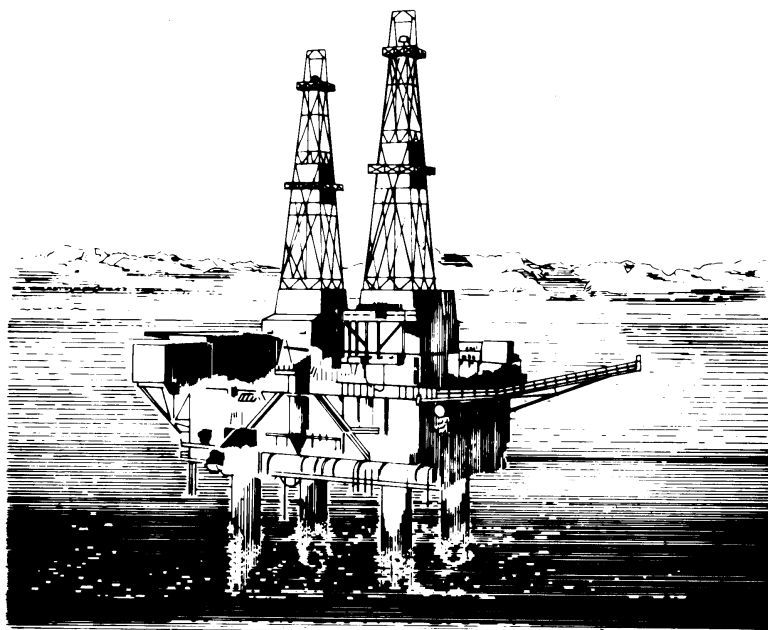




**Масла для
гидравлических средств управления**

Справочное руководство



Общие меры предосторожности

Прежде чем приступить к установке, эксплуатации или техническому обслуживанию данного оборудования, внимательно прочитайте настоящее руководство полностью, а также и всю иную документацию, касающуюся операций, которые предстоит выполнить.

Выполняйте все действующие на предприятии указания и предупреждения по технике безопасности, а также правила промышленной безопасности.

Невыполнение этих инструкций может привести к травмам и (или) к материальному ущербу.



Редакции

С момента публикации данной редакции руководства в его текст могли быть внесены изменения. Чтобы убедиться, что вы используете последнюю редакцию документа, сверьтесь с руководством **26311 Revision Status & Distribution Restrictions of Woodward Technical Publications** (*Состояние редакции и ограничения по рассылке технических публикаций компании Woodward*) на странице «Публикации» на сайте компании Woodward:

www.woodward.com/publications

Последние редакции большинства публикаций доступны на странице «Публикации». Если на данном веб-сайте нужный документ отсутствует, обратитесь к представителю отдела обслуживания клиентов компании для получения последней редакции.



Надлежащее использование

Внесение любых не утвержденных заранее изменений в конструкцию данного оборудования или его использование с превышением указанных изготовителем механических, электрических или других ограничений может стать причиной травматизма и (или) материального ущерба, включая повреждение самого оборудования. Любые такие несанкционированные изменения: (i) представляют собой «использование не по назначению» или «небрежность» в том смысле, какой придается этим терминам в тексте гарантийных обязательств, и следовательно гарантийные обязательства на такие повреждения не распространяются; и (ii) аннулируют сертификаты и разрешительные документы на данное оборудование.



Переведенные публикации

Если на обложке данного документа указано «Перевод оригинальной инструкции», имейте в виду, что:

с момента публикации перевода в оригинал данного документа могли быть внесены изменения. Обязательно сверьтесь с руководством **26311 Revision Status & Distribution Restrictions of Woodward Technical Publications** (*Состояние редакции и ограничения по рассылке технических публикаций компании Woodward*) и убедитесь, что в перевод также внесены все изменения. Устаревшие переводы имеют маркировку ⚠. Всегда следует сверять с оригиналом технические характеристики и описание процедур по надлежащему и безопасному монтажу и эксплуатации оборудования.

Редакции — Изменения, внесенные в настоящий документ с момента последней публикации, отмечены вертикальной черной линией рядом с текстом.

Компания Woodward сохраняет за собой право в любой момент вносить изменения в любую часть настоящего документа. Информация, предоставленная компанией Woodward, считается безошибочной и достоверной. Тем не менее, компания Woodward не несет ответственности за ее достоверность, если иное не оговорено в явной форме.

Содержание

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЯ И ПРИМЕЧАНИЯ	II
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОБ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ РАЗРЯДЕ	III
ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ	1
Введение	1
Характеристики масел	1
Свойства жидкой смазки	2
Присадки, улучшающие смазывающую способность масел	3
Присадки, увеличивающие смазываемость	3
ГЛАВА 2. КАК ВЫБРАТЬ МАСЛО	5
Общая информация	5
Выбор подходящего масла	7
Жидкости для автоматических коробок передач	9
Синтетические масла	9
Примечания	11
ГЛАВА 3. ОБСЛУЖИВАНИЕ МАСЛА	12
Общая информация	12
Периодичность замены масла	12
Когда менять масло в регуляторе	14
Загрязненное масло регулятора	14
Масляные фильтры	14
Образование лаковой пленки	16

Рисунки и таблицы

Рис. 2-1. Карта масел	8
Рис. 2-2. Сравнение вязкостей	8

Предостережения и примечания

Важные определения



Символ, предупреждающий об опасности. Используется для предупреждения персонала об угрозе травмирования. Во избежание травмирования и гибели соблюдайте все меры безопасности, предвараемые этим символом.

- **ОПАСНОСТЬ** — обозначает опасную ситуацию, которая может привести к гибели или серьезным травмам.
- **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** — обозначает опасную ситуацию, которая может привести к гибели или серьезным травмам.
- **ВНИМАНИЕ** — обозначает опасную ситуацию, которая может привести к незначительным или повреждениям или травмам средней тяжести.
- **ПРИМЕЧАНИЕ** — обозначает опасность, в результате которой возможно только повреждение имущества (включая нарушение управления).
- **ВАЖНО** — обозначает совет по эксплуатации или рекомендацию по техническому обслуживанию.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Превышение скорости/
превышение
температуры/
превышение давления

Двигатель внутреннего сгорания, турбина или первичный привод любого типа необходимо оборудовать устройством отключения по превышению скорости для защиты от работы вразнос или повреждения самого первичного привода, которое может повлечь за собой травмирование или гибель людей или повреждение имущества.

