ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54013— 2010/ISO/TR 16386:1999

ГИДРОПРИВОД ОБЪЕМНЫЙ

ИСО методы подсчета частиц в гидравлической жидкости. Стандарты на контроль загрязнения и испытания фильтров

ISO/TR 16386:1999
Impact of changes in ISO fluid power particle counting — Contamination control and filter test standards
(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД») и Самарским государственным аэрокосмическим университетом им. академика С.П. Королева (СГАУ) на основе аутентичного перевода на русский язык стандарта СГАУ, указанного в пункт

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 184 «Обеспечение промышленной чистоты»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 ноября 2010 г. № 622-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному документу ИСО/ТО 16386:1999 «ИСО методы подсчета частиц в гидравлической жидкости. Стандарты на контроль загрязнения и испытания фильтров» (ISO/TR 16386:2009 «Impact of changes in ISO fluid power particle counting — Contamination control and filter test standards»).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5 (пункт 3.5)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2011

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Предыстория . . . 1
2.1 Тонкодисперсная тестовая пыль для фильтров воздуха . . . 1
2.2 Калибровка счетчиков частиц с использованием тонкодисперсной тестовой пыли для фильтров воздуха . . . 1
2.3 Первоначальное многопроходное испытание фильтров . . . 2
3 Новые тестовые пыли . . . 2
4 Новый метод калибровки автоматических счетчиков частиц . . . 2
5 Обоснование необходимости изменений . . . 4
6 Влияние изменений на измерения размеров частиц и концентрацию загрязнителя . . . 5
6.1 Переопределение размеров частиц . . . 5
6.2 Кажущееся содержание частиц . . . 6
6.3 Кодирование уровня загрязненности . . . 7
7 Влияние на результаты испытаний фильтров . . . 8
7.1 Грязеемкость фильтров . . . 8
7.2 Коэффициент фильтрования и эффективность фильтра . . . 8
8 Заключение . . . 10
Библиография . . . 11

Введение

Принятие четырех переработанных и обновленных стандартов по контролю загрязнений ИСО 11171, ИСО 11943, ИСО 16889 и ИСО 4406 привело к необходимости внесения значительных изменений в форму представления данных по уровням загрязненности гидравлической жидкости твердыми частицами и характеристикам фильтров. В ИСО 11171 установлен новый прослеживаемый метод калибровки счетчиков частиц, разработанный Национальным Институтом Стандартов и Технологии (NIST), который заменяет метод калибровки счетчиков частиц по тонкодисперсной тестовой пыли для воздухоочистителей (ACFTD)[1)], используемый с начала 1970-х гг. В результате размеры частиц загрязнителя, указываемые как 2, 5, 10 и 15 мкм, представляют как приблизительно 4,6; 6,4; 9,8 и 13,6 мкм(с) соответственно, где (с) означает калибровку по ИСО 11171. ИСО 11943 — это стандарт по калибровке интерактивных счетчиков частиц, используемый, в основном, для оценки характеристик фильтров. В многопроходном испытании фильтров по ИСО 16889, заменяющем исходный метод по ИСО 4572, ACFTD заменена на среднедисперсную тестовую пыль ИСО (ISO MTD)[2)], а для калибровки счетчиков частиц использован новый прослеживаемый метод. Для нового метода калибровки с помощью автоматических счетчиков частиц (АСЧ) в ИСО 4406 к ИСО коду уровня загрязненности гидравлической жидкости твердыми частицами добавлено классификационное число, соответствующее числу частиц размером, равным или большим 4 мкм(с). Эти усовершенствования подсчета частиц и методов испытаний фильтров оказали значительное влияние на деятельность по контролю загрязненности. Следует отметить, что ни реальные уровни загрязненности, ни характеристики фильтров или их эффективность по защите надежности компонентов не изменились. В настоящем стандарте рассмотрена суть изменений, причина их введения, влияние на уровни загрязненности и номинальные характеристики фильтра, а также их польза для промышленности.

[1)] ACFTD — Air Cleaner Fine Test Dust (тонкодисперсная тестовая пыль для воздухоочистителей).

[2)] ISO MTD — ISO Medium Test Dust (среднедисперсная тестовая пыль ИСО).

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГИДРОПРИВОД ОБЪЕМНЫЙ

ИСО методы подсчета частиц в гидравлической жидкости. Стандарты на контроль загрязнения и испытания фильтров

Hydraulic fluid power. Impact of changes in ISO fluid power particle counting. Contamination control and filter test standards

Дата введения — 2010—12—01

1 Область применения

Автоматические оптические счетчики частиц в жидкости используют для контроля уровней загрязненности гидравлической жидкости, для определения чистоты узлов и гидроагрегатов и эффективности фильтров. В результате замены ИСО 4402 на ИСО 11171 (калибровка счетчиков частиц), ИСО 4572 на ИСО 16889 (многопроходное испытание фильтров) и введения ИСО 11943 (калибровка интерактивных счетчиков частиц) ожидалось улучшение качества и надежности результатов подсчета частиц и испытаний фильтров, а также их применимости в промышленности. Однако в связи с переопределением размеров частиц и использованием новой тестовой пыли данные об уровнях загрязненности гидравлической жидкости и характеристиках фильтра будут по-другому представляться и интерпретироваться. Эти изменения рассмотрены в настоящем стандарте.

2 Предыстория

2.1 Тонкодисперсная тестовая пыль для фильтров воздуха

Первоначально ACFTD выпускали партиями в компании General Motors (отдел Свечей зажигания). ACFTD получали путем сбора пыли в определенном районе штата Аризона, размельчения ее в шаровой мельнице для получения однородного распределения частиц по размерам, включая размеры приблизительно от 0 до 100 мкм. Данные о распределении частиц по средним объемам в каждой партии ACFTD, полученные либо с помощью роликового анализатора, либо методом лазерной дифракции, прилагались к купленным образцам. В 1992 г производство ACFTD было прекращено.

