

ВЛИЯНИЕ ВОДЫ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

С. Н. НИЧИПОРУК, ст. преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Рассматривая гидропривод строительных, дорожных и сельскохозяйственных машин с точки зрения теории надежности как систему взаимодействующих элементов, необходимо выделить рабочую жидкость как составной элемент гидравлического привода, влияющий на надежность всего гидрооборудования. В качестве рабочих жидкостей в гидроприводах в основном применяют масла нефтяного происхождения.

Вода в рабочей жидкости гидропривода транспортно-технологических машин наносит существенный вред работе узлов и деталей гидроагрегатов, особенно в условиях эксплуатации, когда колебание температур достигает значительных значений [1]. Ухудшается смазывающая способность рабочей жидкости, повышаются энергетические затраты на передачу усилия и крутящего момента на исполнительные механизмы гидропривода, усиливается коррозионная активность масел, активизируется окисление углеводородов, интенсивнее образуются в масле кислоты и щелочи, снижается действие присадок в масле.

Теоретическое исследование.

Вода попадает в гидросистему:

- вследствие конденсационных процессов в полостях гидробаков при изменениях температуры окружающего воздуха [2];
- вместе со свежим гидравлическим маслом, при нарушении технологии хранения.

Как показывают исследования, интенсивность изнашивания трущихся поверхностей деталей в масляной среде повышается в присутствии эмульсионной воды. В практике эксплуатации машин в транспортном комплексе попадание воды в масло является обычным явлением [3]. Вода значительно снижает долговечность, например, шариков подшипников качения из стали ШХ-15, причем время до выкрашивания металла сокращается с увеличением концентрации воды в масле. Температура масла при эксплуатации машин отличается от температуры воздуха, а перепад температуры влияет на изменение

концентрации воды в масле. При резком понижении температуры вода из масла не успевает перейти в воздух и выделяется в виде микрокапель, образуя свободную воду, которая находится в равновесии с растворимой в нем водой.

Попадающая в гидросистему вода частично растворяется в рабочей жидкости, а оставшаяся часть может образовывать с маслом эмульсию или выпадать в осадок. Степень обводненности зависит от концентрации водяных паров в воздухе, с которым контактирует рабочая жидкость, и перепада температур жидкости и окружающей среды.

При понижении температуры в рабочей жидкости могут образовываться кристаллы льда, из-за изменения растворимости воды в масле и конденсации воды на поверхности масла, остающиеся вследствие малой плотности во взвешенном состоянии и забивающие фильтры, дроссели, клапаны и другие агрегаты гидравлических систем [4].

В нефтяных маслах влага может существовать в разных видах. Некоторое количество влаги растворено в масле и ее количество может значительно меняться в зависимости от внешних условий и наличия присадок. Также влага может находиться в масле в состоянии эмульсии, дисперсность и стабильность которой зависят от физико-химических свойств масла. Эмульгированная вода может частично переходить в растворенную и обратно при изменении температуры и давления. С течением времени часть эмульгированной влаги может отстояться и выпасть в осадок. Кроме того, вода в масле может быть в химически связанном состоянии, то есть вступать в химические реакции с компонентами масла. При недостаточной гидролитической стабильности составляющих масла вода может вступать с ним в иные реакции, сопровождающиеся образованием кислот, щелочей и других веществ, способных существенно ухудшать свойства масла.

Под воздействием воды ухудшаются смазывающие свойства масла (особенно у масел, содержащих присадки) [4, 5]. При образовании стабильной водомасляной эмульсии микрокапли воды в смазывающем слое масла отрицательно влияют на процесс смазывания. В теплонапряженных узлах вода может испаряться; при этом происходят разрывы масляной пленки между трущимися поверхностями, а также проявляются кавитационные явления. Ухудшение смазывания повышает износ смазываемых деталей.

Наличие воды приводит к усилению коррозионного воздействия масел на металлы, в том числе на цветные (медь, свинец); это объясняется повышением активности низкомолекулярных кислот, содержа-

щихся в масле, в присутствии влаги. В присутствии воды значительно активнее протекают процессы окисления углеводов, что приводит к образованию твердых частиц, которые ускоряют забивание маслоочистительных устройств (в первую очередь фильтров тонкой очистки), а также других агрегатов масляных систем. В результате окислительных процессов вследствие образования органических кислот при химическом взаимодействии углеводов базового масла с водой повышается его кислотность.

В присутствии воды резко возрастает коррозионная агрессивность содержащихся в масле химически активных веществ, в первую очередь низкомолекулярных органических кислот [6]. В обезвоженном масле указанные кислоты не представляют большой опасности, но появление даже следов воды в масле увеличивает скорость коррозии под влиянием этих кислот более чем в 20 раз.

Образование микрокапель воды возможно при потеплении воздуха. В этом случае масло имеет более низкую температуру, и водяные пары конденсируются на его поверхности, а затем проникают в глубь нефтепродукта. При охлаждении гидравлического масла, насыщенного водой с 50 до 20 °С, в нем образуются микрокапли воды со средним диаметром 0,6–0,7 мкм. С течением времени они укрупняются и постепенно осаждаются на дне резервуаров, образуя отстойную воду.

Присутствие воды в маслах приводит к ухудшению их смазывающей способности, к усилению коррозионного воздействия масел на металлы, к активации процессов окисления входящих в состав углеводов, к усилению водородного разрушения поверхностных слоев трущихся сопряжений. Практически все трущиеся поверхности деталей из стали, чугуна, титана и других металлических материалов имеют повышенное содержание водорода, а это рано или поздно сказывается, особенно во влажном и холодном климате.

Микрокапли воды в смазывающем слое масла отрицательно влияют на процесс трения между сопряженными поверхностями. Разрыв масляной пленки особенно ярко проявляется в теплонапряженных узлах, вода может испаряться, вызывая сухое трение между поверхностями деталей, резко ухудшая противоизносные свойства масел [7].

Снижение вязкости масла способствует повышенному выкрашиванию рабочей части зубьев шестерен, так как водомасляная эмульсия с понижением вязкости легче проникает в микротрещины, имеющиеся на поверхностях трения, и разрушает материал зубьев, действуя как гидравлический клин.

Способность воды к проникновению в микротрещины объясняется меньшими величинами ее молекул по сравнению с углеводородами.

Уменьшить интенсивность изнашивания, снизить силу трения в зоне контакта деталей гидрооборудования можно за счет применения более совершенных конструкций фильтроэлементов, строгого выполнения технико-эксплуатационных требований и оптимизации температуры рабочей жидкости.

Поддерживая рабочую температуру масла в оптимальном диапазоне (+40...+60 °С), можно существенно снизить вероятность возникновения отказов и неисправностей гидрооборудования.

Одним из важнейших свойств, определяющим эксплуатационные свойства рабочих жидкостей, является их кинематическая вязкость.

Вязкость рабочей жидкости – это свойство оказывать сопротивление перемещению одних слоев жидкости относительно других, то есть вязкость – это силы внутреннего трения. Уровень вязкости оказывает непосредственное влияние на рабочие процессы, происходящие в гидрооборудовании, и зависит от теплового режима гидропривода. С повышением температуры рабочей жидкости ее вязкость уменьшается в соответствии с ее вязкостно-температурными свойствами. При этом гидромеханические потери уменьшаются, а объемные потери существенно возрастают вследствие увеличения утечек жидкости главным образом в подвижных соединениях деталей гидрооборудования. Снижение объемного коэффициента полезного действия (КПД) оборудования приводит к уменьшению скорости исполнительных механизмов машины и нарушению синхронности их работы [5].

При достижении температуры рабочей жидкости порога допустимых значений (более 75–85 °С) наружные утечки возрастают, внутренние перетечки рабочей жидкости в шестеренных гидронасосах резко увеличиваются, нарушается надежность смазки сопряженных поверхностей деталей, жидкостное трение заменяется граничным или полусухим. В этих условиях возникают: непосредственный контакт взаимно перемещающихся поверхностей трения, локальный перегрев, интенсивный износ и даже схватывание сопряженных деталей, что приводит к частичной или полной потере работоспособности гидравлического оборудования. Кроме того, резко активизируются процессы окисления рабочей жидкости, которые сопровождаются образованием смолистых соединений, вызывающих частичную или полную закупорку проходных каналов и дроссельных щелей, нарушающие нормальную работу гидропривода. Дальнейшее повышение температуры рабо-

чей жидкости может привести к повреждению или отказу работы гидрооборудования [5].

Увеличение вязкости рабочей жидкости приводит к повышению гидромеханических потерь и снижению давления в магистральных трубопроводах.