Устройство отключения по превышению скорости должно быть полностью независимым от системы управления первичным приводом. Для обеспечения безопасности может также потребоваться устройство отключения по превышению температуры или давления.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Средства
индивидуальной защиты
(СИЗ)

Изделие, которому посвящен настоящий документ, может представлять угрозу травмирования или гибели людей или повреждения имущества. При выполнении работ обязательно пользуйтесь соответствующими СИЗ. СИЗ должны включать, помимо прочего, следующие элементы:

- средства защиты глаз
- средства защиты органов слуха
- каска
- перчатки
- защитная обувь
- респиратор

Обязательно знакомьтесь с соответствующими сертификатами безопасности материала (MSDS) всех рабочих жидкостей и подберите требуемые защитные средства.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Этап пуска

Запуская двигатель внутреннего сгорания, турбину или другой первичный привод, следует быть готовым к аварийному останову, чтобы защититься от работы вразнос или превышения скорости с последующим возможным травмированием или гибелью людей или повреждением имущества.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Использование на
автомобилях

Дорожная и внедорожная автомобильная техника: если средства управления Woodward не обладают высшим приоритетом, заказчику следует смонтировать систему, полностью независимую от системы управления первичного привода, которая будет контролировать двигатель (и осуществлять соответствующие действия при отказе управления с наивысшим приоритетом), защищая от возможного травмирования, гибели людей или повреждения имущества при отказе системы управления двигателем.

ПРИМЕЧАНИЕ

Зарядное устройство
аккумулятора

Для предотвращения повреждения системы управления с питанием от генератора переменного тока или зарядного устройства аккумулятора, перед отключением аккумулятора от системы убедитесь в том, что зарядное устройство выключено.

Предупреждение об электростатическом разряде

ПРИМЕЧАНИЕ

Меры предосторожности против электростатического разряда

В электронных схемах управления имеются детали, чувствительные к статическому электричеству. Чтобы предотвратить повреждение этих деталей, соблюдайте следующие правила предосторожности:

- Снимайте заряд статического электричества с собственного тела перед тем, как взяться за элемент управления (при отключенной схеме управления прикоснитесь к заземленной поверхности и осуществляйте необходимые действия с элементом управления, не теряя контакта с заземленной поверхностью).
- Не допускайте присутствия деталей из пластмассы, винила и пенопласта вокруг печатных плат (за исключением антистатического исполнения).
- Не касайтесь руками или электропроводящими предметами компонентов или проводников печатной платы.

Для предотвращения повреждения электронных компонентов вследствие недопустимого обращения ознакомьтесь и соблюдайте меры предосторожности, изложенные в руководстве Woodward **82715** «Руководство по использованию и защите электронных блоков управления, печатных плат и модулей».

Соблюдайте эти предосторожности, работая с блоками управления или поблизости от них.

1. Не допускайте накопления статического электричества на вашем теле и не носите одежду из синтетических материалов. По возможности одевайтесь в одежду из чистого хлопка или хлопчатобумажной ткани, поскольку на этих материалах не накапливается такой заряд статического электричества, как на синтетике.
2. Без настоящей необходимости не извлекайте печатные платы (PCB) из шкафа управления. Если необходимо вынуть печатную плату из шкафа управления действуйте следующим образом:
 - Держите печатную плату только за кромки.
 - Не касайтесь руками или электропроводящими предметами компонентов или проводников печатной платы.
 - Заменяя печатную плату, держите сменную печатную плату в антистатическом защитном пакете до момента ее установки. После извлечения старой печатной платы из шкафа управления сразу положите ее в защитный антистатический пакет.

Глава 1.

Общая информация

Введение

Настоящий документ является общим руководством для лиц, участвующих в выборе масла для использования в регуляторах или приводах Woodward.

Одной из основных функций масла является способность выдерживать воздействие высоких нагрузок и высоких температур, сохраняя при этом хорошие смазочные свойства. Масло, в том виде, как оно выходит из процесса нефтепереработки, представляет собой скользкую жидкость, в которой нет присадок, крайне необходимых для выполнения маслом предписанных функций.

Эти присадки превращают жидкость в смазку, которая противостоит нагреванию, охлаждению, загрязнению окружающей среды, коррозии, ржавлению, износу и прочим вредным воздействиям окружающей среды и механическим повреждениям. Присадки к смазочным маслам сгруппированы в три основные категории в соответствии с функциями, которые они выполняют:

- защита смазанной поверхности,
- повышение характеристик смазочных материалов,
- защита смазочного материала.

Присадки, предназначенные для защиты поверхности, включают противоизносные добавки, ингибиторы коррозии и ржавления, моющие средства и диспергирующие добавки. Присадки, предназначенные для повышения эффективности масла, включают депрессорные присадки, добавки, препятствующие разрушению уплотнений, и добавки, улучшающие индекс вязкости. Присадки, предназначенные для защиты смазки, включают пеногасители, антиокислители и деактиваторы металла.

Характеристики масел

Необходимо принимать во внимание четыре важные характеристики масла: вязкость, температура застывания, сдвиговая устойчивость и теплостойкость.

Вязкость

Все натуральные смазочные материалы разжижаются при нагревании и загустевают при охлаждении. Величина такого изменения измеряется Индексом вязкости (ИВ). Чем выше ИВ, тем ниже влияние температуры на изменения вязкости. Масло с ИВ 200 считается очень хорошим в этом отношении.

Температура застывания

Температура застывания масла является мерой его пригодности для использования в условиях низких температур. Химические соединения, называемые депрессорными присадками, используются для того, чтобы масло оставалось текучим даже в условиях низких рабочих температур, когда масло загустело.

Сдвиговая устойчивость

Вязкость масла также может измениться из-за сдвига. Фактический механический сдвиг длинноцепных полимеров в масле будет снижать как фактическую вязкость при любой заданной температуре, так и Индекс вязкости.

Термостойкость

Вязкость масла будет также изменяться при длительной эксплуатации в условиях высоких температур. В этом случае масло будет сгущаться в результате окисления и испарения более легких молекул.

Загущённые масла расширяют диапазон рабочих температур, сохраняя при этом необходимую вязкость. Однако, они имеют относительно низкие показатели термостойкости и сдвиговой устойчивости, в результате чего срок их использования сокращается. Хорошей альтернативой натуральным маслам являются синтетические масла, так как они имеют хорошие вязкостнотемпературные характеристики. Синтетические масла рассматриваются в главе 2.

Свойства жидкой смазки

Для улучшения свойств жидких смазок к ним добавляют различные противоизносные добавки, ингибиторы коррозии и ржавления, моющие средства и диспергирующие добавки.

Если необходима информация о содержащихся в масле добавках, то возможно, целесообразно проконсультироваться с представителем нефтеперерабатывающей компании.

Противоизносные присадки

Механический износ в результате трения металлических поверхностей или наличия абразива в зоне контакта, как правило, можно предотвратить с помощью гидродинамической смазки, которая образует масляную пленку, толщина которой достаточна для разделения соприкасающихся поверхностей друг от друга. Но при определенных условиях, таких как высокая нагрузка, низкая скорость и низкая вязкость смазки, смазочная плёнка может разорваться, и в результате произойдет контакт соприкасающихся металлических поверхностей. Такое состояние возможно между поверхностями упорных подшипников или между плотно посаженными шестернями насоса и впадинами зубчатого диска.