Из-за относительно однородного распределения частиц по размерам ACFTD использовали для калибровки АСЧ по ИСО 4572, используемых в гидравлических и других системах. Ввиду неправильной формы частиц кварцевой пыли, ACFTD считали представительной для частиц, обнаруживаемых в типовых гидравлических системах. В ИСО 4402 приведено распределение частиц по размерам для ACFTD, основанное на данных, полученных с помощью оптического микроскопа в конце 1960-х г. В то время статистический анализ неодинаковости партий ACFTD не проводили. Позже были обнаружены различия между опубликованным распределением частиц по размерам и действительными распределениями частиц по размерам в последовательных партиях ACFTD. Эти различия являются значимым источником неодинаковости результатов подсчета частиц.

2.2 Калибровка счетчиков частиц с использованием тонкодисперсной тестовой пыли для фильтров воздуха

Считают, что подсчет частиц является основой программ по контролю загрязнения. АСЧ используют для мониторинга уровней загрязненности гидравлической жидкости в работающем оборудовании, для разработки требований к уровням чистоты узлов и гидроагрегатов, а также для определения коэффициента фильтрования β фильтров и оценки их эффективности.

Калибровку проводят для получения зависимости порогового напряжения в АСЧ от размера частиц. Это было осуществлено путем сравнения содержания частиц, определенного экспериментально при известных значениях порогового напряжения, с опубликованным распределением частиц ACFTD по размерам. Точность калибровки зависит от точности опубликованного распределения частиц по размерам.

Издание официальное

В связи с отсутствием загрязнителя с более нормированным распределением частиц по размерам при калибровке АСЧ для контроля уровней загрязненности жидкостей в гидроприводах и других системах использовали ACFTD. Распределение частиц ACFTD по размерам, использованное для калибровки по ИСО 4402, было получено на основе значений длины наибольшей хорды частиц, измеренной оптическим микроскопом в конце 1960-х гг. В то время для подсчета частиц применяли оптический микроскоп. Калибровка АСЧ заключалась в том, чтобы получить наиболее точное соответствие результатов подсчета частиц с помощью АСЧ и оптического микроскопа.

Точность опубликованного распределения частиц ACFTD по размерам и соответствующей калибровки АСЧ с 1970-х гг. начали ставить под сомнение. До тех пор, пока не была проведена оригинальная работа по некоторым партиям ACFTD, влияние неодинаковости партий на распределение частиц по размерам и калибровку АСЧ не учитывали. Несмотря на это, по ИСО 4402 от лабораторий требуется проводить калибровку на основе оригинального опубликованного распределения частиц по размерам, хотя конкретные партии ACFTD могут быть различны.

2.3 Первоначальное многопроходное испытание фильтров

Параллельно с разработкой метода калибровки счетчиков частиц по ACFTD создавался метод многопроходного испытания гидравлических фильтров для определения их характеристик, главным образом, эффективности и грязеемкости. В 1981 г. метод многопроходного испытания был установлен международным стандартом ИСО 4572 и с тех пор его широко применяли. Характеристики, определяющие пригодность ACFTD для калибровки АСЧ, делают ее идеальной и для испытания фильтров. При многопроходном испытании гидравлическая жидкость циркулирует через испытуемый фильтр, при этом непрерывно добавляют суспензию ACFTD в гидробак, помещенный выше по потоку от фильтра. В течение всего испытания делают отсчеты частиц до и после фильтра. Их используют для вычисления эффективности удаления частиц в зависимости от их размера. Очевидно, что результаты, выраженные через коэффициент фильтрования β, зависят от калибровки АСЧ, а также от распределения частиц тестовой пыли по размерам. Определяют грязеемкость испытуемого фильтра как количество ACFTD, необходимое для достижения на фильтре максимального перепада давления. Распределение частиц тестовой пыли по размерам и их структура также оказывают значительное влияние на такие характеристики фильтров, как эффективность и грязеемкость.

3 Новые тестовые пыли

В 1992 г. пересмотр стандартов по калибровке счетчиков частиц и испытанию фильтров был срочно продолжен, когда в отделе выпуска оборудования для очистки воздуха в г. Рочестер (бывший отдел Свечей зажигания) корпорации General Motors прекратили производство ACFTD. Техническим комитетом ИСО/ТК 22 был принят ИСО 12103-1 по пыли для испытаний фильтров, в котором установлены физические, химические свойства, а также распределение частиц по размерам для четырех типов тестовой кварцевой пыли. Новые тестовые пыли изготовляют с применением струйного измельчения вместо шаровых мельниц, использовавшихся для ACFTD. В результате распределение частиц по размерам и форма отдельных частиц новой пыли отличаются от ACFTD. Также в ИСО 12103-1 установлены электрозонные методики получения распределения частиц новых пылей по размерам вместо роликового анализатора и лазерной дифракции, применявшихся при производстве ACFTD. В результате применения ИСО 12103-1 новые тестовые пыли легче контролировать, а различия их от партии к партии меньше, чем у ACFTD.

Одна из пылей, описанных в ISO 12103-1, среднедисперсная тестовая пыль ИСО (класс А3), ISO MTD, была выбрана ИСО/ТК 131/ПК 6 для замены ACFTD при калибровке счетчиков частиц и проведении многопроходных испытаний фильтров. ISO MTD физически и химически идентична ACFTD, но содержит меньшее число частиц размером не более 5 мкм и легче диспергируется в гидравлической жидкости. Высокое содержание мелких частиц в ACFTD может быть причиной погрешностей, связанных с совпадением частиц при подсчете. Таким образом, использование ISO MTD уменьшает этот источник погрешности при сохранении необходимых свойств ACFTD.