Снижение давления приводит к уменьшению усилий и моментов на штоках гидроцилиндров и валах гидромоторов. Таким образом, снижается общий КПД гидропривода.

Увеличение вязкости вызывает повышение инерционности гидропередачи. Имеются данные, согласно которым время срабатывания гидравлических устройств при низких температурах возрастает в 1,5–2,0 раза. Повышение инерционности гидропривода увеличивает продолжительность рабочего цикла, в результате которого сокращается эксплуатационная производительность техники [8].

На основе проведенных исследований было установлено:

1. Вязкость гетерогенных систем, состоящих из рабочей жидкости и эмульгированной воды, увеличивается при повышении содержания воды.

2. Характер влияния содержания воды на кинематическую вязкость гидравлических масел ВМГЗ, произведенных разными компаниями, зависит от состава базового масла и пакета присадок.

3. Наличие воды в рабочей жидкости вызывает осадкообразование, способное затруднить работу гидропривода строительных и дорожных машин [2].

Также наличие воды в масле влияет на коэффициент трения, причем с увеличением концентрации воды в масле в исследованных пределах (0–10 %) в принятых условиях увеличивается примерно в два раза и коэффициент трения. При наличии воды в масле около 8 % коэффициент трения приближается к значению сухого трения, т. е. обводненное масло теряет свою основную функцию [9–11].

Заключение. Наличие воды в гидравлических рабочих жидкостях оказывает негативное влияние на их эксплуатационные свойства. Представляют интерес дальнейшие исследования по данной тематике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рылякин, Е. Г. Влияние воды на свойства гидравлических рабочих жидкостей / Е. Г. Рылякин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2014. – № 2 (10). – С. 195–198.

2. Корнеев, С. В. Влияние содержания воды на вязкостные свойства гидравлического масла МГ-15В (ВМГЗ) / С. В. Корнеев, Н. В. Дорошенко,

А. М. Кавыев // Транспорт. Транспортные и технологические машины. – Омск: Вестн. СибАДИ, 2009. – С. 27–32.

3. Рылякин, Е. Г. Повышение работоспособности тракторных гидросистем терморегулированием рабочей жидкости / Е. Г. Рылякин. – Пенза, 2007. – 149 с.

4. Коваленко, В. П. Загрязнения и очистка нефтяных масел / В. П. Коваленко. – Москва: Химия, 1978. – 302 с.

5. Васильченко, В. А. Гидравлический привод строительных дорожных машин / В. А. Васильченко, Ф. М. Беркович. – Москва: Стройиздат, 1978. – 165 с.

6. Диев, А. Е. Совершенствование технического обслуживания и ремонта гидропривода экскаваторов в условиях Севера / А. Е. Диев. – Омск, 1990. – 128 с.

7. Рылякин, Е. Г. Изменение надежности гидроагрегатов мобильных машин / Е. Г. Рылякин // Materiały X Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Kluczowe aspekty naukowej działalności – 2014», vol. 20. Techniczne nauki // Przemysł. Nauka i studia. – 2014. – S. 57–60.

8. Зорин, В. А. Повышение долговечности дорожно-строительных машин путем совершенствования системы технического обслуживания и ремонта / В. А. Зорин. – Москва, 1998. – 273 с.

9. Коцуба, В. И. Влияние обводненности нефтяных масел на их эксплуатационные показатели / В. И. Коцуба, С. Н. Ничипорук // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 114–119.

10. Лаврухин, А. К. Система очистки масла паропоршневого двигателя от воды / А. К. Лаврухин // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. – 2012. – Т. 1. – С. 247–249.

11. Ничипорук, С. Н. Влияние содержания воды на смывающую способность нефтяных масел / С. Н. Ничипорук // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 240–243.

Аннотация. Рассматривается процесс насыщения рабочих жидкостей гидропривода транспортно-технологических машин водой в эксплуатационных условиях. Рассмотрены вопросы влияния обводненности на эксплуатационные свойства гидравлических рабочих жидкостей. Перечисляются основные неисправности деталей и узлов гидроагрегатов, вызванные наличием воды в масле. Рассмотрено влияние воды на вязкостные свойства и смазывающую способность рабочих гидравлических жидкостей.

Ключевые слова: гидропривод, вода, загрязнения, транспортно-технологические машины, температурные условия, влага, гидравлические жидкости, рабочие жидкости, гидравлическое оборудование, вязкость, нефтяное масло, обводненность масла, вязкость, коэффициент трения.