

ЛЕКЦИЯ-22

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ СМАЗКИ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ.

Физико-химические изменения.

Смазочный материал в работе стареет, т.е. его первоначальные свойства изменяются в результате физических и химических процессов, которым он подвергается. При эксплуатации происходит испарение преимущественно легких фракций масла; оно засоряется продуктами окисления, полимеризации, конденсации и распада самого масла, загрязняется продуктами изнашивания смазываемых поверхностей и пылью (минеральной, металлической или органической); в двигателях внутреннего сгорания масло, кроме того, загрязняется продуктами неполного сгорания топлива и жидким топливом.

Физико-химические изменения масел связаны прежде всего с их окислением, под которым понимают совокупность химических превращений в масле в присутствии кислорода. Окисление масла происходит в толстом слое (в масляных цистернах, баках, маслопроводах, картерах), в тонком слое (на смазываемых поверхностях) и в туманоподобном виде.

При нормальной температуре и атмосферном давлении минеральные масла в объеме (в толстом слое) почти не окисляются, при повышении температуры окисление ускоряется: изменение физико-химических свойств масел при температуре 100 С исчисляется сутками, а при 250 С – минутами. Скорость окисления значительно изменяется в присутствии металлов, в особенности их окислов и металлических мыл. Свинец является наиболее сильным катализатором окисления; за ним следует медь и железо. Алюминий почти не влияет на процесс окисления. Каталитическое действие других металлов слабое, они могут даже тормозить окисление. Наличие воды в масле делает окисление более интенсивным.

Основное окисление масла происходит в тонком смазочном слое, где масло подвергается высокому давлению и наибольшему нагреву и где сильнее сказывается каталитическое воздействие металлов, а также в контакте со стенками маслопроводов. Интенсивное окисление происходит при большой поверхности соприкосновения масла с воздухом, при проточном смазывании или при смазывании погружением. Вспенивание масла способствует его окислению; насыщение воздухом, повышение температуры масла, обводнение в присутствии стали, бронзы, латуни, баббитов и их продуктов изнашивания стимулируют окисление и в объеме (в толстом слое).

В результате окисления масла изменяется его химический состав; увеличивается содержание в нем исходных смолистых веществ, заново образуются другие; повышаются плотность и температура вспышки, масло приобретает более темный цвет; увеличивается вязкость, которая может намного превысить исходную в связи с образованием или увеличением

содержания в масле асфальтосмолистых веществ. Повышение вязкости масла усиливает его гидродинамическое действие и повышает нагрузочную способность смазочного слоя. Однако при этом возрастают потери на перемещение по маслопроводам, а при смазывании погружением – на размешивание. Из-за увеличения внутреннего трения масла может повыситься его средняя температура, что усилит окисление.

В двигателях внутреннего сгорания старение масла происходит более интенсивно, чем в других машинах. Масло не только окисляется и обводняется, но и загрязняется топливом и продуктами его окисления и распада. Поэтому плотность и вязкость масла в системе могут увеличиваться, уменьшаться или оставаться без изменения в зависимости от степени окисления масла и степени его разжижения фракциями топлива. Кроме того, в результате окисления масла в нем образуются нафтеновые кислоты, химический состав которых может быть различным. Их образование отмечается увеличением кислотного числа, так как продукты окисления сами по себе оказывают каталитическое действие. Сезонные изменения температуры могут заметно влиять на интенсивность окисления масел в системах машин с высокой тепловой нагрузкой.

Образующиеся кислоты и смолы, являясь полярными соединениями, улучшают смазочную способность масел в области трения при граничной смазке. Смолистые и углистые вещества, как продукты полимеризации масел при их окислении, выделяются в раздробленном состоянии. В раздробленном состоянии попадают в масло и продукты изнашивания, а также посторонние механические частицы. Во взвешенном состоянии находится в масле вода. Поэтому работающее масло представляет собой ряд дисперсных систем с различной степенью дисперсности. Смолы диспергируются до молекул, углистые частицы дают более грубые дисперсные системы.