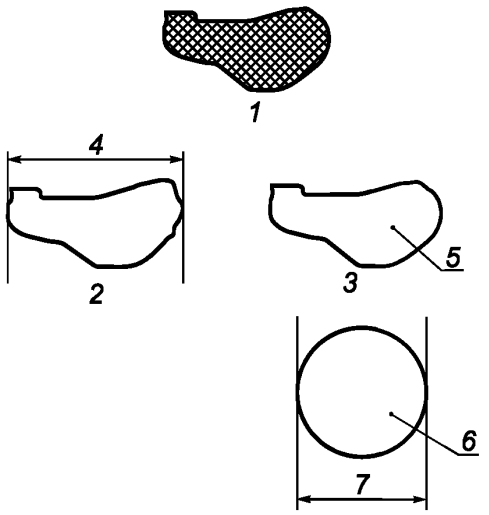
4 Новый метод калибровки автоматических счетчиков частиц

Из-за проблем с точностью распределения частиц ACFTD по размерам Национальная Ассоциация по Гидравлической Энергии (США) в 1980 г. начала разработку прослеживаемого метода калибровки АСЧ. Результатом первой попытки по созданию прослеживаемого метода был новый метод, установленный стандартом США ANSI/(NFPA) T2.9.6R1 (1990), в котором использовались частицы латекса одинаковых размеров, взвешенные в минеральном масле MIL-H-5606, с размерами, прослеживаемыми

NIST. Однако использование этого метода не было одобрено, поскольку вскоре после его внедрения было обнаружено плохое соответствие между АСЧ различных типов, откалиброванных по латексу. АСЧ разных изготовителей и АСЧ с источниками света различных типов (такими, как лазерный диод или источник белого света) или принципами измерений (рассеяние или ослабление света) давали различные отсчеты частиц при анализе ACFTD или аналогичных образцов. Это обусловлено оптическими свойствами латекса и кварца. Было сделано заключение о том, что частицы для калибровки АСЧ должны быть оптически аналогичны тем, что обычно используются для испытания фильтров.

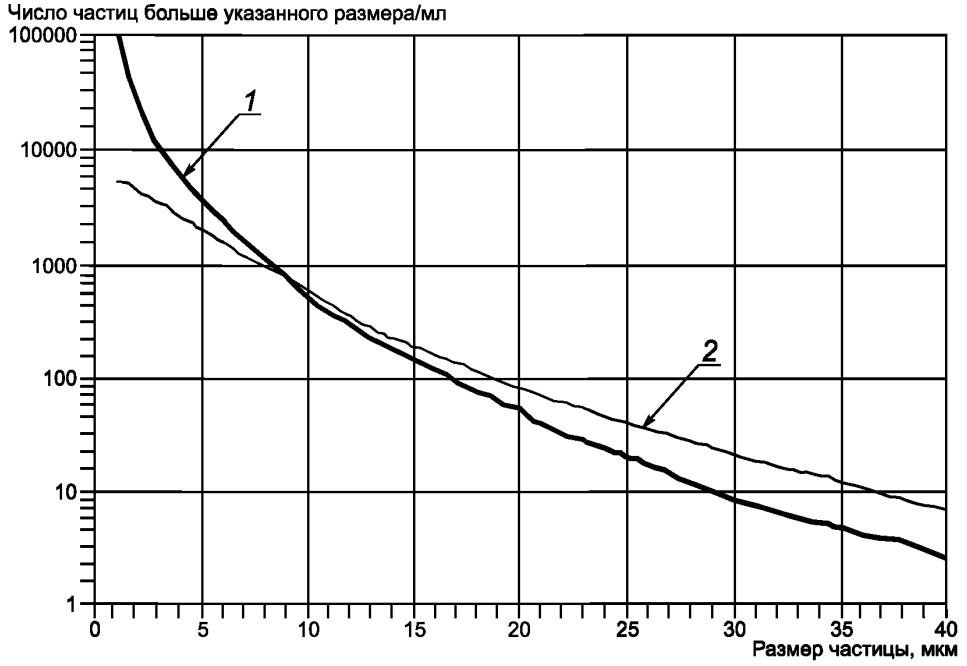
Для создания прослеживаемого метода калибровки АСЧ в 1993 г. обратились в NIST с целью аттестации распределения по размерам частиц ISO MTD в суспензиях. Аттестованные суспензии, стандартный образец NIST (SRM) 2806, представляют собой суспензии ISO MTD в гидравлической жидкости MIL-H-5606 с массовой концентрацией 2,8 мг/л. Методы сканирующей электронной микроскопии и статистического анализа были использованы для измерения эквивалентных диаметров проекций частиц ISO MTD и для определения распределения частиц SRM по размерам. Эквивалентный диаметр проекции используют для определения размера частицы, поскольку он более близок к размеру, реально измеряемому АСЧ, чем длина наибольшей хорды, которая использовалась при получении распределения частиц ACFTD по размерам. Датчик частиц измеряет изменение интенсивности света, вызванное присутствием частицы в его чувствительной зоне. В известном смысле, датчик ослабления света измеряет размер тени, отбрасываемой частицей. Длина наибольшей хорды и эквивалентный диаметр проекции частицы показаны на рисунке 1.

Как показано на рисунке 2 для ISO MTD, распределение частиц по размерам, полученное по результатам калибровки NIST, значительно отличается от распределения, полученного с помощью АСЧ, откалиброванного по ACFTD. Результаты, приведенные на рисунке 2, представляют собой распределения частиц по размерам для проб ISO MTD с массовой концентрацией 2,8 мг/л, проанализированных институтом NIST и АСЧ, откалиброванными по ACFTD. Последние результаты были получены в рамках международного анонимного исследования, проведенного при содействии ИСО ТК 131/ПК 8/РГ 9. При размере частиц не более 10 мкм в NIST наблюдалось значительно большее число частиц, чем с помощью АСЧ, откалиброванного по ACFTD. Более высокая чувствительность сканирующей электронной микроскопии по сравнению с оптической микроскопией позволяет получить отсчеты, соответствующие высокому содержанию мелких частиц. При размерах более 10 мкм в NIST наблюдалось меньшее число частиц. Это главным образом связано с тем, что в NIST определяли эквивалентный диаметр проекции частиц, а этот диаметр меньше, чем длина наибольшей хорды, используемой для построения опубликованного распределения частиц ACFTD по размерам (рисунок 1).



