей в аварийных условиях эксплуатации гидроприводов.

Изложение основного материала. Сущность предлагаемого метода заключается в определении возможности воспламенения рабочей жидкости, распыленной под высоким давлением над источником зажигания, и измерении длины горячей струи.

Стенд для испытания на воспламеняемость рабочих жидкостей методом их распыления состоит из следующих основных элементов (рис. 1):

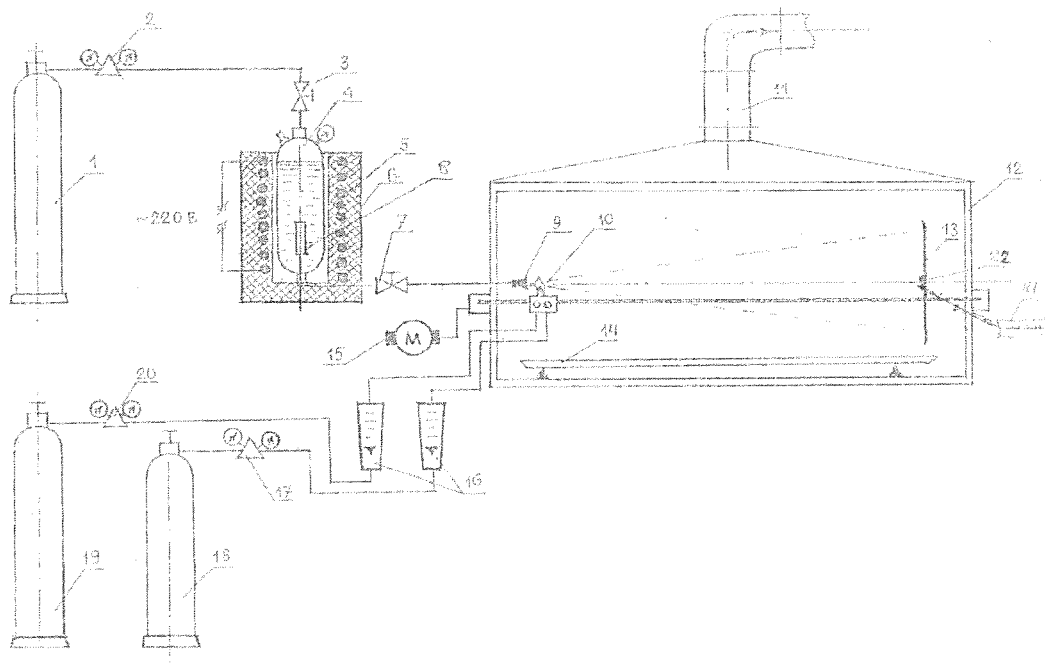


Рис. 1. Принципиальная схема стенда для испытания на воспламеняемость рабочих жидкостей методом их распыления под высоким давлением:

1 – баллон со сжатым азотом; 2 – редуктор; 3 – вентиль; 4 – сосуд с рабочей жидкостью; 5 – электронагреватель; 6 – камера с теплоизоляционным материалом; 7 – вентиль; 8 – датчик температуры; 9 – форсунка; 10 – горелка кислородно-ацетиленовая; 11 – вентиляция приточно-вытяжная; 12 – камера огневая; 13 – экран; 14 – поддон; 15 – электродвигатель; 16 – ротаметр; 17 – редуктор; 18 – баллон со сжатым ацетиленом; 19 – баллон со сжатым кислородом; 20 – редуктор; 21 – потенциометр; 22 – датчик температуры

- сосуда 4 высокого давления объемом 2 дм³, снабженного в верхней части предохранительным клапаном, вентилем 3 для пуска азота от баллона 1, отверстием с завинчивающейся пробкой для заливки рабочей жидкости. На сосуде установлен манометр с пределом измерения давления до 10 МПа (100 кгс/см²). В нижней части сосуд имеет гнездо для датчика температуры, а также отверстие с завинчивающейся пробкой для слива остатков жидкости. Сосуд соединен с помощью напорной арматуры с редуктором и баллоном со сжатым азотом. Рабочее давление сжатого азота в сосуде должно быть $(7,0 \pm 0,3)$ МПа;
- камеры 6 с теплоизоляционным материалом и кольцевым электро-нагревателем 5, который работает от однофазной сети переменного тока с напряжением (220 ± 10) В, частотой 50 Гц в автоматическом режиме для достижения температуры нагрева рабочей жидкости (338 ± 5) К [плюс (65 ± 5) °С];
- камеры 12 огневой металлической с прозрачной стенкой для визуального наблюдения за ходом испытания рабочей жидкости. Внутри камеры установлена форсунка 9 для распыления рабочей жидкости с диаметром выходного отверстия сопла 0,4 мм; экран 13 металлический размером 1,0 x 0,75 м, установлен перпендикулярно к оси струи на расстоянии (1750 ± 5) мм от форсунки. Для сбора рабочей жидкости в нижней части камеры предусмотрен металлический поддон 14. Камера огневая оборудована приточно-вытяжной вентиляцией 11.