Для предотвращения износа соприкасающихся металлических поверхностей используются противоизносные присадки, которые присутствуют в большинстве смазочных материалов и которые образуют покрытие в условиях минимальной смазки под воздействием напряжения сдвига. Тепло, выделяющееся в результате трения соприкасающихся поверхностей, является источником энергии для химической реакции между активными веществами присадки и металлом, в результате которой на поверхности образуется защитное покрытие.

Ингибиторы коррозии и ржавления

Еще одним важным свойством смазки является ее способность противостоять коррозии и ржавлению, и она должна быть совместима с уплотнительным материалом.

Если в смазку попадает вода, то металлические поверхности могут корродировать. В моторном масле, которое используется в качестве смазки в регуляторах, могут образовываться окисляющие продукты горения.

Моюще-диспергирующие присадки

Моющие присадки предупреждают или уменьшают образование отложений на нагретых металлических поверхностях, а диспергирующие присадки контролируют образование отложений на холодных металлических поверхностях. Диспергирующие присадки поглощают загрязняющие частицы и поддерживают их во взвешенном состоянии, и тем самым препятствуют образованию и накоплению отложений.

Присадки, улучшающие смазывающую способность масел

Смазывающие способности масел могут быть значительно улучшены за счет включения дополнительных соединений, например депрессорных присадок, присадок, препятствующих разрушению уплотнений, и присадок, улучшающих Индекс вязкости.

Если необходима информация о содержащихся в масле добавках, то возможно, целесообразно проконсультироваться с представителем нефтеперерабатывающей компании.

Депрессорные присадки

Депрессорные присадки являются соединениями, которые сохраняют текучесть масел даже в условиях низких рабочих температур, когда масло загустевает. Эти естественные свойства масел зависят от самой сырой нефти, а также от процесса нефтеочистки.

Присадки, препятствующие разрушению уплотнений

В регуляторе используются несколько уплотнений, которые не пропускают загрязнения, но пропускают масла. Уплотнения выполнены из разных материалов, в том числе из нитрила и кремния. В настоящее время наблюдается тенденция использовать в качестве уплотняющего материала Витон (Viton), который может выдерживать длительное воздействие высоких температур до 204 °C (400 °F).

Вязкостные присадки

Скорость, с которой минеральные масла разжижаются, можно описать математической зависимостью их вязкости при 38 °C (100 °F) и 99 °C (210 °F), которая называется Индексом вязкости (ИВ).

Для масел с высоким ИВ характерно более низкое изменение вязкости с изменением температуры по сравнению с маслами с низким ИВ. Смазка, которая, как ожидается, будет работать в широком диапазоне температур, должна, как правило, иметь высокий ИВ. ИВ масел уделяется большое внимание, поскольку легкость запуска двигателя при низких температурах возможна только с маслом низкой вязкости, а в условиях штатной работы оборудования необходимо образование достаточной масляной пленки при нормальной рабочей температуре.

Масла можно довести до вязкости, пригодной для применения в широком температурном диапазоне, за счет добавления в масла присадок, известных как присадки, улучшающие индекс вязкости (ИВ). Присадки, улучшающие индекс вязкости (ИВ), также повышают сдвиговую устойчивость.

Наиболее вероятно, что полимерные улучшители индекса вязкости будут разрушены под воздействием напряжения сдвига между движущимися соприкасающимися поверхностями. В условиях постоянного напряжения сдвига полимер малоэффективен для загущения масел при высоких температурах. Поэтому в маслах с высоким ИВ, в которых используются полимерные вязкостные присадки, должен быть полимер, обеспечивающий достаточное загущение при высоких температурах.

Присадки, увеличивающие смазываемость

Для повышения смазываемости используются специальные присадки. В число таких присадок входят противопенные присадки, антиокислители и деактиваторы металла.

Если необходима информация о содержащихся в масле добавках, то возможно, целесообразно проконсультироваться с представителем нефтеперерабатывающей компании.

Противопенные присадки

При интенсивном перемешивании все масла поглощают воздух, в результате чего образуется пена. Это, в свою очередь, ведет к большим проблемам. В присутствии кислорода воздуха ускоряется процесс окисления масла.

Воздух и пена также снижают эффективность смазки в качестве смазочно-охлаждающей жидкости и в качестве гидравлической жидкости. Удерживаемый воздух превращает масло в сжимаемую жидкость, что может стать причиной эксплуатационных неполадок. Для снижения пенообразования добавляют присадки с более низким поверхностным натяжением по сравнению с маслом, а также с низкой растворимостью в смазке. Они утончают и разрушают масляную пленку вокруг пузырей.

Антиокислительные присадки

Процесс окисления является сложным и крайне нежелательным. Часто добавки, снижающие окисление масла, также уменьшают коррозию.

Может также происходить разложение масла с образованием различных соединений, таких как альдегиды, спирты и кислоты. Эти соединения могут окисляться и реагировать друг с другом с образованием еще большего количества соединений. Некоторые из этих соединений могут быть растворимы в масле, в результате чего увеличивается вязкость; другие могут быть нерастворимы и образовывать лаковые отложения или шлам.

Окисление зависит от множества факторов: температуры, смазанных материалов, источника сырой нефти и процесса нефтепереработки. Выбор антиоксидантной присадки осуществляется по результатам испытаний конкретного масла.

Деактиваторы металла

Присадки, которые используются в качестве ингибиторов коррозии и ржавления, образуют на металлических поверхностях покрытие, которое также действует в качестве деактиваторов металла. Деактиваторы металлов также ингибируют окисление, образуя покрытие на металлах, таких как свинец, медь и железо, которые могли бы действовать как катализаторы окисления.

Глава 2.

Как выбрать масло

Общая информация

При выборе масла, которое обеспечит нормальную работу регулятора, следует принимать во внимание несколько важных факторов. Ниже перечислены эти факторы и описано их влияние на работу регулятора.

Вязкость

Изменение вязкости масла может оказать значительное влияние на эффективность регулятора. Если масло слишком жидкое, работа регулятора будет нестабильной. Если масло слишком густое, регулятор будет зашлакован и не будет реагировать.

Чем выше ИВ, тем ниже влияние температуры на изменение вязкости. Рекомендуемый диапазон вязкости для правильной работы регулятора — от 50 до 3000 SUS, при этом 150 SUS является идеальной величиной. Учитывая вышесказанное, правильным выбором будет масло с 150 SUS при рабочей температуре и высоким ИВ.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если вязкость превышает диапазон от 50 до 3000 SUS, это может привести к потере стабильного управления регулятора и превышению частоты вращения пускового двигателя. Превышение частоты вращения и (или) разгон пускового двигателя может привести к значительному повреждению оборудования, травмам и (или) гибели персонала.