1 — действительное изображение частицы; *2* — изображение частицы по ИСО 4402 (распределение частиц ACFTD по размерам); *3* — изображение частицы по NIST, эквивалентный диаметр проекции (распределение частиц по размерам, полученное в NIST); *4* — размер наибольшей хорды d = 13 мкм; *5* — площадь частицы = 78,5 мкм^2; *6* — эквивалентная площадь = 78,5 мкм^2; *7* — эквивалентный диаметр частицы d = 10 мкм

Рисунок 1 — Схема определения размера частицы d по размеру наибольшей хорды и эквивалентному диаметру проекции частицы



1 — калибровка, полученная в NIST; *2* — калибровка по ACFTD.

Примечание — Распределения частиц по размерам получены для проб ISO MTD массовой концентрацией 2,8 мг/л.

Рисунок 2 — Распределения частиц ISO MTD по размерам, полученные с использованием метода калибровки по ACFTD (по ИСО 4402) и нового прослеживаемого метода калибровки NIST (по ИСО 11171)

При внесении изменений в ИСО 4402 (калибровка счетчиков частиц), ИСО 4572 (многопроходные испытания фильтров) и ИСО 11943 (калибровка интерактивных счетчиков частиц) было предусмотрено использование ISO MTD и обеспечение прослеживаемости к NIST SRM 2806. Ожидалось, что в результате внесения изменений повысятся качество и надежность как счетчиков частиц, так и результатов испытаний фильтров. В 1995 г. это предположение было подтверждено в рамках ряда международных анонимных исследований, проведенных с целью оценки влияния этих изменений на результаты измерений. Результаты этих исследований подробно описаны в справочных приложениях соответствующих стандартов ИСО.

5 Обоснование необходимости изменений

ИСО и другие организации, занимающиеся разработкой общетехнических стандартов, должны разрабатывать технически обоснованные стандарты, позволяющие проводить достоверное сравнение данных, полученных из различных источников. Эти стандарты дают возможность сравнивать результаты, полученные на различных предприятиях или в лабораториях, которые проводят испытания по одному и тому же стандарту на методы испытаний. Поэтому ИСО одобряет использование для калибровки стандартных образцов. Ранее для многопроходных испытаний фильтров и для калибровки АСЧ использовали неаттестованные образцы ACFTD. Хотя метод калибровки по ACFTD длительное время использовали для проведения обычной калибровки в лабораториях, он имеет недостатки, влияющие на точность результатов и на согласованность результатов между лабораториями. Еще большей проблемой является то, что ACFTD больше не выпускают серийно.

С точки зрения калибровки АСЧ, метод калибровки по ACFTD имеет ряд недостатков, самым существенным из которых, возможно, является то, что распределение частиц ACFTD по размерам неаттестовано и непрослеживаемо. Точность калибровки зависит от точности эталонного распределения частиц по размерам. Известно, что распределения частиц по размерам, полученные современными методами электронной микроскопии и электрозонного подсчета, отличаются от опубликованного рас-

пределения частиц ACFTD по размерам (по ИСО 4402), полученного методом оптической микроскопии, особенно для частиц размером менее 10 мкм. Опубликованное распределение частиц ACFTD по размерам основано на анализе, проведенном в конце 1960-х годов для конкретных партий ACFTD, без учета их неодинаковости. Кроме того метод калибровки по ACFTD не требует аттестации используемых АСЧ и аналитических методик. Новый метод калибровки устраняет многие из этих неопределенностей за счет применения для калибровки стандартных образцов состава (суспензий). Кроме того использование нового метода калибровки позволяет установить минимальные требования к характеристикам АСЧ и использовать статистические методы для оценки данных и аналитических методик. Одним из следствий изменения метода калибровки является переопределение размеров частиц, рассмотренное ниже.

С точки зрения испытания фильтров, переход к новой тестовой пыли и новому методу калибровки для многопроходного испытания фильтров был необходим в связи с прекращением производства ACFTD. Как упоминалось выше, замена ACFTD на ISO MTD дает несколько преимуществ при испытании фильтров. Свойства и распределение частиц ISO MTD по размерам более воспроизводимы, она лучше охарактеризована и ее проще диспергировать по сравнению с ACFTD. ISO MTD содержит значительно меньшее число частиц размером менее 5 мкм. Это снижает вероятность погрешностей совпадения при подсчете частиц и особенно важно для интерактивных систем подсчета частиц, используемых при проведении многопроходных испытаний. Кроме замены тестовой пыли в ИСО 16889 были установлены улучшенные методы многопроходных испытаний и представления данных. Из-за разных распределений частиц по размерам ACFTD и ISO MTD и их разной структуры, а также изменений методов испытаний и способов представления данных, результаты многопроходных испытаний фильтров отличны от тех, что получены по ИСО 4572. Однако, в целом, повторяемость результатов многопроходных испытаний должна была улучшиться. Влияние изменений рассмотрено ниже.

6 Влияние изменений на измерения размеров частиц и концентрацию загрязнителя

6.1 Переопределение размеров частиц

Информация по размерам частиц и их содержанию необходима при контроле загрязненности гидравлической жидкости. Замена метода калибровки АСЧ приводит к непосредственным изменениям представляемых размеров частиц и их содержания. Величина изменения зависит от размера частиц, представляющего интерес. В связи с заменой метода калибровки, по ИСО 11171 размеры частиц записывают с использованием символа мкм(с), где (с) означает, что калибровку проводили по ИСО 11171. В таблице 1 приведены размеры частиц, полученные с использованием различных методов калибровки по ACFTD и NIST. При размере частиц 10 мкм различие представляемых размеров составляет приблизительно 2 %. Размеры частиц 15 и 5 мкм для ACFTD, полученные методом оптической микроскопии, будут по новому методу NIST приблизительно 13,6 и 6,4 мкм(с) соответственно. Наибольшее изменение размера наблюдается при очень малых размерах частиц. Размер 1 мкм для ACFTD будет приблизительно 4,2 мкм (с) по новому методу. Это изменение представляемых размеров может привести к некорректному представлению уровней загрязненности жидкости или сравнению коэффициента фильтрования β и эффективности фильтров.