На металлическом экране со стороны распыления рабочей жидкости установлены два извещателя пожарных тепловых дифференциальных типа ТД-1 максимального действия, которые через усилитель соединены со световым и звуковым сигнальными устройствами. При достижении горячей струи рабочей жидкости поверхности экрана автоматически включаются сигнальные устройства со световым и звуковым сопровождением, а также потенциометр типа КСП, который контролирует температуру в огневой камере с момента начала испытания рабочей жидкости. Запись температуры в огневой камере производится автоматически:

- горелки 10 кислородно-ацетиленовой, направленной перпендикулярно к оси струи рабочей жидкости. Горелка имеет Бунзеновскую насадку и установлена так, что пламя высотой 100 мм находится на оси факела распыла жидкости. Горелка закреплена снаружи огневой камеры на каретке, которая передвигается по ходовому винту параллельно оси струи жидкости от форсунки к экрану со скоростью 40 мм/с. Для передвижения с определенной скоростью горелки 10 вдоль оси струи предусмотрен механизм, который приводится в движение электродвигателем 15 с регулятором скорости ходового винта. Ходовой винт на краях закреплен в подшипниках и имеет трапециндальную резьбу. Каретка с двух сторон имеет упоры для фиксации ее крайних положений на ходовом винте;
- ротаметров 16 типа РМ-1 для измерения объемного расхода кислорода и ацетилена, поступающих из баллонов 19 и 18 соответственно;
- редукторов 2 (для азота), 17 (для ацетилена типа БАД-5, ДАП-1-65), 20 (для кислорода) для понижения давления в системе до необходимого значения;
- датчика 22 для измерения температуры нагрева рабочей жидкости;
- потенциометра 21 типа КСП для контроля температуры в огневой камере 12.

Все основные элементы установки соединены высоконапорной арматурой.

Аппаратура и методы отбора проб рабочих жидкостей для испытания на воспламеняемость должны соответствовать требованиям [6]. Для испытания отбирают $(6,0 \pm 0,1)$ дм³ рабочей жидкости. Объединенную пробу жидкости делят на две равные части. Одну часть пробы анализируют, другую – хранят опечатанной при температуре от 283 К до 303 К (от плюс 10 °С до 30 °С) на случай разногласий в оценке ее качества в течение 45 суток после выдачи заключения о качестве рабочей жидкости в части пожароопасности.

Испытания рабочей жидкости проводят в помещении при температуре окружающей среды от 283 К до 303 К (от плюс 10 °С до плюс 30 °С). Перед началом работы проверяют герметичность и надежность соединений составных частей стенда.

Редуктор 2 на баллоне 1 с азотом должен быть настроен на выходное давление $(7,0 \pm 0,3)$ МПа, а на баллонах с кислородом и ацетиленом $(0,5 \pm 0,02)$ МПа и $(0,1 \pm 0,05)$ МПа соответственно. Расходы кислорода и ацетилена в горелке должны соответствовать (15 ± 1) дм³/мин и (13 ± 1) дм³/мин соответственно. Дозирование газов контролируют по показаниям манометров и ротаметров 16 с необходимыми пределами измерения.

Во время испытаний приточно-вытяжная вентиляция в помещении и в огневой камере стенда должна быть выключена.

Подлежащую испытанию рабочую жидкость заливают в сосуд 4 в объеме 1,5 л. После предварительного подогревания жидкости в сосуде 4 создают от баллона 1 давление азота $(7,0 \pm 0,3)$ МПа и нагревают электронагревателем 5 до температуры (338 ± 5) К [(65 ± 5) °С].

Зажигают кислородно-ацетиленовую горелку 10 и регулируют высоту пламени таким образом, чтобы конец белого конуса пламени имел высоту 100 мм. Горелку 10, закрепленную в фиксаторе, перемещают к форсунке 9 на расстояние 50 мм от сопла. Одновременно в момент открытия вентиля 7 для распыления жидкости приводится в движение горелка 10. Для этого включают электродвигатель 15 и горелка 10 передвигается от форсунки к экрану 13 на расстояние 1200 мм. После достижения этой отметки пламя горелки 10 действует на

струи жидкости еще 5 с. Таким образом, общее время воздействия пламени на струю жидкости при испытании составляет 35 с.

При испытании проводят визуальное наблюдение за процессом воспламенения (не воспламенения) распыленной рабочей жидкости, а также фиксацию длины горящей струи: достигает струя экрана или не достигает.