Часть смолистых веществ растворяется в масле, образуя истинные растворы; остальная часть и углистые вещества входят в коллоидный раствор или образуют суспензию (взвесь). Не растворяющиеся в маслах смолы, асфальтены, карбены и карбоиды, к которым присоединяются оксикислоты, могут выпадать из масла в виде осадка; для этого требуется некоторая концентрация этих веществ. Смолистые вещества могут отлагаться и на поверхностях трения.

Причинами обводнения масла в смазочных системах являются: выделение воды в результате разложения углеводов масла в процессе старения; утечки пара через уплотнения; утечки воды через уплотнения; конденсация попавшей из атмосферы влаги в картерах, корпусах редукторов, в баках и цистернах; частичная конденсация водяного пара, входящего в состав продуктов сгорания и прорывающегося вместе с ними в картеры двигателя внутреннего сгорания. Наличие воды в масле ухудшает его смазочные свойства, способствует в присутствии металлов-катализаторов более быстрому окислению масла и создает опасность корроирования поверхностей деталей. Рабочие поверхности некоторых деталей (например,

шеек валов) при наличии в масле пресной воды темнеют, при наличии соленой воды заметно корродируют.

Вода в масле или топливе – одна из основных причин водородного изнашивания деталей. Вода в масле циркуляционной системы транспортных двигателей может стать причиной серьезных неисправностей в зимнее время. Масляные фильтры могут оказаться закупоренными льдом, а масляный насос может прекратить подачу масла вследствие обмерзания сетчатых фильтров. Это относится в первую очередь к автомобильным двигателям, где находящееся в нижнем картере масло подвергается интенсивному охлаждению при движении автомобиля.

Отложения на деталях и в смазочной системе. Отложения образуются в результате старения масла, а в двигателях внутреннего сгорания, кроме того, из продуктов разложения и неполного окисления топлива. Углеродистые отложения в двигателях разделяются на три вида: нагар, лак и осадки (шлам). Для нагара характерен черный цвет, но он может быть и белого, оранжевого, коричневого и других цветов, имея различную структуру – плотную, рыхлую или пластинчатую. Нагарообразование, кроме двигателей, возможно и в других машинах.

Лак представляет собой тонкий слой твердого или клейкого углеродистого вещества от коричневого до черного цвета. Лаковые отложения в двигателях на боковой и внутренней поверхностях поршня, на шатуне и поршневых пальцах объясняются тем, что масло в тончайшем слое при повышенной температуре на металлической поверхности в присутствии кислорода подвергается полимеризации и уплотнению.

Если лаковые отложения на поршне могут привести к его перегреву вследствие ухудшения условий теплоотвода и к заклиниванию поршневых колец в канавках поршня, то отложения на рабочей поверхности подшипников можно рассматривать как положительный фактор снижения скорости изнашивания и повышения противозадирной стойкости сопряженной пары. По утверждению некоторых исследователей любой хорошо приработавшийся подшипник обычно покрыт полимерными образованиями.

Шлам – это тестообразное или полутвердое вещество от светлорозового до черного цвета, состоящее из жидкости и нерастворимых в ней веществ, загущающих ее в эмульсию или суспензию. В смазочной системе шлам состоит из масла, нерастворимых в нем смолистых веществ и других продуктов окисления, воды и твердых частиц в масле. Шлам в картерах автомобильных двигателей состоит на (50...70)% из масла, на (5...15)% из воды, а остальное – горючее, продукты окисления масла и твердые частицы. Шлам может встречаться в виде отдельных сгустков, плавающих в масле, или, в исключительных случаях, в виде больших комьев.