Таблица 1 — Размер частиц, полученный с использованием различных методов калибровки АСЧ

Перевод из размера для ACFTD в размер NIST		Перевод из размера NIST в размер для ACFTD	
Размер для ACFTD (ИСО 4402), мкм	Соответствует размеру NIST (ИСО 11171), мкм	Размер NIST (ИСО 11171), мкм	Соответствует размеру для ACFTD (ИСО 4402), мкм
1	4,2	4	< 1
2	4,6	5	2,7
3	5,1	6	4,3
5	6,4	7	5,9
7	7,7	8	7,4
10	9,8	9	8,9
15	13,6	10	10,2

Окончание таблицы 1

Перевод из размера для ACFTD в размер NIST		Перевод из размера NIST в размер для ACFTD	
Размер для ACFTD (ИСО 4402), мкм	Соответствует размеру NIST (ИСО 11171), мкм	Размер NIST (ИСО 11171), мкм	Соответствует размеру для ACFTD (ИСО 4402), мкм
20	17,5	15	16,9
25	21,2	20	23,4
30	24,9	25	30,1
40	31,7	30	37,3

Примечание — Таблица 1 должна использоваться в качестве руководства. Точное соотношение размеров по ACFTD и NIST методам может быть различным для разных лабораторий в зависимости от характеристик АСЧ и точности исходной калибровки по ACFTD. При переходе от калибровки по ACFTD к калибровке NIST лаборатории, занимающиеся подсчетом частиц, требующим высокой степени точности, должны точно установить соотношение для перевода размеров ACFTD в размеры NIST в их собственных условиях.

В результате переопределения размеров частиц при переходе от калибровки по ACFTD к калибровке NIST многие АСЧ, используемые в настоящее время, не позволяют подсчитывать частицы размером менее 5 мкм при использовании нового метода калибровки. В целом, АСЧ, которые могут легко сосчитывать частицы размером 1 мкм при калибровке по ACFTD, при калибровке по новому методу способны считать частицы размером 4 мкм(с). По результатам международного анонимного исследования (ИСО 11171, приложение G), только более современные датчики, работающие на принципах ослабления или рассеяния света, позволяют подсчитывать частицы малого размера. Некоторые изготовители АСЧ выпускают датчики, работающие на принципе ослабления света, для подсчета мелких частиц размером от 2 до 3 мкм(с) с применением нового метода калибровки. Для подсчета частиц размером менее 2 мкм, вероятно, требуются датчики, работающие на принципе рассеяния света.

6.2 Кажущееся содержание частиц

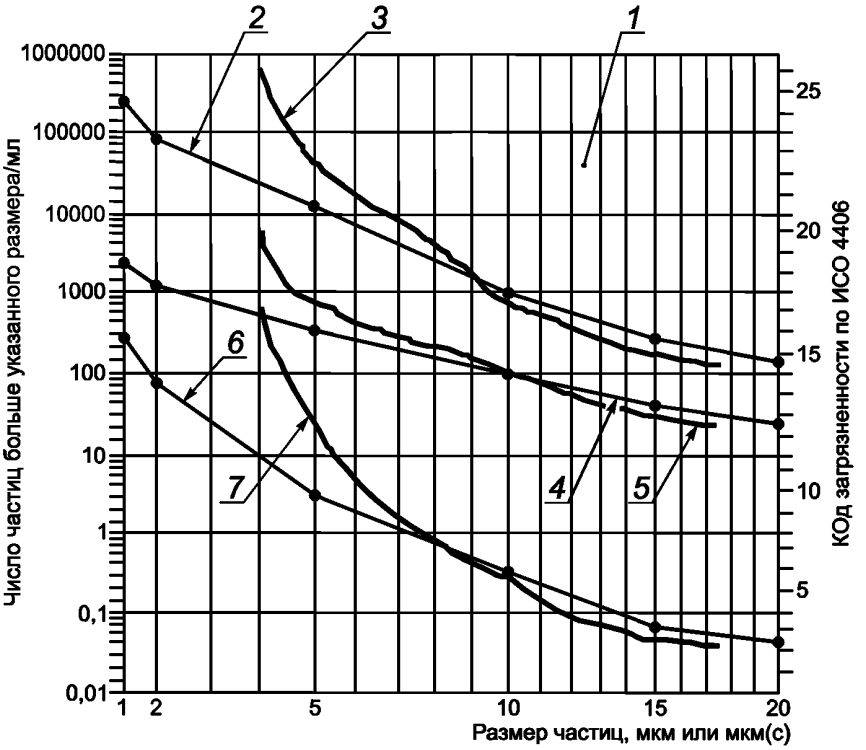
Уровни загрязненности гидравлической жидкости представляют в виде содержания частиц разного размера в заданном объеме жидкости. При использовании нового метода калибровки будут иметь место кажущиеся изменения числа частиц, которые «видны» счетчику частиц при определенном размере частиц. В результате уровни кажущегося содержания для каждого размера частиц будут различны, в зависимости от используемого метода калибровки. Таким образом, пользователи данных по счету частиц должны знать, какой метод калибровки был использован для получения данных, и как интерпретировать результаты, полученные с применением нового метода. Неправильная интерпретация может иметь место, если сделаны неправильные предположения относительно использованного метода калибровки или, если замена метода калибровки проведена без изменения метода представления данных. В первом приближении архивные данные по подсчету частиц могут быть переведены из размеров ACFTD в новые размеры NIST по таблице 1.