Для каждой рабочей жидкости проводят пять испытаний проб. После каждого испытания включают приточно-вытяжную вентиляцию 11 до полного удаления дымовых газов в огневой камере 12, а также удаляют остатки рабочей жидкости из поддона 14.

При испытании рабочей жидкости возможны следующие результаты:

- рабочая жидкость не воспламеняется ни в одном из пяти испытаний пробы;
- рабочая жидкость воспламеняется хотя бы в одном из пяти испытаний, но пламя не достигает экрана;
- рабочая жидкость воспламеняется хотя бы в одном из пяти испытаний, и пламя достигает экрана.

Результаты испытаний оценивают следующим образом (табл. 1):

Таблица 1

Классификация рабочих жидкостей по воспламеняемости

Результаты испытаний	Степень воспламеняемости	Характеристика
Струя жидкости не воспламеняется	I	Рабочую жидкость рекомендуют к применению в ГШО
Струя жидкости воспламеняется, но пламя не достигает экрана	II	Рабочую жидкость рекомендуют к применению в ГШО
Струя жидкости воспламеняется и пламя достигает экрана	III	Рабочую жидкость не рекомендуют к применению в ГШО

Вывод. Таким образом, предложен метод и разработан стенд для испытания рабочих жидкостей для гидроприводов ГШО, учитывающий возможность их воспламенения от теплового источника зажигания при аварийных условиях эксплуатации жидкостей под высоким давлением, что позволяет повысить достоверность оценки их пожарной опасности, классифицировать по данному показателю и решать вопросы допуска к эксплуатации в подземных условиях угольных шахт.

Список литературы:

1. Финкельштейн З.Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин / З.Л. Финкельштейн. – М.: Недра, 1986. – 232 с.
2. Мамаев В.В. Повышение достоверности оценки пожарной опасности рабочих жидкостей гидроприводов горношахтного оборудования / В. В. Мамаев // Горноспасательное дело: сб. науч. трудов. – Донецк: НИИГД, – 2000. – С. 108-116.
3. Мамаев В.В. Пожароопасность рабочих жидкостей горношахтного оборудования и методы ее оценки / В. В. Мамаев, С. Х. Пончик. – Донецк: ВНИИГД., 1988. – 14 с. – Деп. в ЦНИЭИуголь, 16.11.88, № 4751-уп.
4. Polak Samuel P., Recent developments in fire – resistant hydraulic fluids for underground use= Останні розробки у галузі вогнестійких гідравлічних рідин для застосування у шахтах // Inform. Circ.Bur. Mines U.S. Dept. Interior. – 1961. – № 8043. – P.32.
5. ГОСТ 12.1.044-89 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы определения.
6. ДСТУ 4488:2005 Нафта і нафтопродукти. Методи відбирання проб.

*В.В. Мамасєв, канд. техн. наук, ст. наук. співр.
(Науково-дослідний інститут гірничо-рятувальної справи та пожежної безпеки
"Респіратор")*

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЙМИСТОСТІ РОБОЧИХ РІДИН ДЛЯ ГІДРОПРИВОДІВ ПРИ РОЗПИЛЕННІ ПІД ВИСОКИМ ТИСКОМ

Викладено метод оцінки займистості робочих рідин при роботі гідроприводів гірничошахтного обладнання під високим тиском, а також опис випробувального устаткування та класифікація робочих рідин за ступенем займистості. Застосування цього показника дозволить підвищити вірогідність оцінки пожежної небезпеки робочих рідин, що експлуатують під високим тиском, вирішити питання допуску їх до використання у гідроприводах гірничих машин. Розроблений метод може бути гармонізований з вимогами європейських стандартів у частині пожежної небезпеки робочих рідин та використано у вітчизняній практиці при проведенні сертифікаційних випробувань таких рідин від різних іноземних виробників.

Ключові слова: робочі рідини, займистість, метод випробування, лабораторне устаткування, класифікація

V. V. Mamayev, Candidate of Sciences (Engineering), senior scientific worker

DETERMINATION OF COMBUSTIBILITY OF WORKING FLUIDS FOR HYDRAULIC ACTUATORS BY SPRAYING UNDER HIGH PRESSURE

The article deals with the method of combustibility of the working fluids' estimation by operation of the hydraulic actuators of the mine equipment under high pressure, description of the test equipment and classification of the working fluids according to the combustibility degree. The application of the given index allows raising the estimate reliability of the working fluids being exploited under high pressure, solving the questions of their access to the use in the hydraulic actuators of the mine machinery. The method worked out can be harmonized with requirements of the European Standards as to the fire hazard of the working fluids and used in the domestic practice when carrying out the certification tests of such fluids produced by various foreign manufacturers.

Key words: working fluids, combustibility, test method, laboratory equipment, classification.

