



Научно-технический отчет

Измерение содержания воды в виде  
процента насыщения

Kal Farooq

Pall Corporation

## Введение

Вода в гидравлических, смазочных, трансмиссионных и изоляционных жидкостях (кроме жидкостей на водной основе) неблагоприятно влияет на технические характеристики жидкости и, следовательно, считается загрязнением. Вода может присутствовать в виде растворенной и/или свободной воды. Говорят, что воздух имеет 100% относительную влажность, когда он содержит максимальное количество влаги, которое он может удержать, аналогично про масло говорят, что оно насыщено водой, когда оно содержит максимальное количество воды, которое оно может удержать. Общеизвестно, что свободная вода представляет главную причину

проблем, связанных с загрязнением водой.

Это включает: разрушение/ уменьшение содержания присадок, окисление масла, коррозию, уменьшение толщины смазочной пленки, заклинивание клапанов кристаллами льда при низкой температуре, рост микробов, кавитацию насоса и потерю диэлектрической прочности изоляционных масел. Следовательно, содержание воды в этих жидкостях должно измеряться таким образом, чтобы пользователи оборудования знали, когда содержание воды в жидкости приближается или находится в точке, когда появится свободная вода.

---

## Почему измеряется % насыщения

Типичным является представлять результаты или определять влагу в масле в виде абсолютного содержания воды, которое включает свободную и растворенную воду, а также и воду в виде эмульсии. Это обычно выражается как процентное содержание, или как часть на миллион (ppm) по весу (w) или по объему (v).

Большинство случаев применения жидкости может допустить определенную степень загрязнения водой, которая отличается в зависимости от жидкости, и свыше которой влияние воды становится особенно разрушительным. Например, содержание 200 ppm (w) воды в жидкостях на основе эфиров ортофосфорной кислоты может считаться хорошим уровнем. Однако, аналогичное содержание воды в изоляционном масле будет полностью неприемлемым, приводящим к появлению свободной воды и потере электрической прочности диэлектрика.

Различия между тем, что приемлемо для одной жидкости и не приемлемо для другой, связано с точкой

насыщения водой каждой конкретной жидкости, то есть максимальным количеством воды, которое может быть поглощено перед тем как произойдет разделение фаз и свободная вода (обычно в виде капель) появится в жидкости.

К сожалению, информацию о точке насыщения очень редко можно получить от производителей масел. И даже когда она доступна, для оценки серьезности проблемы, содержание воды измеренное в ppmw должно быть отнесено к точке насыщения.

К тому же, точка насыщения смазочной или изоляционной жидкости может изменяться из-за ряда факторов, включая разрушение/ уменьшение содержания присадок, старение масла (окисление, полимеризацию/ де-полимеризацию и т.д.) и перекрестное загрязнение другими маслами или другими жидкостями. В лучшем случае, это создает ограничения для возможности сравнения содержания воды измеренного в ppmw с точкой насыщения.

График приведенный ниже представляет типичные данные для различных видов жидкости используемых в оборудовании и иллюстрирует то, что точка насыщения

зависит от вида жидкости и для каждой конкретной жидкости изменяется в зависимости от температуры. Цифры иллюстративные и используются только в качестве примера.

### Точка насыщения

(ppm/w)

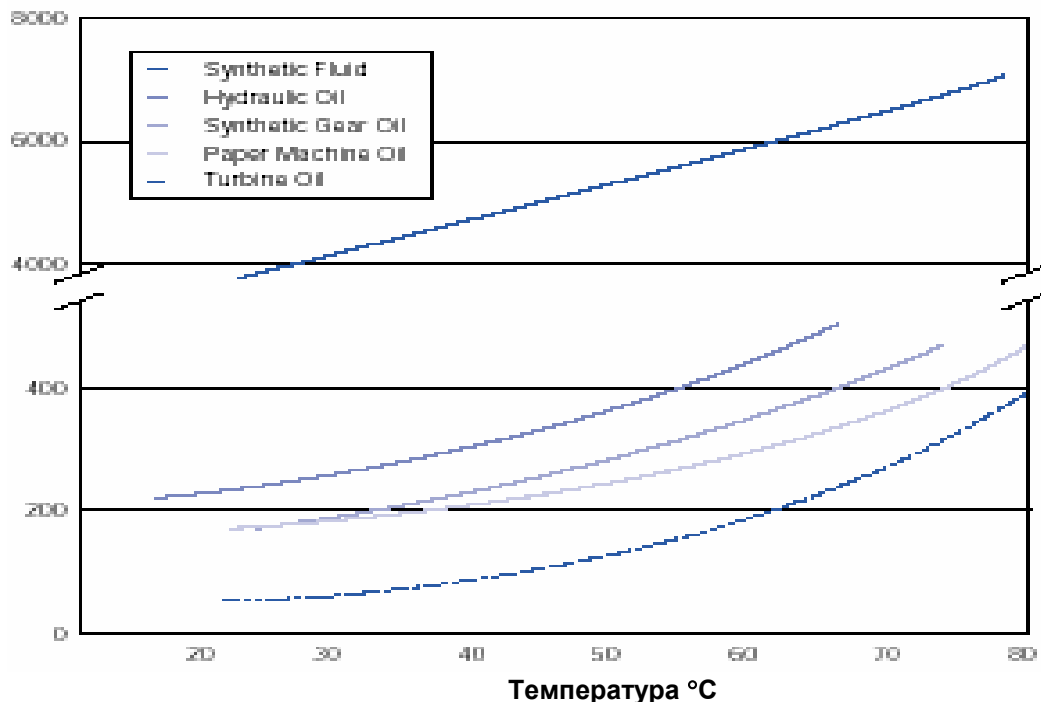


Рисунок 1: температура – точка насыщения для различных жидкостей:

- Синтетическая жидкость
- Гидравлическое масло
- Синтетическое трансмиссионное масло
- Масло для бумагоделательных машин
- Турбинное масло

### Преимущество выражения содержания воды в % насыщения

Более удобным и выразительным методом для представления содержания воды является представление его в виде % точки насыщения, часто сокращаемого до «% насыщения». Это аналогично представлению содержания воды в воздухе как % относительной влажности и, фактически, «% насыщения» и «% относительной влажности» могут использоваться взаимозаменяемо.

Если взять пример приведенный выше, хотя 200 ppmw воды может быть приемлемым для жидкостей на основе эфиров ортофосфорной кислоты, это полностью неприемлемо для изоляционных масел, для обеих жидкостей должно считаться желательным, чтобы содержание влаги не превышало 10% насыщения. В то время, как 200 ppmw составляют примерно 10% насыщения для типичных промышленных фосфатных эфиров, для изоляционных масел при низкой окружающей температуре 10%

насыщения будут эквивалентны содержанию воды 3 ppmw. Дополнительное преимущество использования % насыщения в том, что в отличие от измерений в ppmw, оно отнесено к точке насыщения и любое изменение в точке насыщения будет отражено в % насыщения. Не требуется знать фактический предел насыщения. С другой стороны, измерения в ppmw требуют знания фактической точки насыщения (в ppmw) для того, чтобы оценить серьезность загрязнения водой.

Рисунок 1 показывает что точка насыщения будет также изменяться при

изменении температуры, так как масла поглощают больше воды при повышенной температуре (то есть растворимость воды увеличивается с ростом температуры). Это означает, что для данного содержания влаги, выраженного в ppmw, жидкость может быть близка к точке насыщения или даже превышать его при низкой температуре. При более высокой температуре % насыщения может снизиться до приемлемого уровня. Следовательно, без знания фактического содержания воды в масле, может быть сделана оценка о потенциальных проблемах, так как известны % насыщения и температура.

### Зависимость между % насыщения и ppmw

На рисунке 2 показана связь между % насыщения и ppmw в зависимости от температуры для типичного гидравлического масла в системе. В жидкости содержится 200 ppmw воды. Когда система запускается,

температура жидкости 15 °C, что соответствует 80% насыщения. По мере прогрева жидкости % насыщения уменьшается до 40% при 50 °C. Однако, при измерениях содержания воды при аналогичных значениях температуры методом Карла Фишера, результаты остаются постоянными 200 ppmw.

Точка насыщения, %

Вода, (ppm/w)

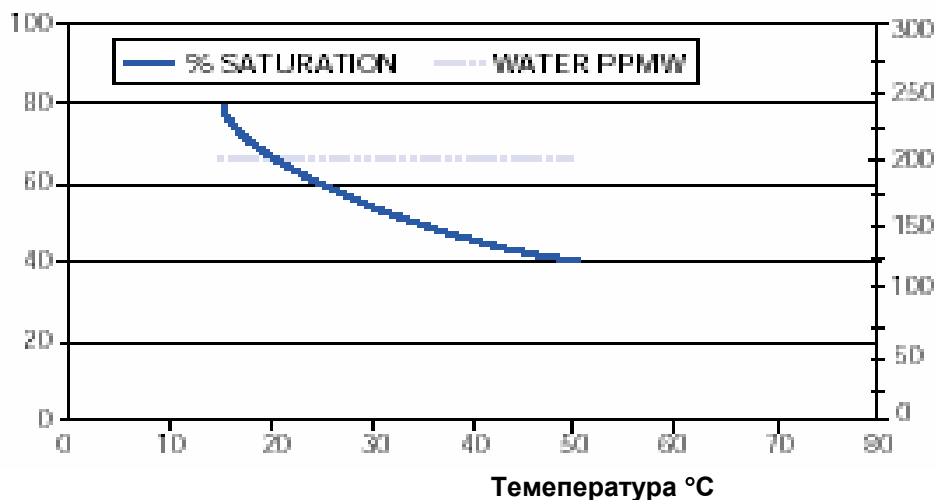


Рисунок 2: % насыщения и ppmw - для гидравлической жидкости в зависимости от температуры

### Применение

Портативный прибор производства фирмы **PALL** для контроля содержания воды в масле был разработан для измерения содержания воды в

жидкости в виде % насыщения. Прибор может быть установлен на работающей системе для непрерывного мониторинга и обеспечивает представление информации в виде % насыщения и температуры в режиме реального

времени. Не требуется знания точки насыщения жидкости, так как напрямую измеряется % насыщения.

Следовательно, используя прибор производства фирмы **PALL** для контроля содержания воды для измерения % насыщения в системе описанной на приведенном выше графике, будет показано что при 15 °C масло приближается к 100 % насыщения, и что при чуть более низкой температуре может потенциально

произойти разделение фаз ( появление свободной воды).

Прибор производства фирмы **PALL** для контроля содержания воды может быть настроен для включения удаленного сигнала тревоги при достижении в системе желаемого % насыщения; при 90% насыщении и выше жидкокристаллический дисплей будет вспыхивать для привлечения внимания пользователя. Таким образом, даже при низкой температуре, возможность достижения состояния насыщения будет предотвращена.

---

## Заключение

Вода в гидравлических, смазочных, трансмиссионных и изоляционных жидкостях (кроме жидкостей на водной основе) может ухудшать технические характеристики жидкости и неблагоприятно влияет на эффективность оборудования. Так как наибольшее беспокойство связано с присутствием свободной воды, пользователи оборудования должны знать, когда количество воды в жидкости приближается к пределу насыщения, так чтобы меры по очистке могли быть осуществлены прежде, чем вода окажет разрушающее действие.

Содержание воды в жидкости может быть выражено в ppm и % насыщения. Содержание в виде % насыщения является прямым измерением серьезности загрязнения жидкости водой (например, как близко образование свободной воды), тогда как содержание в ppm менее значимо в смысле оценки серьезности

загрязнения водой, если не известно значение в ppm при полном насыщении жидкости водой.

Даже если известно содержание в ppm при полном насыщении жидкости водой, что бывает очень редко, оно изменяется с изменением температуры и состояния жидкости, что делает оценку загрязнения водой очень трудной и сомнительной. Следовательно, % насыщения является более значимым и уместным измерением загрязнения водой.

Прибор производства фирмы **PALL** для контроля содержания воды в масле серии **WS** был разработан для измерения как % насыщения, так и температуры жидкости. Он может быть установлен в систему для постоянного мониторинга или использоваться для периодических проверок.