На рисунке 3 приведены результаты подсчета частиц по трем различным пробам гидравлической жидкости, полученные с использованием разных методов калибровки при подсчете частиц. Как видно из рисунка 3, при переходе от калибровки по ACFTD к новому методу NIST без внесения изменений в контролируемые размеры, будут наблюдаться значительные расхождения определяемого содержания частиц. Для частиц размером менее 9 мкм будут наблюдаться кажущиеся увеличения их содержания, которые могут привести к ненужным действиям. Величина расхождений возрастает с уменьшением размера частиц. Например наблюдаемое содержание для частиц размером более 5 мкм возрастает в два — десять раз при использовании нового метода калибровки. Для частиц размером более 10 мкм наблюдается обратный эффект, т. е. кажущиеся уменьшения содержания связаны с заменой метода калибровки. Из рисунка 3 видно, что при использовании нового метода калибровки наблюдаемое содержание уменьшалось в два раза для частиц размером более 15 мкм. Если описанные выше изменения не считают результатом замены способа калибровки, а объясняют их изменением уровня загрязненности, то это может привести к неправильной интерпретации данных по подсчету частиц и принятию некорректных мер. Не все пользователи должны знать о сложностях, связанных с применением нового метода калибровки, но каждый должен знать, как изменятся представленные размеры (при замене метода калибровки), и как это повлияет на сравнение результатов и интерпретацию данных.

6.3 Кодирование уровня загрязненности

ИСО код загрязненности гидравлической жидкости твердыми частицами (по ИСО 4406) — это сокращенный метод представления результатов подсчета частиц. По ИСО 4406:1987 результаты подсчета частиц представляют в виде двух кодовых чисел, разделенных знаком «/», например, 16/13. Первое число ИСО кода соответствует содержанию частиц более 5 мкм, а второе — содержанию частиц более 15 мкм при использовании метода калибровки по ACFTD. При калибровке АСЧ по NIST для отсчетов АСЧ в измененном ИСО коде использованы три числа, соответствующих содержанию частиц размерами более 4, 6 и 14 мкм(с). Новые размеры 6 и 14 мкм(с) соответствуют примерно 5 и 15 мкм для ACFTD. Эти размеры выбраны потому, что для них не происходит значительного сдвига чисел ИСО кода при замене метода калибровки АСЧ. Для измерений методом оптической микроскопии (ИСО 4407) метод калибровки не заменяют, и два числа 5 и 15 мкм останутся теми же, что и раньше. Таким образом, вторые два числа действительного ИСО кода будут сходными, независимо от используемого метода калибровки или методики измерений. Новое число, соответствующее 4 мкм(с) для подсчетов АСЧ, в оптической микроскопии не используют.

Из рисунка 3 видно, что больших различий в числах ИСО кода для трех проб гидравлической жидкости нет, независимо от используемой версии ИСО кода. Действительно, различия появляются только тогда, когда наблюдаемое содержание частиц соответствует переходам между двумя числами ИСО кода. В результате применения измененного ИСО кода, кодирование уровня загрязненности для определенной пробы не изменится заметно, независимо от метода калибровки. Это позволяет пользователям оборудования и всем, кто определяет уровни чистоты по ИСО коду, поддерживать без изменений свою архивную базу данных и существующие технические условия на чистоту.



1 — распределения частиц по размерам и ИСО коды загрязненности гидравлической жидкости твердыми частицами, полученные с применением метода калибровки по ACFTD, установленного ИСО 4406:1987, и метода калибровки NIST, установленного ИСО 4406:1999; *2* — проба А = 9/3 (ACFTD); *3* — проба А = 17/10/3 (NIST); *4* — проба В = 16/13 (ACFTD); *5* — проба В = 20/16/12 (NIST); *6* — проба С = 21/15 (ACFTD); *7* — проба С = 26/21/15 (NIST)

Рисунок 3 — Результаты подсчета частиц, полученные с использованием разных методов калибровки, и ИСО коды загрязненности гидравлической жидкости твердыми частицами

7 Влияние на результаты испытаний фильтров

7.1 Грязеемкость фильтров

В некоторой степени на грязеемкость фильтра будет оказывать влияние замена ACFTD на ISO MTD в измененном многопроходном испытании (по ИСО 16889), поскольку распределения частиц по размерам и структура частиц этих пылей различны. Значения грязеемкости фильтра в зависимости от типа тестовой пыли, взятые из документа ИСО ТК 131/ПК 8/РГ 9 N 100, приведены в таблице 2. Почти во всех случаях результаты для фильтра конкретного типа представляют собой значения, усредненные по двум или трем испытаниям. На основе значений грязеемкости фильтра, приведенных в таблице 2, можно сделать вывод, что определенная тенденция изменения грязеемкости фильтра в зависимости от тестовой пыли отсутствует. В зависимости от конкретного испытуемого фильтра его грязеемкость может быть чуть больше или меньше при использовании тестовой пыли ISO MTD. Поскольку фильтры различных типов работают по-разному при использовании ISO MTD, не может быть задан общий коэффициент преобразования значений грязеемкости по ACFTD в значения грязеемкости по ISO MTD, и должны проводиться реальные многопроходные испытания.

Увеличение или уменьшение грязеемкости фильтра при использовании тестовой пыли ISO MTD не означают, что фильтр будет иметь более длительный или более короткий срок службы. В действительности изменений эксплуатационного срока службы в результате изменений метода многопроходных испытаний не произойдет. Эксплуатационный срок службы фильтра зависит от многих факторов, в том числе, от типа загрязнителя. Значения грязеемкости фильтра, полученные в ходе многопроходных испытаний, применимы лишь для сравнения характеристик различных фильтров при контролируемых условиях, но их не используют для определения его эксплуатационного срока службы.

