

ЛЕКЦИЯ-8

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ВЫБОРУ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ СМАЗКИ.

Основные подходы к выбору смазочных материалов при конструировании смазочных систем

Выбор смазочных материалов (СМ) производится для вновь проектируемых машин, для машин после их модернизации и для действующего оборудования при изменении условий эксплуатации. Выбор зависит от многих условий, основными из которых являются: конструкция узла трения, рабочий режим (нагрузка, скорость, температура), особенности рабочего и технологического процесса, внешняя среда (температура воздуха, его влажность, запыленность, наличие агрессивных газов и т.п.), квалификация обслуживающего персонала и удобство обслуживания механизма, требования надежности и экономические факторы. Поскольку выбор СМ начинается с оценки целесообразности применения минерального масла или пластичного СМ, то прежде всего сравним эти виды СМ.

Преимущества смазочных масел по сравнению с пластичными СМ следующие: более высокая стабильность и чистота; более низкий коэффициент внутреннего трения; лучшая работоспособность при высоких скоростях скольжения, при повышенных и при низких температурах; возможность фильтрации; возможность контроля за состоянием масла и его подачей; простота добавки и смены масла; возможность сбора отработанного масла и его регенерации. Особенно важным преимуществом является охлаждающее действие масел.

Недостатки смазочных масел: повышенные утечки через неплотности в разъемах корпусов и соединений маслопроводов; необходимость применения сложных уплотнений; повышенная пожароопасность.

Преимущества пластичных СМ: хорошая работоспособность при малых скоростях скольжения и высоких давлениях, при действии ударных и знакопеременных нагрузок, при частых остановках, а у специальных СМ – и при высоких температурах; возможность работы сопряжений при больших зазорах; хорошее удерживание в корпусах; хорошее заполнение зазоров в узлах трения и неплотностей корпусов подшипников, что препятствует загрязнению поверхностей трения. Однако в пластичных СМ возможно их расслоение, расплавление и вытекание при длительной работе в условиях повышенных температур. Смена СМ требует таких трудоемких процессов, как разборка и промывка механизмов. Конструктивные возможности при решении задач подвода пластичного СМ более ограничены.

Вопрос о выборе СМ при конструировании смазочной системы одной или нескольких однотипных кинематических пар решается относительно просто. Пластичные СМ применяют в парах скольжения тихоходных механизмов, в открытых зубчатых передачах и подшипниках качения, а также там, где можно избежать усложнения конструкции узла, связанного с использованием жидкого СМ. Однако при высоких скоростях скольжения или частотах вращения при использовании пластичного СМ возникают большие потери на трение, что повышает температуру СМ. Кроме того, при высоких частотах вращения происходит отбрасывание СМ от рабочих поверхностей.

Внутреннее трение повышается также при низких температурах; это может вызвать заклинивание и нарушение нормального функционирования узла. Пластичные СМ при использовании в приборах и механизмах управления могут не удовлетворять требованиям их чувствительности. Применение этих СМ не всегда возможно в узлах, не допускающих разборки и рассчитанных на длительную эксплуатацию. Все эти обстоятельства ограничивают область применения пластичных СМ.

В отношении жидких СМ отметим следующее:

- для механизмов, работающих в теплых помещениях, применимы масла со сравнительно высокой температурой застывания;
- чем меньше вязкость масла, тем меньше внутреннее трение;
- при сравнительно узком температурном интервале работы механизма масла могут иметь крутую вязкостно-температурную характеристику; это качество имеет важное значение, поскольку возможности получения масел с пологой характеристикой ограничены;
- маловязкие масла в случае нарушения плотности стыков и соединений дают большие утечки и легко разбрызгиваются;
- нагрузочная способность масел повышается с увеличением их вязкости.

Малые потери на трение при смазывании маловязкими жидкостями повышают КПД механизма, а также снижают температуру нагрева деталей, что иногда существенно, как, например, в станках для отделочных операций. Так, подшипники скольжения шпинделей шлифовальных станков смазывают смесью минерального масла с керосином или даже чистым керосином.

Критериями выбора СМ и способа смазывания для подшипников качения являются:

- 1) значение наибольшего контактного напряжения, как характеристика нагрузки;
- 2) параметр dn (d – диаметр вала, мм; n – частота вращения, об/мин), как показатель быстроходности.

С увеличением нагрузки и рабочей скорости СМ приобретает значение для теплоотвода. Вязкость СМ, применяемого для смазывания подшипников, должна соответствовать нагрузке: чем меньше нагрузка, тем меньше должна быть вязкость для максимального снижения потерь на трение и предупреждения чрезмерного нагрева подшипника. С увеличением скорости вязкость СМ должна снижаться. С учетом температурного фактора вязкость должна выбираться такой, чтобы при эксплуатационной температуре рабочая вязкость СМ не оказалась недостаточной.

Применение масел с противозадирными присадками для подшипников качения нецелесообразно, так как при наличии сепараторов из медных сплавов такие масла вызывают коррозию и, кроме того, некоторые присадки стимулируют изнашивание и выкрашивание рабочих поверхностей тел качения и колец.

Подвод и распределение смазочного материала

Место подвода СМ к поверхностям трения и способы распределения его по поверхности весьма важны для организации надежного смазывания.

Смазочные канавки служат для распределения подводимого СМ по поверхностям трения; повышения интенсивности охлаждения за счет большей прокачки СМ через подшипник; уменьшения утечки СМ; удаления твердых инородных частиц и продуктов изнашивания из СМ с поверхностей трения; аккумуляирования СМ и восстановления граничной смазочной пленки в местах ее разрушения.

Подвод СМ в зону трения производится следующими способами. Подвод через смазочные каналы (канавки).

Представление о роли смазочных канавок в расходе СМ при его прокачке через подшипник дают результаты опытов, приведенные в таблице 5.1. СМ подводился через центральное отверстие в цапфе и радиальное сверление, выходящее в канавку (при ее наличии). Давление СМ в магистрали 0,2 МПа.

Таблица 5.1 – Относительная прокачиваемость масла через подшипник в зависимости от расположения смазочных канавок ($d = 50$ мм; $l = 25$ мм; $s = 0,0178$ мм)

№ опыта	Расположение и характеристика канавки	Относительная прокачиваемость
1	Без канавок	1,0
2	Кольцевая канавка с острыми	4,4

	кромками	
3	То же, со скругленными кромками	
4	То же, со скругленными кромками и с уменьшенным основанием	4,9
5	Продольная канавка с острыми кромками	4,6
6	То же, со скругленными кромками	1,8

Смазочные канавки в опорных подшипниках в зависимости от расположения бывают продольные, наклонные, Х-образные, кольцевые, полукольцевые, винтовые и во фронтальной проекции рабочей поверхности круговой формы. Реже встречаются канавки V-образной формы продольного расположения. Разновидностями продольных канавок являются фаски и карманы. При подаче СМ самотеком лучшим местом его подвода является зона расширения клинового зазора, где при жидкостной смазке образуется разряжение. Возможно даже засасывание СМ из ванны, расположенной ниже подшипника. Подвод СМ к подшипнику целесообразен со стороны, диаметрально противоположной его наибольшему износу.

Подвод СМ к масляному клину при смазывании под давлением имеет то преимущество, что в рабочую зону попадает холодный СМ. Такой подвод наиболее приемлем при малой и умеренной нагрузках подшипника. Когда нет уверенности, что верхняя часть зазора заполняется СМ и что обеспечивается достаточное охлаждение вала, СМ подают со стороны выхода вала из масляного клина. Для улучшения подачи в верхней половине вкладыша делают кольцевую канавку.

При вращающемся вместе с валом векторе нагрузки в работающем подшипнике отсутствует зона, постоянно свободная от нагрузки, куда можно было бы подвести СМ. В этом случае подвод осуществляют через кольцевую канавку, расположенную в середине подшипника или вблизи его торца, а также через вал. Последний способ используют также при вращающемся корпусе и неподвижном вале с нагрузкой постоянного направления по отношению к нему. В связи с нарушением потока СМ, производимым кольцевой канавкой в зоне гидродинамического давления, применение ее допустимо при достаточной надежности подшипника. При внутреннем подводе через вал для выхода СМ в подшипнике делают радиальное или наклонное сверление. Наклонное сверление широко практикуется в коленчатых валах для подачи СМ под давлением к шатунным подшипникам. Для вала с вращающимся вектором нагрузки вместо сверления подбирают в соответствии с диаграммой нагрузки, так чтобы выход

СМ был в зоне наименьшего давления. Если же подшипник не может работать без СМ даже кратковременно, то следует сделать два сверления: одна из канавок всегда будет подавать СМ. При подводе СМ с торца надо добиться хорошей циркуляции его, что осуществимо подбором способа выхода СМ из подшипника.

Для интенсивной циркуляции СМ при подаче его в середину горизонтального подшипника делают на валу винтовые канавки, имеющие от середины цапфы разное направление: одна – левое, другая – правое. Винтовые канавки встречаются в конструкциях резиновых вкладышей. В некоторых машинах число точек смазывания бывает очень большим; так, грузовой автомобиль с задним и передним ведущими мостами имеет 59 смазочных точек (две из них требуют ежедневного смазывания), экскаватор имеет около 100 точек (из них 25 требуют ежедневного смазывания).

Чтобы обеспечить надежность смазочной системы и облегчить уход за ней, применяют многоточечные смазочные насосы с механическим или ручным приводом. В некоторых моделях автомобилей пластичный СМ ко всем точкам подается централизованно смазочным насосом с ножным приводом. На некоторых тяжелых грузовых автомобилях устанавливают автоматическую смазочную систему, которая работает от электронного блока управления. Промежутки подачи СМ можно регулировать от 10 мин до 3 ч, в зависимости от условий эксплуатации автомобиля. По сигналу блока управления открывается клапан и в пневмонасос поступает сжатый воздух. Насос начинает рабочий ход, повышая давление в смазывающей магистрали, и поршни дозирующих клапанов подают к точкам смазывания заранее определенные и строго отмеренные количества СМ. Затем поршни возвращаются, а клапаны «заряжаются» очередной порцией СМ. Работа системы не зависит от износа подшипников или изменения вязкости СМ.

Наиболее совершенными смазочными системами являются смазочные станции, обслуживающие большое число точек. Станции могут быть расположены на большом расстоянии от пункта подачи и в труднодоступных местах. Они подают СМ к автоматически дозирующим питателям, расположенным около узлов трения. Отечественной промышленностью выпускаются ручные станции производительностью 12 см³ за цикл и автоматические производительностью 100 и 500 см³/мин. Такие станции применяются, в частности, для смазывания механического оборудования прокатных цехов, кузнечно-прессового оборудования и др. СМ из герметически закрытого резервуара станции поступает по трубопроводам к узлам трения, не засоряясь механическими примесями.

Контрольные и предохранительные устройства

Для контроля подачи и состояния смазочного масла применяют указатели его уровня в баках и картерах, потокоуказатели, указатели давления и температуры. Простейшие из этих приборов и устройств служат для визуального наблюдения. Для измерения давления масла служат манометры; для измерения температуры – ртутные термометры, применяемые обычно в ответственных подшипниках для измерения температуры масла на выходе.

Предохранительные защитные устройства по характеру действия делят на автоматические и сигнальные. В задачи автоматической защиты входят: автоматическая остановка машины (агрегата) в аварийных условиях, вызванных нарушениями в смазочной системе; предупреждение ввода машины в действие при необеспеченности поверхностей трения смазочным материалом; автоматическое регулирование контролируемого параметра и ввод в действие резервных средств.

Назначение сигнальных защитных устройств – привлечь внимание персонала для принятия немедленных мер. Сигналы разделяют на нормальные и аварийные. Нормальные сигналы обычно световые, выполненные с помощью ламп зеленого, желтого или белого цветов. Используют также лампы двух цветов: одни свидетельствуют о наличии нормального питания на контролируемом объекте, другие должны гореть при нормальном состоянии рабочего параметра и гаснуть при нулевом значении параметра. Аварийные сигналы могут быть звуковыми (звонок, ревун), световыми и комбинированными – световыми и звуковыми. Если в качестве светового сигнала используют лампы красного света, то можно исключить световые сигналы нормального состояния рабочего параметра или по крайней мере они должны гаснуть при включении красного света. Световой сигнал может быть мигающим, для чего можно использовать лампу оповещения о нормальном состоянии параметра. Иногда используют дублирующий звуковой сигнал. Можно также ограничиться одной включенной лампой для нормальной и аварийной сигнализации, варьируя яркость. масла применяют автоматический контроль. В случаях, когда измерять температуру отработанного масла для суждения о перегреве поверхности трения затруднительно, необходимо контролировать температуру поверхности трения. Это относится, например, к направляющим тяжелых металлорежущих станков, где возможен местный перегрев.

Для автоматического контроля температуры используют ртутные термометры с электроконтактами, термостаты, термопары и другие датчики. В некоторых случаях целесообразно в смазочной системе иметь сигнализатор загрязненности масляного фильтра. Сигнализатор загрязненности масла (Японская заявка № 55-27067) имеет корпус, днище и сигнальный механизм. В корпусе смонтирован фильтр, заглушенный снизу крышкой. Для спуска отстоя предусмотрена пробка. Фильтр притянут винтовым штоком. Масло из смазочной системы попадает через патрубок внутрь корпуса, под давлением проходит фильтр и очищенное поступает по патрубку к узлу трения. В

случае засорения фильтра давление перед ним резко возрастает. Когда давление превысит допустимое, под действием разности давлений до и после фильтра специальный клапан преодолевает сопротивление пружины и замыкает контакты электрического сигнализатора (звукового, светового).

Конструктивные особенности смазочных систем

Параметры и элементы конструкции сточной или маслосборной цистерны (бака) смазочной системы играют важную роль в режиме циркуляционного смазывания. Кратность циркуляции масла в системе, т.е. отношение часовой массовой подачи главных масляных насосов к массе масла в цистерне, ограничивают во избежание сильного вспенивания масла в маслосборнике, выбрасывания его через суфлер и ускоренного окисления.

Общее количество масла в режиме циркуляционного смазывания редукторов определяют обычно из расчета (5...8) л на затраты 1 кВт мощности. При этом объем масла в маслосборнике или в масляной ванне принимают не менее трехминутного расхода его, доводя до 20-минутного расхода в крупных системах. В дизельных установках принимают кратность циркуляции 10...15, а в турбинных установках транспортных судов – 5...10, доводя ее до 18.

При определении вместимости сточной масляной цистерны необходимо резервировать дополнительный объем на случай возможного вспенивания масла из-за выделения из него воздуха и паров. Стекающее масло должно освободиться от воздуха и паров до поступления в следующий круг циркуляции. Сток масла в цистерну не должен вызывать возмущения его свободной поверхности. Штуцер для слива следует располагать так, чтобы струя масла не направлялась отвесно вниз (рисунок 1), так как это затрудняет подъем пузырьков воздуха и способствует пенообразованию за счет подсасывания воздуха из атмосферы. Поступающее масло можно направить на наклонный отражатель, что уменьшит скорость его стекания и вспенивания.

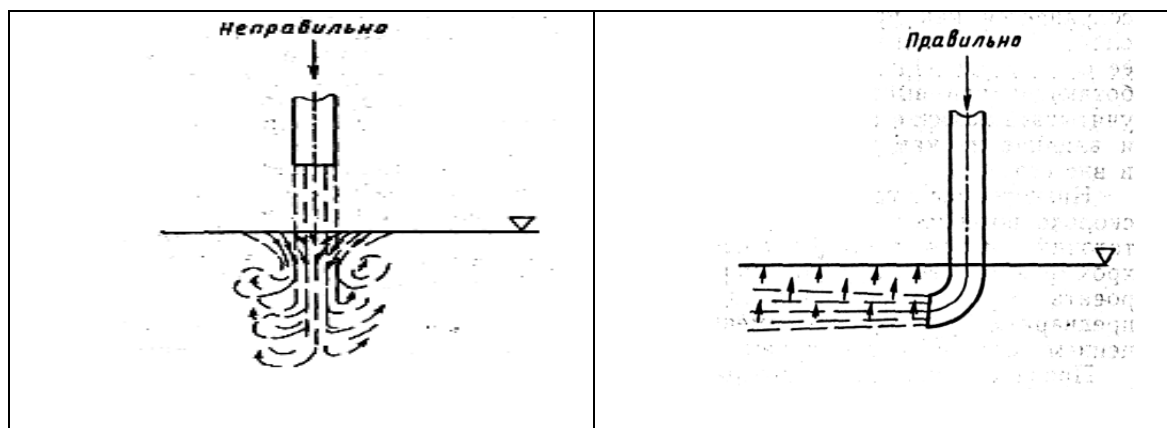


Рисунок 1 – Слив масла в бак

При недостаточном проходном сечении дренажной трубы в цистерне образуется подпор, который может привести к выбросу масла или другому нарушению нормального его слива от смазываемых объектов. Отверстия для сливных труб и места забора масла насосами должны быть расположены так, чтобы исключались застойные зоны и весь объем масла в цистерне участвовал в циркуляции. Это обеспечит высокую кратность циркуляции масла, что особенно важно для транспортных установок.

Рациональная конструкция масляного бака показана на рисунке 2-а. Бак разделен перегородкой с двумя рядами сеток (рисунок 2-б), которые можно вынимать для осмотра и очистки. Перегородка против отражателя поставлена для изменения направления движения масла, чтобы освободить его от загрязнения тяжелыми взвешенными частицами. Для лучшей очистки бака от шлама дно бака имеет скосы. Для лучшей очистки бака от шлама дно бака имеет скосы.

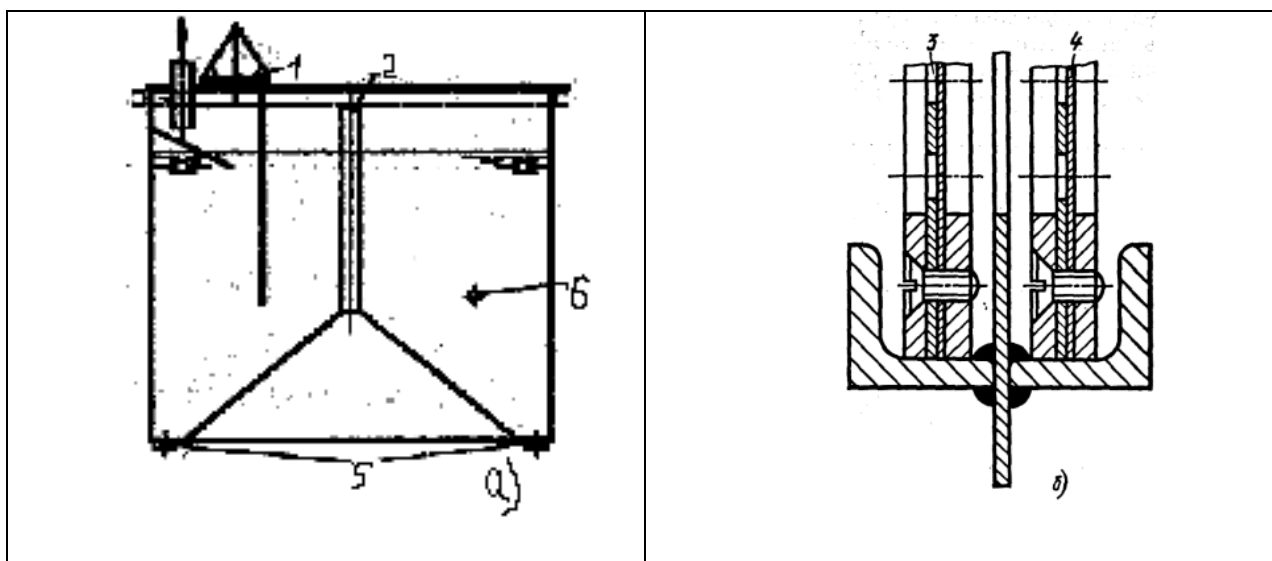


Рисунок 2 – Схема конструкций масляного бака (а) и перегородки (б):
1 – сапун; 2 – сетка; 3 – перегородка с отверстиями диаметра 10 мм;
4 – сетка с отверстиями 1 мм²; 5 – пробки отверстий для удаления шлама;
6 – отверстие для подачи масла насосом

Для удаления из бака накопившегося шлама целесообразно установить специальный отстойник. Обычно верхний кран отстойника открыт, а нижний закрыт. При удалении шлама верхний кран закрывают, а нижний открывают. Такая конструкция отстойника не только обеспечивает малые потери масла при

удалении шлама из системы, но и позволяет видеть через смотровое стекло, много ли шлама накопилось.

Для обеспечения пожарной безопасности маслопроводы прокладывают так, чтобы исключалось попадание масла через неплотности труб на горячие части оборудования. Прокладка труб над электрооборудованием не допускается.

Для уменьшения скорости окисления масла предпочтительны маслопроводы из стальных или алюминиевых труб. Желательно использование цельнотянутых стальных труб, более гладких внутри. Маслопровод в местах присоединения к механизмам должен обладать достаточной гибкостью, чтобы при малых напряжениях компенсировать температурные и вибрационные деформации. Это достигается либо использованием компенсаторов, либо установкой на металлических трубах гибких вставок. В случае упругоподвешенной машины труба должна быть присоединена в таком месте, где перемещения при колебаниях будут наименьшими. Должны быть приняты меры во избежание передачи колебаний от механизма к трубопроводу.