Шламообразование, связанное с интенсивным старением масла, существенно зависит от температуры последнего. Обводнение масла, засорение его механическими частицами, в особенности мельчайшими, являю щимися эмульгаторами, частичное или полное засорение сапуна в

двигателях внутреннего сгорания способствуют образованию шлама. Накопившийся шлам забивает фильтры, маслоохладители и полости центрифуг, уменьшает пропускную способность масляных каналов. Забивка шлагом приемника масляных насосов может полностью нарушить работу смазочной системы. При центробежной очистке масла в полостях шатунных шеек коленчатых валов отделившийся шлам освобождается от жидкой фазы и спрессовывается. Эти отложения могут ограничить ресурс двигателя.

Отложения смолистых веществ из рабочей жидкости гидравлических систем на деталях прецизионных золотниковых пар могут привести к временному зависанию золотников или к полному заклиниванию пары.

Пенообразование. Пена представляет собой, соединение микроскопических пузырьков газа или пара, отделенных друг от друга пленкой жидкости толщиной около 10^{-5} см. Пена образуется при взбалтывании масла и выделении из его толщи находящихся в растворенном или взвешенном состоянии воздуха, паров и газов. Все жидкости способны растворять в себе газы в количестве, прямо пропорциональном давлению на поверхности контакта и зависящем от свойств жидкости и газа. Воздух, например, при повышении давления на 0,1 МПа растворяется в маслах и смесях минерального происхождения в количестве до 10% объема жидкости, азот – до 13%, а углекислый газ – до 85%. При понижении давления излишек газа выделяется до наступления равновесия между жидкой и газовой фазами, причем процесс происходит во много раз интенсивнее растворения. Пенообразование может произойти при смазывании деталей погружением и при стоке масла в маслоборники. Другая возможность пенообразования обусловлена выделением газов и паров из масла.

При взбалтывании масла, при его разбрызгивании и струйном смазывании высокооборотных деталей в масло заносится воздух, а в картеры двигателей прорываются газы и пары топлива. В некоторых подшипниках в слое масла, омывающего цапфу, в ненагруженной зоне образуется вакуум, в результате чего в масло также подсасывается воздух.

С наличием нерастворимого в масле воздуха и с пенообразованием связаны следующие отрицательные явления:

- 1) уменьшается подача масляных насосов;
- 2) появляется пульсация давления в системе, что исключает возможность подачи масла равномерной струей к смазываемым поверхностям;
- 3) ухудшается смазывание вследствие разрыва масляной пленки на смазываемых поверхностях пузырьками воздуха, что может привести к опасному местному перегреву;
- 4) пузырьками воздуха масло уносится через зазоры, сапуны картеров или маслобаков и через стыки, что приводит к потере масла;
- 5) искажаются показания уровня масла в картере, что может вызвать эксплуатацию машины или механизма при недостаточном смазывании;
- б) ускоряется окисление масла.

Пенообразование зависит от качества масла. Моющие присадки в маслах, обводнение и окисление масла способствуют пенообразованию. Достаточно ничтожного количества воды в масле – менее 0,1% по массе, чтобы проявилась тенденция к пенообразованию. В коробках передач независимо от марки и номинальной вязкости масла существует область температур, а следовательно, и рабочих вязкостей, при которых пенообразование наиболее интенсивно. Это связано с влиянием температуры на образование и стойкость пены. Стойкость пены уменьшается с повышением температуры; температура свыше 70 С вызывает быстрый распад пены. Это позволяет объяснить причину, по которой вспенивание масла в картере двигателя происходит только спустя некоторое время после пуска, а прекращение пенообразования – после того, как будет пройден некоторый температурный интервал. Для уменьшения пенообразования применяют противопенные присадки к маслу.

Смазывание узлов при эксплуатации

При работе машин количество масла уменьшается; оно убывает вследствие утечек через неплотности, некоторая его доля переходит в шлам, часть теряется вместе с удаляемой водой, испаряется, а в двигателях внутреннего сгорания теряется в результате угара. Потери масла в системе периодически восполняют доливом.

Масло в системе вследствие старения теряет смазочные свойства и требуется, несмотря на действие очистительных устройств, периодическая замена его свежим. Независимо от регламентированных сроков масло меняют в случаях выпадения шлама более обычного и выхода значений кислотного числа, вязкости и других показателей за пределы установленных норм. В системах большой вместимости рекомендуется периодически производить анализ работающего масла.

У пластичного смазочного материала засоряется только рабочий слой, т.е. слой, покрывающий поверхности трения. Сильное загрязнение этого слоя усиливает изнашивание деталей и затрудняет смену СМ. Свежий смазочный материал перемещает неработавший слой, вытесняет значительную часть загрязненного смазочного материала и смешивается с ее остатком. Противодействие при нагнетании пластичного смазочного материала определяют опытным путем: оно зависит при данных физико-химических свойствах СМ от размеров и формы каналов, подводящих СМ, от конструкции узла, его износа, от температуры и состояния старого СМ, определяемого качеством и регулярностью предыдущих смазочных операций. По данным исследований, на автомобилях и сельскохозяйственных машинах смазочное оборудование эффективно, если оно позволяет развивать избыточное давление 10 МПа и более.

Пластичный смазочный материал при нагнетании в прессмасленки должен выступать наружу через зазоры смазываемого узла. Если масленка

исправна, а СМ все же не проходит через зазор, то нужно разгрузить узел и после этого произвести подачу смазочного материала.

Закладку смазочного материала в смазочную полость производят после промывки поверхностей трения.

Смазочные материалы необходимо экономить. Иногда неправильно смазывают подшипники автомобильных колес, заполняя мазью до отказа ступицы и колпаки. Для работы подшипников в этом нет необходимости; нужно смазывать только подшипники. Расход смазочного материала в этом случае уменьшается приблизительно в 4 раза, смазочный материал не будет вытекать из ступиц и замасливать тормозные колодки.

Чистота смазочных материалов является одним из важнейших условий долговечности машин, поэтому при их транспортировании, хранении, выдаче и в процессе заправки должны быть приняты меры против загрязнения.

Смазывание машин должно производиться в соответствии с заводскими инструкциями. Сроки смены масла зависят от условий работы машины и могут быть различными для одной и той же машины. Так, при работе автомобиля в тяжелых дорожных условиях, когда приходится часто форсировать двигатель и пользоваться промежуточными передачами, добавку и смену смазочных материалов следует производить чаще. Летом это надо делать чаще, чем зимой. Еще чаще надо проводить эти операции в осеннюю и весеннюю распутицы. График смазывания автомобилей составляют обычно применительно к наиболее неблагоприятному сезону. При благоприятных условиях эксплуатации, тщательном уходе за смазочной системой и регулярной смене фильтрующих элементов тонкой очистки удастся увеличить срок между сменами масла иногда в (2...3) раза, что дает существенную его экономию. Наоборот, в двигателях, у которых приближается срок смены поршневых колец и имеется вследствие этого большая утечка газов в картер, масло необходимо менять чаще, чем это указано в заводских инструкциях.

Для любой машины периодичность подачи смазочного материала в смазочные точки и периодичность смены масла в картере должны назначаться исходя из условий наиболее неблагоприятного длительного режима работы малоизношенной машины. Для установления такой периодичности необходимо располагать опытом эксплуатации данной машины или подобной ей.

Помимо общей инструкции по смазыванию машины составляют для наглядности и во избежание пропусков смазочных точек карту смазывания, где должны быть указаны все смазываемые точки; при необходимости приводят схемы узлов.

Особенно четко должны быть нанесены места залива и слива масла, насосы, фильтры, маслоуказатели и масленки. При централизованном смазывании обязательно указывают разводку маслопроводов.

Триботехническая обработка двигателя

Обработку двигателя производят на старом масле с последующей промывкой двигателя промывочным маслом и заменой масла. Двигатель прогревается до температуры не менее 50 С. При работающем двигателе через отверстие масляного щупа шприцем вводится маслорастворимая металлоплакирующая присадка (например МКФ-18) в количестве (0,2...0,3)% от объема заливаемого в картер масла.

Обработка цилиндров ведется подачей металлоплакирующей присадки через главный диффузор карбюратора. Для двигателей с подачей топлива впрыском и дизелей подача присадки производится через воздушный тракт, при этом нужно максимально приблизить подачу присадки к каждому цилиндру посредством гибкого шланга (от медицинской капельницы) и шприца. Присадка вводится небольшими порциями (каплями) попеременно в каждый цилиндр за (3...4) перехода (по 25...30% от необходимого объема присадки на один цилиндр). При обработке бензинового двигателя могут падать обороты, что устраняется перегазовками, которые необходимо проводить во время обработки. Перегазовка исключает накапливание присадки у выпускных клапанов.

При обработке двигателя с впрыском присадку необходимо подавать осторожно. При попадании большого количества присадки в цилиндр может произойти раннее воспламенение смеси, что приведет к попаданию присадки в плунжер распылителя форсунки во время открытия иглы распылителя, при этом будет слышен звонкий стук в форсунке. Также присадка может попасть под клапан. При этом появится «чавкающий» звук и будут видны прорывающиеся газы в воздушную магистраль. В таких случаях нужно приостановить обработку до прекращения звуков. Во время обработки из выпускной трубы идет густой белый дым и капает вода. После обработки, не заглушая двигатель, производят пробег автомобиля (30...40) км со скоростью (60...70) км/ч, после чего проверяют компрессию, замеряют CO и расход картерных газов. При отклонении компрессии в цилиндре более чем на 0,2 МПа цилиндр обрабатывают вторично.

При обработке бензинового двигателя присадка заливается в цилиндр через свечное отверстие, вворачивается свеча, но не подключается высоковольтный провод, он нагружается другой свечой и в таком состоянии запускается двигатель на холостом ходу на (3...5) мин. После этого подключается высоковольтный провод и вновь запускается двигатель на (15...20) мин для выгорания присадки. Свеча выкручивается и зачищается. Для этого необходимо иметь технологические свечи.

Сливается старое масло. Если масло очень темное, двигатель желательно промыть промывочным маслом. Заливается свежее масло с присадкой МКФ-18 в количестве 0,2% от объема. Заменяется масляный фильтр.

Количество вводимой присадки зависит от объема цилиндров:
 $V_{ц} = 1,3 \text{ л} - 160 \text{ мл}$; $V_{ц} = 2 \text{ л} - 200 \text{ мл}$;
 $V_{ц} = 8,8 \text{ л (КАМАЗ)} - (400...500) \text{ мл}$.

Сущность и этапы безразборного восстановления деталей трения машин (двигателя)

Сущность процесса безразборного восстановления деталей, сборочных единиц (двигателей, агрегатов, узлов трения и т.п.) состоит в том, что в условиях трения путем введения специальных металлоплакирующих присадок через систему смазки или топлива можно, покрывать поверхности трущихся деталей тонкими слоями антифрикционных материалов, тем самым восстанавливая узлы трения машин и механизмов без их разборки.

Безразборное восстановление, например, двигателя состоит из следующих этапов: предварительной диагностики, трибологической обработки двигателя, диагностики, а также гарантийного обслуживания двигателя автомобиля в течение года или 30 тыс. км пробега.

Перед диагностикой двигателя необходимо выяснить следующие вопросы, касающиеся технического состояния автомобиля: как работает двигатель, каков расход топлива и масла, когда производилась замена масла, фильтров (топливного, масляного, воздушного), когда производился капитальный ремонт двигателя с заменой вкладышей, поршневых колец, расточкой цилиндров, шлифованием шеек коленчатого вала, менялись ли маслосъемные колпачки и др.

1. Проверяется цвет масла, присутствие воды (прибором или визуально). Если обнаруживается вода в масле, выясняется причина его наличия, а также устраняется подтекание масла.

2. Прослушивается работа двигателя стетоскопом на предмет наличия посторонних стуков. Часто причиной плохого запуска двигателя являются недостаточные зазоры (тепловые) клапанов.

3. Проверяется количество CO в выхлопных газах на холостом ходу и при $(2500...3000)$ мин⁻¹. Для объективности замера нужно убедиться, что выпускной тракт не пропускает газов.

4. Вывертываются свечи, и проверяется их состояние, а также соответствие их марки модели двигателя. Обращается внимание на цвет электродов и наличие твердой корочки нагара на электродах. Выясняется у водителя, когда менялись свечи и когда была их зачистка в последний раз. Складываются свечи в пронумерованные ячейки, соответствующие номерам цилиндров.

5. Производится замер компрессии (двигатель должен быть прогрет не ниже 60 С). Компрессия по цилиндрам не должна отличаться более чем на 0,1 МПа для карбюраторных двигателей и на 0,2 МПа для дизельных. Если в цилиндр попадает избыточное количество масла, то в этом цилиндре может быть как минимальная, так и максимальная компрессия. Минимальная компрессия возникает в результате закоксовывания поршневых колец из-за образования смолистых веществ (продуктов сгорания масла и неполного сгорания топлива). В этом случае свеча имеет большой нагар на электродах. Неполное сгорание топлива может возникнуть вследствие неисправности свечи, неисправности в цепи высокого напряжения,

негерметичности закрытия клапанов и др. Высокая компрессия возникает из-за наличия уплотняющей пленки избыточного масла в меж кольцевом и цилиндрическом зазоре. В этом случае свечи всегда имеют нагар на электродах. Избыточное попадание масла в цилиндры может происходить в результате следующих причин: выхода из строя маслосъемных колпачков клапанов; повышенного износа направляющих втулок клапанов или наличия в них трещин; деформирования головки блока из-за перегрева (часто встречается в дизелях); износа или закоксовывания маслосъемных поршневых колец; повышенного давления картерных газов. Очень низкая компрессия может быть результатом поломки колец и прогара поршней. Этот дефект может быть установлен замером компрессии с заливкой в цилиндр (10...20) мл моторного масла. Если при этом компрессия возрастает хотя бы на 0,2 МПа, то можно считать, что этих дефектов нет. Кроме того, необходимо проверить герметичность закрытия клапанов. Для этого нужно установить поршень в ВМТ, включить скорость, установить ручной тормоз, спрессовать цилиндр воздухом давлением 0,2 МПа и стетоскопом прослушать наличие шумов на выходе воздуха в карбюраторе (в воздушном коллекторе дизеля), маслосливной горловине. По наличию шумов можно судить о больших неплотностях соответственно во впускном и выпускном клапанах, о пробое прокладки под головкой блока и неисправностях ЦПГ.

6. Проверяется наличие нагара на контактах крышки и бегунке), нагар счищается); замеряется и регулируется зазор между контактами прерывателя (для контактной системы зажигания), контакты зачищаются. При наличии высоковольтных пробоев или большого износа на контактах крышки и бегунка их необходимо заменить. При наличии люфта в подшипнике трамблер необходимо отремонтировать. При износе контактов прерывателя их также необходимо заменить.

7. Проверяются свечи зажигания после зачистки электродов и регулировки зазоров на стенде. В дизельных двигателях проверяются форсунки на соответствие давления впрыска и количество распыла на стенде. Проверяется на работоспособность свечи накаливания.

8. Проверяется и регулируется момент зажигания при помощи стробоскопа.

9. Производится регулировка холостого хода карбюратора, количество и качество смеси при помощи газоанализатора и тахометра. Проверяется, не забит ли в карбюраторе канал отбора картерных газов.