Таблица 2 — Значения грязеемкости фильтра в зависимости от типа тестовой пыли

Фильтр	Грязеемкость, г		Относительная грязеемкость (ISO MTD/ACFTD)
	ACFTD	ISO MTD	
1	32,2	36,7	1,14
2	19,6	17,4	0,89
3	18,5	20,9	1,13
4	31,0	39,4	1,27
5	31,0	25,8	0,86
6	86,5	80,4	0,93
7	52,0	52,0	1,00
8	51,7	50,7	0,98

7.2 Коэффициент фильтрования и эффективность фильтра

Изменение метода многопроходных испытаний влияет на эффективность фильтров, называемую коэффициентом фильтрования или бета-коэффициентом β, так же, как на грязеемкость фильтров. Это связано с заменой тестовой пыли, метода калибровки АСЧ, а также другими усовершенствованиями метода многопроходных испытаний и методов представления данных. В связи с этими изменениями в ИСО 16889 установлено, что коэффициенты фильтрования должны записываться в виде $\beta_{x\,(c)}$, где x — это размер частицы, а (c) означает, что АСЧ был откалиброван по ИСО 11171 и испытан по пересмотренному методу многопроходных испытаний по ИСО 16889. Средние значения $\beta_{x\,(c)}$, полученные для восьми фильтров с использованием новых методов, взятые из документа ИСО ТК 131/ПК 8/РГ 9 N 100, приведены в таблице 3. В целом $\beta_{x\,(c)}$ принимают более высокие значения для фильтров, испытанных на ISO MTD, чем для фильтров, испытанных на ACFTD, но величина смещения не может быть предсказана. Приведенные в таблице 3 значения $\beta_{x\,(c)}$ для шести из восьми фильтров увеличились при использовании ISO MTD, а в двух случаях были получены чуть более низкие значения.

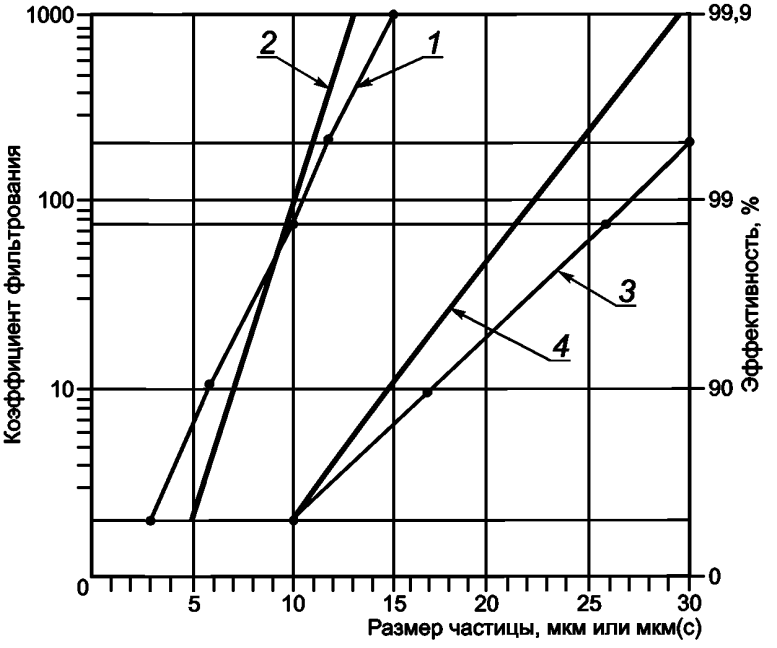
Не только значения $\beta_{x\,(c)}$, но и соответствующие значения размеров частиц изменяются при внесении изменений в методику многопроходного испытания фильтров. Степень влияния калибровки АСЧ может быть оценена с использованием данных таблицы 1 при переходе от размеров частиц ACFTD к

тем, что установлены NIST для калибровки. В большинстве случаев замена метода калибровки АСЧ оказывает большее влияние, чем замена тестовой пыли. При замене только метода калибровки АСЧ можно ожидать, что мелкопористые фильтры будут иметь меньшую эффективность, а крупнопористые — бóльшую. Однако влияние замены тестовой пыли при испытании фильтра на удаление загрязнителя нельзя предсказать, а влияния, связанные с заменой тестовой пыли и метода калибровки АСЧ, могут компенсировать друг друга.

Таблица 3 — Значения β в зависимости от тестовой пыли

Фильтр	Размер частиц при калибровке АСЧ по		β	
	ACFTD, мкм	NIST, мкм(с)	ACFTD	ISO MTD
1	1	4,2	33	76
2	2	4,6	16	22
3	2	4,6	42	112
4	2	4,6	10	33
5	10	9,8	13	12
6	10	9,8	7,5	7,4
7	10	9,8	2,5	4,5
8	15	13,6	5,9	9,1

Зависимости β для фильтров двух типов от размера частиц, полученные с использованием разных методов калибровки АСЧ и методов многопроходных испытаний приведены на рисунке 4. Как видно, значения β могут увеличиваться или уменьшаться в зависимости от размера частиц и рассматриваемого фильтра. Важно отметить, что изменений в реальной работе фильтра или в уровне защиты, который он предоставляет, не было, а сообщалось только о замене тестовой пыли при многопроходном испытании фильтра и изменении способа представления размеров частиц.



1 — фильтр А, ACFTD; *2* — фильтр А, ISO MTD; *3* — фильтр В, ACFTD; *4* — фильтр В, ISO MTD

Рисунок 4 — Зависимость коэффициента фильтрования для фильтров двух типов от размера частиц, полученная с использованием разных методов калибровки АСЧ и методов многопроходных испытаний (ИСО 4572 и ИСО 16889)

Таким образом, характеристики фильтра, полученные по ИСО 4572 и с помощью измененного метода многопроходных испытаний фильтра по ИСО 16889, различны. Они являются результатом ряда усовершенствований многопроходного испытания, в том числе, замены тестовой пыли и метода калибровки. Различия характеристик фильтра являются артефактами используемого метода испытаний, а не изменением характеристик самого фильтра. Поэтому данные по характеристикам фильтров, представляемые в соответствии с ИСО 16889, не должны быть основаны на результатах многопроходных испытаний, проведенных по ИСО 4572. Кроме того пользователи данных должны быть уверены, что при сравнении характеристик фильтров был использован один и тот же метод испытаний. Во всех сообщениях, включая отчеты об испытаниях и рекламную литературу, указывают используемый метод испытаний фильтров.