Температура застывания

Рекомендуется использовать масло с температурой застывания на 8 – 11 градусов по Цельсию (15 – 20 градусов по Фаренгейту) ниже самой низкой предполагаемой температуры запуска. Это позволит избежать возможной кавитации насоса и медленного срабатывания. В местности с суровым климатом может потребоваться установить маслоподогреватель. Чтобы получить информацию, относящуюся к конкретным требованиям вашего оборудования, свяжитесь с компанией Woodward.

Сдвиговая устойчивость

В тех случаях применения, когда предполагаются тяжелые условия эксплуатации или необходимы длительные промежутки между заменами масла, следует выбирать масла с высокой сдвиговой устойчивостью. Информацию о сдвиговой устойчивости конкретного масла можно узнать у представителя компании.

Термостойкость

Если предполагается продолжительная эксплуатация в условиях повышенных температур, следует выбирать масло с высокой термостойкостью. Загущенные масла расширяют диапазон рабочих температур, сохраняя при этом необходимую вязкость. Однако, они имеют относительно низкие термостойкость и сдвиговую устойчивость, в результате чего срок их использования сокращается. Хорошей альтернативой являются синтетические масла. Эти продукты имеют хорошие вязкостно-температурные характеристики, а также хорошие термостойкость и сдвиговую устойчивость.

Для снижения рабочих температур регулятора можно использовать теплообменник.

Ингибиторы коррозии и ржавления

При выборе масла для обеспечения надлежащей работы регулятора или привода следует также учитывать тот фактор, что оно должно быть способным противостоять ржавлению и коррозии.

Коррозия – это особая проблема для регуляторов, поскольку в масле может появиться влага. В моторном масле, которое используется в качестве смазки в регуляторах, могут образовываться окисляющие продукты горения.

Удаление шлама

Для защиты двигателей, которые редко достигают нормальной рабочей температуры, особо важное значение имеют дисперсанты. Такой режим работы ведет к образованию отложений на деталях, и эти отложения могут забить внутренние масляные каналы в регуляторе.

Совместимость с уплотнителями

Масла, используемые в регуляторах, должны быть совместимы с уплотняющими материалами. Хотя значительная усадка или размягчение уплотнений недопустимы, но часто желательно незначительное их разбухание. Если базовое масло не может обеспечить достаточное разбухание, можно использовать присадки, способствующие разбуханию уплотнения.

Окисление масла

При интенсивном перемешивании все моторные масла / масла регулятора поглощают воздух, в результате чего образуется пена. Это, в свою очередь, ведет к большим проблемам. В присутствии кислорода воздуха ускоряется процесс окисления масла. Воздух и пена также снижают эффективность смазки в качестве смазочно-охлаждающей жидкости и в качестве гидравлической жидкости. Удерживаемый воздух превращает масло в сжимаемую жидкость, что может стать причиной того, что идеально отрегулированный регулятор станет нестабильным. Для снижения пенообразования к используемой смазке добавляют присадки с более низким поверхностным натяжением по сравнению с маслом, а также с низкой растворимостью. Они утончают и разрушают масляную пленку вокруг пузырей.

Противоизносные присадки

Масла, содержащие пакеты противоизносных присадок, обеспечивают большую степень защиты в периоды граничной смазки, когда гидродинамическая смазка невозможна из-за высоких нагрузок, низкой частоты вращения, повышенной температуры и др. Такая дополнительная смазка появляется в результате образования защитных пленок на металлических поверхностях.

Часто в качестве противоизносных присадок используются диалкилдитиофосфаты цинка (ZDDP), они присутствуют во многих универсальных гидравлических и моторных маслах. Регуляторы, как правило, не требуют износостойких присадок, но на нижнем пределе нормальных условий работы их использование может быть оправданным.

ПРИМЕЧАНИЕ

ZDDP вызывает коррозию серебра и способствует его разрушению. Масла, в состав которых входит противоизносная присадка ZDDP, не рекомендуется использовать в регуляторах PGEV с маслonaполненной боковой пластиной. В регуляторе PGEV имеется резистор ограничения нагрузки с серебрянными контактами. Использование масла с противоизносной присадкой ZDDP может привести к увеличению серебрянных примесей и износу контактов резистора ограничения нагрузки. В регуляторах PGE и PGEV без маслonaполненной боковой пластины можно использовать масла с противоизносной присадкой ZDDP, т. к. эти масла не будут контактировать с серебрянными контактами.

Выбор подходящего масла

При выборе масла, которое обеспечит нормальную работу регулятора, следует принимать во внимание два важных фактора. Первый — это диапазон вязкости масла SUS, а второй — рабочая температура регулятора в окружающей среде.

Диапазон вязкости масла

Рекомендуемый диапазон вязкости масла для регулятора составляет от 50 до 3000 SUS при нормальной рабочей температуре.

Этот диапазон указан в «Комментариях» (в нижней части «Карты масел»), а в «Карте масел» он отмечен как «Приемлемый рабочий диапазон». Чем выше ИВ, тем ниже влияние температуры на изменение вязкости.

Регуляторы Woodward работают стабильно с большинством масел, если их вязкость в диапазоне рабочих температур находится в пределах от 50 до 3000 SUS. Рекомендуемый диапазон вязкости масла для регулятора составляет от 100 до 300 SUS при нормальной рабочей температуре. Диапазон рабочих температур масла для регулятора показан на шкале с диапазоном от минус 40 °C до плюс 116 °C (от минус 40 до плюс 240 °F) вверху «Карты масел». Этот диапазон отмечен белыми секциями в комментариях, а в «Карте масел» он отмечен как «Идеальный рабочий диапазон».

Рабочая температура регулятора

Рекомендуемая температура масла при непрерывной работе регулятора равна от 60 до 93 °C (от 140 до 200 °F). Температуру регулятора или привода следует измерять на нижней внешней части корпуса. Фактическая температура масла будет выше примерно на 6 °C (10 °F). Температура окружающей среды должна быть в диапазоне от минус 29 °C до плюс 93 °C (от минус 20 до плюс 200 °F).

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

Не допускается использование регулятора при температуре ниже температуры застывания масла, поскольку в этом случае регулятор будет зашлакован и не будет реагировать. Может также произойти задира внутренних деталей регулятора, что может привести к потере управления регулятором, что в свою очередь может стать причиной повреждения оборудования и (или) травматизма персонала.

Как читать «Карту масел»

(Рис. 2-1)

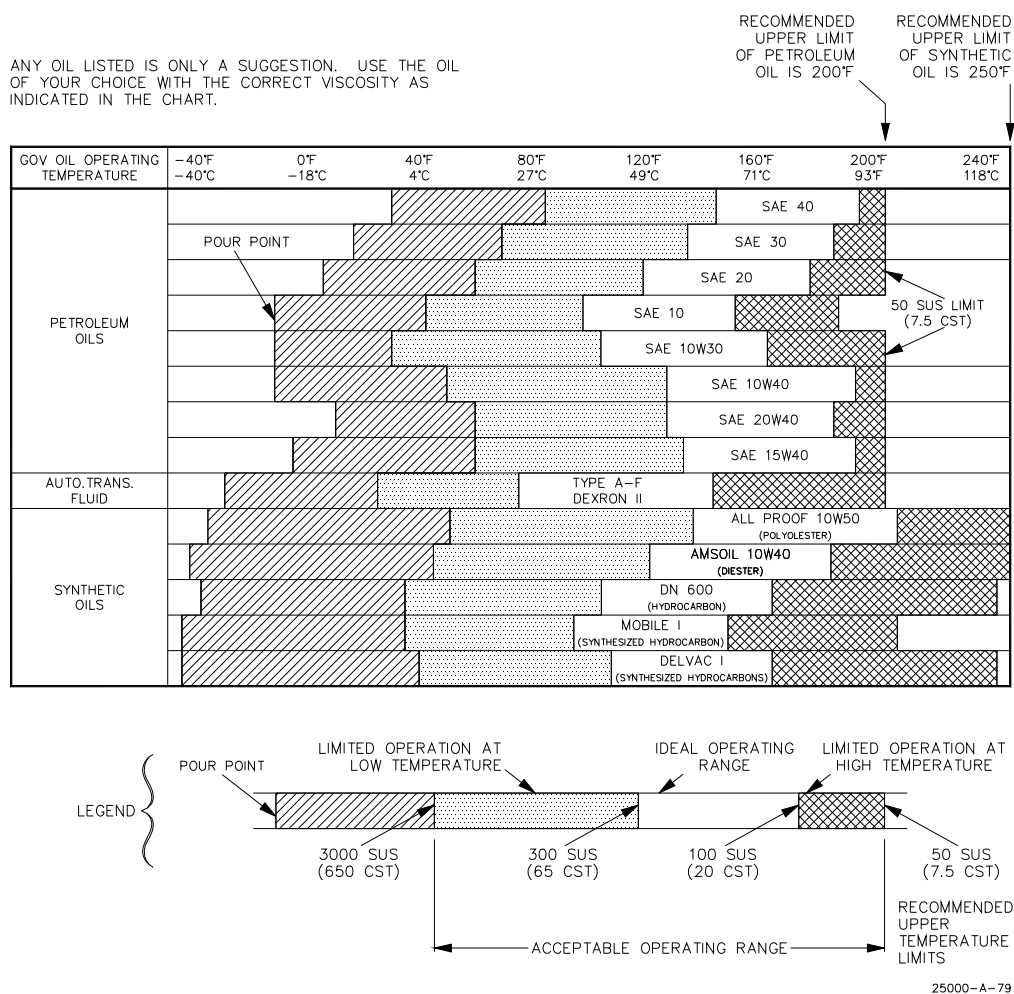


Рис. 2-1. Карта масел

VISCOSITY COMPARISONS				
CENTISTOKES (CST, CS OR CTS)	SAYBOLT UNIVERSAL SECONDS (SUS) NOMINAL AT 100°F	SAE MOTOR (APPROXIMATE)	SAE GEAR (APPROXIMATE)	ISO
15	80	5W		15
22	106	5W		22
32	151	10W	75	32
46	214	10	75	46
68	310	20	80	68
100	463	30	80	100
150	696	40	85	150
220	1020	50	90	220
320	1483	60	115	320
460	2133	70	140	460

250-087

Рис. 2-2. Сравнение вязкостей

Области, заштрихованные наклонными линиями, слева от белой области на схеме (legend) и на «Карте масел» показывают предел низких температур, который допустим для работы только в течение ограниченного периода.

Области, заштрихованные перекрестными линиями, показывают «Температуру застывания» на схеме (legend), а на «Карте масел» показывают температурный диапазон, в пределах которого масло загущается, а затем застывает. Примерная точка застывания расположена на конце области низких температур, заштрихованной перекрестными линиями (слева).

Если масло слишком густое, регулятор будет зашлакован и не будет реагировать. Рекомендуется использовать масло с температурой застывания на $8 - 11^{\circ}\text{C}$ ($15 - 20^{\circ}\text{F}$) ниже самой низкой предполагаемой температуры запуска.

Области, заштрихованные перекрестными линиями, справа от белой области на схеме (legend) и на «Карте масел» показывают предел высоких температур, который допустим для работы только в течение ограниченного периода. Правый конец этих областей показывает примерную температуру деградации масла.

Длительная эксплуатация при температурах выше этой точки без частой замены масла может привести к отказу регулятора. Во избежание эксплуатации близко к точке температуры деградации масла следует заменить масло на масло, устойчивое к более широкому диапазону температур, или снизить рабочую температуру регулятора, используя для этой цели теплообменник, или применить оба вышеописанных варианта.

При эксплуатации оборудования при экстремальных температурах окружающей среды, например в условиях очень высоких или очень низких температур окружающей среды, может возникнуть необходимость установить теплообменник или маслоподогреватель. Чтобы получить информацию, относящуюся к конкретным требованиям вашего оборудования, свяжитесь с компанией Woodward.

Жидкости для автоматических коробок передач

В регуляторе можно использовать жидкости для автоматических коробок передач, такие как AT FLUID TYPE F, AT FLUID TYPE A или DEXRON II. Жидкость для автоматических коробок передач можно использовать при более низких температурах по сравнению с температурами, пригодными для минерального масла, а в течение короткого времени при температурах до 149°C (300°F). Но в условиях повышенных температур в регуляторе могут появиться внутренние течи. Любая жидкость для автоматических коробок передач, одобренная изготовителем коробки передач, пригодна для использования в регуляторе, при условии, что она отвечает требованиям к вязкости.

Синтетические масла

Большинство синтетических смазочных материалов прекрасно подходят для использования в регуляторе, при условии, что они отвечают требованиям к вязкости. Синтетика лучше, чем минеральные масла, обеспечивает смазку в суровых условиях эксплуатации, особенно на высоких скоростях или в широких диапазонах температур. Как правило, их не рекомендуется использовать в качестве альтернативы минеральному маслу без присадок в случаях стандартного применения.

Основными преимуществами группы синтетических масел над минеральными маслами без присадок в случае применения в регуляторе являются более широкий диапазон температур, высокая стойкость к окислению и очень низкая летучесть. К недостаткам можно отнести стоимость и более ограниченную доступность на некоторых территориях. Как и в случае с любым другим маслом, не рекомендуется смешивать их друг с другом или с минеральными маслами.

ПРИМЕЧАНИЕ

Некоторые классы синтетических масел могут быть несовместимы с диафрагмами, прокладками и уплотнениями. Их использование может привести к серьезному повреждению диафрагм, прокладок и уплотнений, что потребует замены деталей. Если сомневаетесь, обратитесь в компанию Woodward за конкретными рекомендациями.

Синтетические смазочные материалы классифицируют по химическому источнику, например силиконы, полигликоли, синтезированные углеводороды и органические сложные эфиры.

Силиконовые смазки

«Силиконами» называют несколько различных базовых жидкостей, они доступны в широком диапазоне вязкостей.

Основное преимущество перед минеральными маслами определено их составом, которое обеспечивает очень высокий индекс вязкости (обычно в диапазоне от 200 до 300), высокую устойчивость к окислению, а также очень низкую летучесть.

Полисульфидные присадки значительно повышают несущую способность и улучшают противоизносные свойства силиконовых смазок. Силиконовые масла оказывают незначительное воздействие на большинство резин, но это не распространяется на другие масла. Системы, которые ранее были смазаны другими маслами, следует очистить и промыть.

Силиконовые масла используют в условиях высоких температур, в гидравлических системах высокого давления, компрессорах и коробках передач. Стоимость этих масел сопоставима со стоимостью других синтетических масел.

Полигликолевые смазочные масла

К полигликолевым смазочным маслам относятся гликоли, полиэфиры и полиалкиленгликоли. Они самые дешевые из синтетических масел.

У них прекрасные вязкостно-температурные характеристики, по летучести они сопоставимы с силиконовыми смазками и имеют хорошие смазочные качества. Они совместимы с другими синтетическими смазочными маслами, и присадки, предназначенные для дальнейшего улучшения их свойств, легко растворяются в них.

Полигликоли не совместимы с минеральными маслами и не приемлемы для использования в регуляторах, поскольку они разъедают лакокрасочные покрытия и другие неметаллические материалы, хотя они оказывают лишь незначительное воздействие на резину.

Синтезированные углеводороды

Синтезированные углеводороды — это высококачественные масла, полученные из сырья нефтяного происхождения без применения процессов перегонки нефти.

В настоящее время на рынке доступны несколько видов синтезированных углеводородов (SHC). Масла SHC совместимы с минеральными маслами и системами, для которых предназначены минеральные масла. При высоких температурах свойства этих масел не ухудшаются резко, а при низких температурах оно не сразу замерзает. Базовые жидкости SHC не содержат ароматических углеводородов, серы и воска, которые обычно присутствуют в обычных минеральных маслах.

Органические сложные эфиры

Органические эфиры образуются в результате реакции спирта и некоторых видов кислот. В синтетических маслах в основном используются две категории эфиров — эфиры двухосновных кислот и эфиры полиолов. Характеристики органических эфиров почти аналогичны характеристикам синтезированных углеводородов.

Примечания

В тех случаях, когда в регулятор или привод Woodward подается такое же масло, что и в двигатель, следует использовать масло, рекомендованное производителем двигателя. Защитите регуляторы или приводы, в которых используется моторное масло, соответствующим фильтром. С требованиями к размеру фильтра ознакомьтесь в соответствующем руководстве к регулятору.

Регуляторам с автономной подачей масла или с использованием автономного маслосборника не требуется масло с моющими или диспергирующими присадками, поскольку у них нет таких «горячих точек» и загрязнений, как в двигателях внутреннего сгорания. Масло, предназначенное для использования в регуляторе, должно отвечать конкретным условиям эксплуатации и быть совместимым с уплотнениями регулятора.

Большинство масел с моющими присадками вполне пригодны для использования в регуляторах или приводах, при условии что выполнены все остальные требования. Следует выбирать масло, отвечающее всем требованиям и доступное в вашей местности.

Помимо масел, перечисленных в «Карте масел», для использования в регуляторе подходят также масла, включенные в группу «S» или группу «C» эксплуатационной классификации двигателей API (Американский институт нефти) (начиная с «SA» и «CA» в современных стандартах API). Для этой цели также пригодны масла, отвечающие перечисленным ниже эксплуатационным требованиям военных нормативов США:

- MIL-L-2104A
- MLI-L-2104B
- MLI-L-2104C
- MLI-L-46152
- MLI-L-46152A
- MLI-L-46152B
- MLI-L-45199B

Глава 3.

Обслуживание масла

Общая информация

Своевременное обслуживание масла способствует длительной и надежной работе регулятора. Помимо своевременной замены масла следует учитывать и другие важные факторы.

После того, как выбран класс масла, продолжайте использовать его в будущем. Добавление или замена масла одного класса другим без тщательной очистки гидравлической системы может привести к возникновению проблем, таких как, вспенивание, засорение фильтра и образование нагара. Некоторые классы синтетических масел могут быть несовместимы с диафрагмами, прокладками и уплотнениями.

Всю попавшую в регулятор воду, не зависимо от ее количества, следует незамедлительно удалить и заменить масло. Вода, даже в следовых количествах, в значительной степени способствует быстрому выходу из строя подшипников, а также образованию оксидов, которые также способствуют неисправности регулятора.

Чистое масло является необходимостью, будь то заполнение регулятора в первый раз или добавление свежей порции масла. Чистое масло не останется чистым, если загрязнены контейнер с маслом или разливочный желоб. Остатки масла из канистр можно использовать только в том случае, если канистры хранили закрытыми в чистом месте. Невозможно переоценить насколько важна чистота масла и контейнера.

Большинство регуляторов, оснащенных автономными маслосборниками, не имеют фильтров или экранов, и в этом случае очень важно, чтобы загрязняющие вещества не попали в регулятор вместе с маслом. Защитите регуляторы или приводы, в которых используется моторное масло, соответствующим фильтром. С требованиями к размеру фильтра ознакомьтесь в соответствующем руководстве к регулятору.

Состояние регуляторов, в которых используется моторное масло, зависит от того, насколько регулярно заменяют фильтры, а также от качества моторного масла. Следует полностью выполнять указания изготовителя двигателя о проведении технического обслуживания.

Периодичность замены масла

Автономные маслосборники

Сложно определить, когда наступит «лучшее время» для замены масла. Лучше всего, конечно же, заменить масло непосредственно перед тем, как оно выработает свой ресурс, но до того, как произойдет какой-либо сбой агрегата.

Такой момент можно определить, сделав анализ масла, но поскольку стоимость такого анализа превышает стоимость одного или двух литров масла для регулятора, то нельзя считать этот вариант практически приемлемым на постоянной основе. Анализ можно использовать для разработки графика проведения технического обслуживания, который должен оставаться в силе до тех пор, пока не изменятся исходные условия. В качестве ориентира можно также использовать опыт работы с другим гидравлическим оборудованием, аналогичным регуляторам. При определении частоты замены масла следует принять во внимание такие параметры, как рабочая температура, атмосферные условия, которые включают в себя грязь, влажность и т. д. или что-либо еще, что может изменить состав масла или сократить срок его службы.

Всегда, когда станет известно, что в регулятор попали загрязнения, его необходимо сразу же осушить, промыть и вновь заполнить чистым маслом.

Частицы грязи и воды в масле являются главными причинами неисправности регулятора или привода. Особо следует следить за тем, чтобы грязь и влага не попали в открытые или находящиеся на хранении регуляторы и открытые линии управления.

Еще одной частой причиной неисправности регулятора является деградация смазочного масла или истощение присадок в масле. Наличие шлама, лакового отложения, осадка или грязный фильтр — это убедительные признаки того, что масло необходимо заменить. Это также указание на то, что, возможно, следует использовать другое масло, особенно, если с момента последней замены масла, прошло немного времени.

Лаковое отложение является показателем того, что диапазон рабочих температур регулятора превышает возможности масла. Чтобы решить эту проблему обычно достаточно перейти на масло с хорошими высокотемпературными характеристиками или установить теплообменник. Низкие рабочие температуры могут быть причиной образования шлама. Шлам представляет собой сложную смесь продуктов из различных источников, например сжигание топлива, вода, углерод и окисленное масло, которое агломерировалось и больше не растворяется в масле.

Образование шлама можно контролировать повышением рабочей температуры регулятора, более частотой заменой масла или переходом на другой тип масла. Может оказаться, что жидкости, такие как жидкости для автоматических коробок передач, могут оказаться более устойчивыми к образованию шлама, чем некоторые моторные масла.

Правильно выбранное масло, которое соответствует условиям эксплуатации и совместимо с уплотнениями регулятора, дает длительный срок службы между заменами масла. Для регуляторов, работающих в идеальных условиях (минимальное воздействие пыли и воды, в пределах температурного диапазона масла), периодичность замены масла может быть продлена до двух и более лет. Если есть такая возможность, то регулярное проведение планового анализа масла может помочь в определении частоты его замены.

Использование моторного масла в регуляторах

Интервалы между заменами масла зависят от различных эксплуатационных условий двигателей и от содержания серы в используемом дизельном топливе.

Изготовители двигателя, как правило, рекомендуют периодичность замены масла в двигателях. Но, если неисправности регулятора связаны с деградацией масла или его загрязнением, то это конкретное масло следует менять чаще.

Ниже приведены традиционные рекомендации по порогу деградации при высоких температурах для различных видов смазочных материалов.

Группа жидкостей	Деградация начинается	
	°C	°F
Нефтепродукты	93	200
Полигликоли	107	225
Дизфиры	121	250
Синтетические УВ	121	250
Эфиры полиолов	135	275
Метил силиконы	149	300
Фенил силиконы	204	400
Галогенированные силиконы	218	425
Полифениловые эфиры	246	475
Фторзамещенные эфиры	288	550

Когда менять масло в регуляторе

Масло следует менять, если:

- его внешний вид отличается от его первоначального вида;
- потереть масло между пальцами, чувствуется песок;
- его запах отличается от запаха нового масла; (ПРИМЕЧАНИЕ: некоторые масла могут иметь горелый запах, но их можно продолжать использовать. Проконсультируйтесь с представителями компании). Если есть сомнения, замените масло.
- в масле присутствуют вода в любом количестве, антифриз или иные несовместимые примеси;
- изменилась вязкость: увеличилась или снизилась;
- происходит чрезмерный износ деталей;
- регулятор работал при температурах, превышающих предел, рекомендованный для данного типа масла;
- изменился температурный режим эксплуатации регулятора, в результате чего вязкость масла вышла за пределы идеального рабочего состояния.

Загрязненное масло регулятора

Если масло загрязнено, его необходимо заменить. Масло также подлежит замене, если есть подозрения, что оно способствует нестабильности регулятора. Сливать масло следует, пока оно еще горячее и перемешанное. Прежде чем залить новое масло, промойте регулятор таким же маслом, но меньшей плотности, или растворителем, имеющим некоторые смазывающие качества.

ПРИМЕЧАНИЕ

Убедитесь, что растворитель совместим с уплотнениями. Их использование может привести к серьезному повреждению диафрагм, прокладок и уплотнений, что потребует замены деталей. Если сомневаетесь, обратитесь в компанию Woodward за конкретными рекомендациями.

Если растворитель не может полностью слиться или испариться за отведенное для этой операции время, то во избежание разведения и возможного загрязнения нового масла регулятор следует промыть таким же маслом, но меньшей плотности, каким он будет заполнен. Чтобы исключить возможность повторного загрязнения, новое масло не должно содержать грязи, воды и иных посторонних веществ. Для хранения и перелива масла необходимо использовать только чистые емкости.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Соблюдайте указания или запреты изготовителя в отношении использования растворителей. Если никаких указаний нет, то следует соблюдать осторожность. Очищающий растворитель следует использовать в хорошо проветриваемом помещении, вдали от огня или искр.

Несоблюдение вышеуказанных инструкций по безопасности может привести к возникновению опасных пожаров, значительным повреждениям оборудования, травматизму и/или смерти персонала.

Масляные фильтры

Промышленные исследования показывают, что причиной 80% неисправностей регулятора является грязное масло или масло, содержащее посторонние примеси. Хотя частицы грязи присутствуют всегда, организованная надлежащим образом фильтрация позволяет эффективно контролировать содержание частиц грязи.

Правильное использование фильтрации не только окупается, но и позволяет снизить общую стоимость эксплуатации и обслуживания оборудования. По сравнению со стоимостью простоя по техническим причинам правильно организованная фильтрация является хорошей инвестицией.

Выбор фильтрующего элемента

Есть опасность, что масло будет фильтроваться чрезмерно или наоборот недостаточно, поскольку спектр загрязняющих веществ достаточно широк, и на рынке присутствует широкий ассортимент материалов, предназначенных для их фильтрации.

Фильтрующий материал со слишком грубой структурой может быть неэффективным и произойдет опасное загрязнение масла. Фильтрующий материал с чрезмерно тонкой структурой требует слишком частой замены и, если его не менять своевременно, фильтры будут работать в режиме байпаса и не будет никакой защиты.

Технические характеристики фильтрующих элементов

Коэффициент фильтрации

Бета-коэффициент — это числовое представление эффективности фильтра. Согласно многоходовому методу испытаний, который признан ANSI, NFPA и ISO (ANSI/B93.31 -1973), — это число частиц заданного размера, обнаруженных выше фильтра, деленное на количество частиц такого же размера, обнаруженных после фильтра.

$$\beta_x = \frac{N(\text{до})}{N(\text{после})}, \text{ где } x = \text{размер частиц (мкм)}$$

Таким образом, $\beta_{10} = 2$ означает, что фильтр удаляет 1 частицу размером более 10 мкм из каждых 2 частиц размером более 10 мкм, входящих в фильтр.

В приведенном выше примере предположим, что до фильтра обнаружили 10 000 частиц размером более 10 мкм, а после фильтра было обнаружено 5000 частиц размером более 10 мкм. Тогда

$$\beta_{10} = \frac{10\,000}{5000} = 2$$

В некоторых источниках с описанием фильтров этот коэффициент может быть представлен следующим образом:

$$\beta_x = 2/20/75, \quad x = 6/11/15$$

что означает: $\beta_6 = 2$, $\beta_{11} = 20$, $\beta_{15} = 75$.

Первые три цифры (2/20/75) — это Бета-коэффициент для размера частиц, которые обозначены вторыми тремя цифрами (6, 11 и 15 мкм, соответственно).

Эффективность

Эффективность фильтра для заданного размера частиц можно получить по формуле:

$$\text{Эффективность} = (1 - 1/\beta) \times 100\%$$

Итак, если $\beta_{10} = 2$

$$\text{Эффективность для 10 мкм} = (1 - 1/2) \times 100\% = 50\%$$

Ниже приведена таблица эффективности для частиц размером «х»:

$\beta_x =$	1,01	КПД 1%
$\beta_x =$	1,1	КПД 9%
$\beta_x =$	1,5	КПД 33%
$\beta_x =$	2,0	КПД (номин.) 50%*
$\beta_x =$	5,0	КПД 80%
$\beta_x =$	10,0	КПД 90%
$\beta_x =$	20,0	КПД 95%
$\beta_x =$	75,0	КПД (абсол.) 98,7%*
$\beta_x =$	1000,0	КПД 99,9%
$\beta_x =$	3000,0	КПД 99,97%

*— Отрасль промышленности по изготовлению фильтрующих материалов приходит к тому, чтобы в качестве номинального значения принять КПД 50% при удалении частиц заданного размера и в качестве абсолютного значения как минимум КПД 98,6% при удалении частиц заданного значения.

Пропускная способность фильтра

Пропускная способность фильтра — это количество загрязняющих веществ (в граммах), которые фильтрующий элемент задержит прежде, чем будет достигнут заданный перепад давления. При прочих равных условиях, пропускная способность свидетельствует о сроке службы элемента. Чем выше пропускная способность, тем продолжительнее срок службы.

Совместимость с маслом

Фильтрующие элементы совместимы со смазочными маслами на нефтяной основе. Что касается синтетических масел, то по вопросу совместимости конкретных элементов желательно проконсультироваться с представителем компании.

Образование лаковой пленки

Гидромеханические регуляторы могут оказаться под воздействием состояния, известного как «образование лакового слоя». Если не предотвратить, то лакирование может привести к различным возможным видам отказов, при этом есть потенциальная возможность, что регулятор останется в положении «максимальная подача топлива» (fuel max) или в положении «минимальная подача топлива» (min fuel).



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Лакирование может привести к сбою регулятора, что в свою очередь может стать причиной разноса двигателя. В случае применения на судах судно может потерять способность двигаться вперед. Непременными условиями производственной безопасности являются предотвращение образования лакового слоя и наличие резервной системы регулировки/аварийной защиты.

Лакирование определяется как состояние, при котором регулятор покрывается внутри остатками масла (часто называется лаком или шламом). Отложения образуют твердый слой, который трудно удалить и его удаление требует много времени (стоимость очистки регулятора, на котором образовался лаковый слой, может достигать до 40% стоимости нового такого устройства). Образование лакового покрытия, как правило, сопровождается запахом, похожим на запах отработанного масла.

Результаты могут варьироваться от залипания управляющих клапанов до забивания каналов и отверстий для масла.

Причиной образования лакового слоя, как правило, является разложение масла, которое может быть вызвано:

- слишком высокой температурой масла;
- слишком длинным интервалом между заменами масла;
- конденсацией воды внутри регулятора во время остывания (вода в масле может вызвать гидролиз, что является известным признаком разложения масел).

Выбор масла важен, поскольку некоторые масла в меньшей степени подвержены лакированию, чем другие. Только оператор установки / владелец судна и поставщик масла устанавливают правильные интервалы между заменами масла для каждого конкретного применения. При этом должны быть учтены температурный диапазон, интервал между заменой масла, также и другие эксплуатационные условия, известные оператору установки / владельцу судна. Правильный выбор позволит сэкономить на стоимости оборудования и изменить интервал между заменами масла, не допуская при этом лакирования.

Качество работы любого регулятора зависит от интервала между заменами масла, рабочих температур и типа масла. Некоторые типы регуляторов быстрее вырабатывают ресурс масла, чем другие.

Компания Woodward не может быть в курсе условий эксплуатации в каждом применении, ниже приведены несколько общих рекомендаций:

- **Температура масла**—компания Woodward рекомендует, чтобы температура масла при работе в непрерывном режиме была в диапазоне от 60 до 93 °C (от 140 до 200 °F).
- **Интервалы между заменами масла**— Поскольку при выборе интервала между заменами масла должны учитываться все условия эксплуатации, правильный интервал должны установить оператор установки / владелец судна и поставщик масла.
- **Выбор масла**— При выборе масла, которое обеспечит нормальную работу регулятора, следует принимать во внимание два важных фактора:
 - ▶ **диапазон вязкости**— допускается от 7,5 cSt (50 SUS) до 650 cSt (3000 SUS); идеальное значение — от 20 cSt (100 SUS) до 65 cSt (300 SUS).
 - ▶ **рабочая температура**— рекомендуемая температура при работе в непрерывном режиме в диапазоне от 60 до 93 °C (от 140 до 200 °F).

ВАЖНО

Неспособность избежать лакировки масла внутри регулятора считается неправильным использованием и не входит в рамки контроля со стороны компании Woodward. Такое неправильное использование не входит в гарантию Woodward.

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

Если в регуляторе образовался лакированный слой, очень важно, чтобы это состояние было выявлено и устранено, как можно скорее. Запрещается использовать регулятор с образовавшимся лаковым слоем, т. к. это может привести к серьезным последствиям.

Детально обсудите выбор масла для регулятора с поставщиком масла. Когда выбираете интервал между заменами масла, начните с более короткого интервала, чем предполагаемый интервал, и постепенно удлиняйте его. Следует контролировать состояние масла, особенно образование отложений, чтобы масло оставалось в пределах рабочих условий, установленных поставщиком масла.

Мы будем очень признательны за ваши комментарии о содержании наших публикаций.

Просим направлять ваши предложения и замечания по адресу: icinfo@woodward.com

Не забудьте указать номер публикации: **RU25071J**.



1519, Fort Collins CO 80522-1519, США
1000 East Drake Road, Fort Collins CO 80525, США
Телефон: +1 (970) 482-5811 • Факс: +1 (970) 498-3058

Эл. почта и веб-сайт — www.woodward.com

Компания Woodward располагает предприятиями, подразделениями и филиалами. Также имеются авторизованные дистрибьюторы и другие авторизованные центры по обслуживанию и продаже во всем мире.

Полная информация об адресах, телефонах, факсах и адресах эл. почты доступна на нашем веб-сайте.