8 Заключение

Основные изменения, внесенные в методы испытаний фильтров и контроль загрязнений, появились при принятии ИСО 11171, ИСО 16889, ИСО 11943 и ИСО 4406:1999. Эти изменения были необходимы из-за недостатка прослеживаемости метода калибровки АСЧ по ACFTD и отсутствия самой ACFTD. В рамках нового метода калибровки АСЧ вместо ранее использовавшейся тестовой пыли применяются стандартные образцы для калибровки, аттестованные NIST. Кроме того метод позволяет определить характеристики АСЧ и требует статистической обработки методов и результатов анализа. В многопроходном испытании фильтра используется метод калибровки АСЧ по NIST с заменой ACFTD на ISO MTD. Вследствие того, что ISO MTD легче диспергируется и для нее в меньшей степени характерны погрешности совпадения, она больше подходит для многопроходных испытаний фильтров. В 1995 г. новые методы калибровки АСЧ и многопроходных испытаний фильтров были проверены на соответствие требованиям по результатам международного анонимного исследования, в котором участвовали специалисты 27 лабораторий. В ИСО 11943 установлен метод калибровки интерактивных АСЧ, основанный на обновленном методе калибровки и позволяющий проверить на соответствие требованиям всю систему интерактивного подсчета частиц, в том числе, систему разбавления, когда она используется. В ИСО 4406:1999, устанавливающем обновленные ИСО коды уровня загрязненности гидравлической жидкости твердыми частицами, приведен новый метод калибровки и к ИСО коду результатов, полученных АСЧ (но не к данным микроскопии) добавлен третий размер 4 мкм(с). Размеры для обновленного ИСО кода выбраны так, чтобы позволить пользователям ИСО кода сохранить свои архивные базы данных и оставить без изменений технические условия на уровни чистоты, основанные на этом ИСО коде.

Исторически подсчет частиц является значимой причиной неодинаковости программ мониторинга загрязнений, испытаний фильтров и оценки чистоты компонентов. Обновленные стандарты дают бóльшую уверенность в результатах испытаний фильтров и позволяют более обоснованно сравнивать результаты испытаний, полученные от различных источников. Полученные значения размеров частиц в настоящее время являются прослеживаемыми по NIST и ИСО. С принятием новых стандартов промышленность получила возможность использовать результаты подсчета частиц и испытаний фильтров повышенной точности и воспроизводимости для улучшения программ по контролю загрязнителей.

Библиография

[1] ISO 4402:1991 Hydraulic fluid power — Calibration of automatic-count instruments for particles suspended in liquids — Method using classified AC Fine Test Dust contaminant (ISO 4402:1991, Приводы гидравлические. Калибровка приборов для автоматического подсчета частиц в жидкостях. Метод с использованием классифицированной тонкодисперсной испытательной пыли для фильтров воздуха)

[2] ISO 4406:1999 Hydraulic fluid power — Fluids — Method for coding the level of contamination by solid particles (ISO 4406:1999, Гидропривод объемный. Жидкости. Метод кодирования уровня загрязненности твердыми частицами)

[3] ISO 4406:1987 Hydraulic fluid power — Fluids — Method for coding the level of contamination by solid particles (ISO 4406:1987, Гидропривод объемный. Жидкости. Метод кодирования уровня загрязненности твердыми частицами)

[4] ISO 4407:1991 Hydraulic fluid power — Fluid contamination — Determination of particulate contamination by the counting method using a microscope (ISO 4407:1991, Гидропривод объемный. Загрязненность жидкости. Определение загрязненности частиц методом счета частиц под микроскопом)

[5] ISO 4572:1981 Hydraulic fluid power — Filters — Multi-pass method for evaluating filtration performance. (ISO 4572:1981, Гидропривод объемный. Фильтры. Оценка производительности фильтрации методом рециркуляции)

[6] ISO 12103-1:1997 Road vehicles — Test dust for filter evaluation — Part 1: Arizona test dust (ISO 12103-1:1997, Транспорт дорожный. Испытательная пыль для оценки фильтра. Часть 1. Испытательная пыль пустынь Аризоны)

[7] ISO 11171:1999 Hydraulic fluid power — Calibration of automatic particle counters for liquids (ISO 11171:1999, Гидропривод объемный. Калибровка счетчиков для автоматического подсчета частиц в жидкостях)

[8] ISO 11943:1999 Hydraulic fluid power — On-line automatic particle-counting systems for liquids — Methods of calibration and validation (ISO 11943:1991, Гидропривод объемный. Системы интерактивного автоматического подсчета частиц в жидкостях. Методы калибрования и оценки)

[9] ISO 16889:1999 Hydraulic fluid power filters — Multi-pass method for evaluating filtration performance of a filter element (ISO 16889:1999, Гидропривод объемный. Фильтры. Метод многократного пропускания жидкости через фильтроэлемент для определения характеристик фильтрования)

[10] ISO TC 131/SC 8/WG 9 document N 100:1993, Effect of various test dusts

[11] ANSI/(NFPA) T.2.9.6R1:1990, Hydraulic fluid power — Calibration method for liquid automatic particle counters using latex spheres

[12] Verdegan, Holm, Schwandt. Reducing Variability in Particle Count Results for Oil Samples. Proceedings of the 47th National Conference on Fluid Power, April 23—25, 1996, pp. 335—349

[13] Bensch, L. Impact of Test Dust Changes on Particle Size, Particle Counts and Filter Performance. Monash University, Clayton, Australia, August 20—21, 1997

[14] Fletcher, Verkouteren, Windsor, Small, Steel, Bright, Liggett. Development of a Standard Reference Material for the Fluid Power Industry: ISO Medium Dust in Oil. Proceedings of the 47th National Conference on Fluid Power, April 23—25, 1996. pp. 351—364.

[15] NIST, Certificate — Standard Reference Material 2806 — Medium Test Dust (MTD) in Hydraulic Fluid, 1997

УДК 628.5:621.892:006.354 ОКС 23.100.60 Т58 ОКП 02 5000
41 4000

Ключевые слова: жидкость гидравлическая, загрязнения, подсчет частиц, контроль, фильтры, испытания, автоматические счетчики частиц

Редактор *А.В. Маркин*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *М.С. Кабашова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 03.02.2011. Подписано в печать 17.03.2011. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,60. Тираж 121 экз. Зак. 168.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru