

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

**О. С. Володько  
М. С. Приказчиков**

**ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ГИДРОПОДЖИМНЫХ МУФТ  
КОРОБОК ПЕРЕДАЧ С ГИДРОУПРАВЛЕНИЕМ**

**Монография**

Кинель 2015

УДК 631  
В22

*Рецензенты:*

д-р техн. наук, проф. кафедры «Технология машиностроения»  
ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»

*И.Д. Ибатуллин;*

канд. техн. наук, зам. директора по науке  
ФГБУ Поволжской МИС

*П.А. Ишкин*

**Володько, О.С.**

**В22** Повышение ресурса гидроподжимных муфт коробок передач с гидроуправлением : монография / О. С. Володько, М.С. Приказчиков. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2015. – 157 с.  
**ISBN 978-5-88575-402-6**

В монографии освещено современное состояние вопросов повышения ресурса коробок передач с гидроподжимными муфтами. Предложен аддитивный критерий, характеризующий комплексное влияние качества поверхностей трения и смазочной среды на ресурс фрикционных дисков. Проведена оценка комплексного способа снижения водородного изнашивания и повышения ресурса фрикционных дисков фрикционно-механическим латунированием поверхностей трения и применением минерально-растительной смазочной композиции.

Монография рассчитана на научных работников, преподавателей, руководителей и специалистов сельского и автотранспортного хозяйств, студентов вузов и техникумов агроинженерного и транспортного профилей.

© Володько О.С., Приказчиков М.С., 2015

© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Основным ресурсопределяющим узлом механической коробки передач с гидравлическим управлением, например, тракторов «Кировец» производства ЗАО «Петербургский тракторный завод», является гидроподжимная муфта (ГПМ), обеспечивающая переключение передач без разрыва потока мощности. При реализации переключения передач вследствие буксования поверхностей трения ведущие и ведомые диски ГПМ испытывают большие термодинамические нагрузки, приводящие к их короблению и интенсивному изнашиванию. Это является причиной снижения фактического ресурса фрикционных дисков на 60% от регламентированного.

Ресурс ГПМ и технико-экономические показатели работы энергонасыщенной автотракторной техники, оснащенной механическими коробками передач с гидравлическим управлением, во многом зависят от параметров режима трения фрикционных дисков. Ухудшение режима трения приводит к интенсивному наводороживанию и увеличению износа дисков и, как следствие, к ухудшению динамических характеристик трактора и повышенному расходу топлива. Рациональный режим трения фрикционных дисков определяется эффективным сочетанием смазочной среды, материала и качества сопрягаемых поверхностей трения.

Поэтому актуальными являются исследования, направленные на улучшение режимов трения фрикционных дисков ГПМ путем модификации и повышения уровня насыщения контакта поверхностей трения, а также трибологических свойств смазочного материала.

Гидроподжимные муфты механической коробки передач с гидравлическим управлением тракторов типа «Кировец» работают в сложных эксплуатационных условиях. Исследованиями установлено, что фрикционные диски ГПМ испытывают большие тепловые и динамические нагрузки, вызывающие ухудшение режима трения и снижение нормативных показателей работы дисков.

Разработки отечественных и зарубежных ученых в области повышения ресурса ГПМ связаны в основном с упрочнением поверхностей трения фрикционных дисков или их восстановлением. Важным показателем эффективности работы ГПМ является повы-

шение передаваемого крутящего момента увеличением площади фактического контакта фрикционных дисков.

В числе перспективных направлений исследования процесса трения анализируются методы модифицирования поверхностей трения, снижения водородного изнашивания, альтернативного использования минерально-растительных смазочных композиций (МРСК) в качестве гидравлических рабочих жидкостей и трансмиссионных масел.

Применительно к ГПМ тракторных коробок передач вышеуказанные научные направления характеризуются рациональным составом МРСК, модификацией поверхностей трения и уровнем насыщения их контакта. Поэтому данные вопросы требуют дальнейших теоретических обоснований и разработки новых технических решений.

# **1. УСЛОВИЯ РАБОТЫ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА КОРОБОК ПЕРЕДАЧ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ**

## **1.1. Анализ условий работы коробок передач с гидравлическим управлением**

При работе тракторов на участках относительно малых размеров и с неровной поверхностью для поддержания высокой загрузки двигателя требуется частое переключение передач. Изменения средней скорости движения вызывает снижение производительности. Наиболее рациональными в этом отношении являются коробки передач с гидравлическим управлением и переключением передач без разрыва потока мощности в пределах диапазона.

Коробка передач с гидравлическим управлением служит для преобразования крутящего момента по величине и направлению, изменения силы тяги на ведущих колесах, скорости и направления движения, характеризующейся числом ступеней и передаточными числами вводимых в зацепление соответствующих шестерен, обеспечения длительного разъединения двигателя, ведущих колес и возможности движения задним ходом.

Технический уровень современных тракторов и автомобилей и эффективность их использования в значительной мере зависят от типа трансмиссии, числа передач, передаточного отношения между ними, способа переключения передач, надежности, стоимости, а также таких основных элементов коробки передач и соединений которые часто выступают в роли ресурсопределяющих как шестерни, подшипники, шлицевые соединения, фрикционные диски.

На тракторах марки «Кировец» применена механическая трансмиссия с переключением передач без разрыва потока мощности. Это механическая коробка, с шестернями постоянного зацепления, 16-скоростная (четырёхрежимная), с гидравлическим управлением четырьмя гидроподжимными муфтами (ГПМ) и механическим управлением режимами с помощью зубчатых муфт.

Традиционная муфта сцепления, разъединяющая двигатель и коробку передач, в данной трансмиссии отсутствует, ее заменяет соединительная муфта. Переключение передач производится устройствами в самой коробке передач, а именно гидроподжимными муфтами. На ведущем валу коробки установ-

лено четыре аналогичных по устройству ГПМ, но имеющих на ведомом барабане шестерни с разным числом зубьев, что даёт возможность каждой из них включить одну передачу. ГПМ состоит из набора ведущих и ведомых стальных дисков, барабана, и нажимного диска. Ведущие диски связаны с валом, получающим вращение, равное частоте вращения коленчатого вала.

Конструкция ведущего вала, устанавливаемого в коробки передач тракторов семейства «Кировец» имеет четыре ГПМ, каждая из которых имеет: 5 ведущих и 6 ведомых дисков для 2, 3 и 4 передач; 6 ведущих и 7 ведомых дисков – для первой передачи. Высота

пакета дисков соответственно составляет 35,2...37,0 мм и 40,3...44,8 мм. Ведомые диски фрикционов соединены со свободно вращающимися шестернями. Включение фрикциона осуществляется давлением масла, поступающего в бустер. Нажимной диск сжимает пакет фрикционных дисков под давлением 0,8...0,9 МПа, передавая крутящий момент с ведущего вала на шестерни включаемой передачи и далее на промежуточный вал [112, 167, 168, 169].

Повышение ресурса тракторных силовых передач непосредственно связано с оценкой режимов трения характерных сопряжений с опережающим износом (шестерни, подшипники, фрикционы и т.д.).

Рабочие поверхности зубьев шестерен, имеющих твердость рабочих поверхностей 57...63 HRC воспринимают контактные давления, достигающие порой 2000 МПа [28, 94]. Их предельное состояние в большей степени определяет не изнашивание рабочих поверхностей, а выкрашивание и сколы зубьев [167]. Ввиду этого за критерий предельного состояния шестерен принимают техническое состояние рабочих поверхностей зубьев, изменяющее условия работы зацепления [69]. Изменение профиля зацепления, вследствие изнашивания и выкрашивания по всей длине зубьев, приводит к повышению динамических нагрузок во время их сопряжения. При превышении допустимых значений динамические нагрузки приводят к поломке зубьев. При этом процесс изнашивания зубьев шестерен, изготовленных в соответствии со всеми требованиями, не является интенсивным. Износ за 6000...8000 мото-ч достигает менее 40% средней толщины упрочненного слоя.

Выкрашивание на рабочей поверхности зубьев ведет к изменению формы и расположения пятна контакта. При этом фактиче-

ская площадь контакта может как увеличиваться, так и уменьшаться.

В работе [167] автор указывает, что при эксплуатации тракторов К-700, К-701, после начала поверхностного выкрашивания при наработке 3000 мото·ч, шестерни остаются работоспособными в течение периода, в 2...3 раза превышающего наработку, соответствующую появлению начального выкрашивания. При этом максимальная доля площади выкрашивания на рабочих поверхностях шестерен, являющихся работоспособными до разборки трансмиссии, составила 60...70%. Это свидетельствует о том, что предельное состояние при выкрашивании и сколах зубьев шестерен можно определить из условия размещения пятна контакта на оставшейся площади рабочей поверхности зубьев.

Шлицевые соединения шестерен с валами изнашиваются вследствие относительных перемещений в соединении при пульсирующем воздействии окружной силы. Предельное состояние закаленных шлицев может определяться изнашиванием закаленного слоя, имеющего повышенную твердость. Изменение изнашивания во время работы происходит поэтапно. В начальный период приработки шлицевых соединений, практически не превышающий время обкатки (30...60 мото·ч), микрорельеф поверхностей переходит от исходного состояния (после технологической обработки) к эксплуатационным. Трение в этот период обусловлено небольшим числом контактирующих выступов, при этом истинные напряжения на образующихся площадках фактического контакта достигают небольших значений, а интенсивное разрушение происходит из-за образовавшихся при механической обработке неровностей, накопления в зоне трения твердых продуктов износа и загрязнений, их дробления и пластического деформирования, сопровождаемого наклепом тонкого поверхностного слоя. Таким образом, изнашивание обусловлено в основном процессами воспроизводства единичных микронеровностей, изменением формы поверхностей трения и характеризуется прогрессивным возрастанием интенсивности изнашивания.

Данная закономерность изнашивания характерна также для подшипников качения и кольцевого уплотнения бустера фрикциона, которое в процессе эксплуатации значительно теряет герметичность [167]. Под действием центробежного поля вращающегося ведущего вала абразивные примеси, содержащиеся в масле, от-

брасываются на периферию и оседают на цилиндрической поверхности бустера в виде абразивного налета. При последующем выключении фрикциона, уплотнительные кольца бустера, скользя по этому налету, интенсивно изнашиваются.

Гидроподжимные муфты коробки передач трактора «Кировец» работают в масляной среде и имеют меньшие габаритные размеры по сравнению с сухими муфтами. Наличие масляной пленки обеспечивает улучшение противозадирных свойств и допускает более высокие давления на рабочих поверхностях фрикционных дисков. При этом масло охлаждает фрикционные диски ГПМ интенсивнее, чем воздух. Более стабильные значения коэффициента трения фрикционных элементов, работающих в масле, позволяют уменьшить габаритные размеры узлов трансмиссии. В ГПМ трансмиссий тракторов «Кировец» применяются стальные диски или смешанная пара: сталь – металлокерамика. Ведомые диски фрикционов изготавливаются из стали 40ХЗМ2ФА, ведущие из сульфацианированной стали 65Г [167]. Такое сочетание обеспечивает достаточно хорошую прирабатываемость и износостойкость рабочих поверхностей.

По данным ряда работ [18, 21, 64, 165, 167, 168], ГПМ являются самыми недолговечными элементами коробки передач (табл. 1.1).

В работе О.С. Володько [21] указывается, что в условиях Самарской области средняя наработка тракторов «Кировец» до первого капитального ремонта составляет 4500...5750 мото-ч.

В работе Е.А. Шувалова [167] приведен анализ результатов обмеров дисков фрикционов коробок передач, поступивших в капитальный ремонт, в результате которого установлено, что диски в одном пакете изнашиваются неравномерно. При этом более неравномерный износ имеют ведомые диски 41...93%. В процессе эксплуатации фрикционные диски ГПМ подвергаются большим термодинамическим нагрузкам. При переключении передач, и особенно в период трогания нагруженного трактора с места, поверхности трения ведущих и ведомых дисков подвергаются мгновенному разогреву вследствие их интенсивной пробуксовки. Термические напряжения вызывают изменение плоскостности фрикционных дисков – коробление [79].

В работе Г.П. Шаронова [165] приведены данные микрометража 2 тысяч ведущих и ведомых фрикционных дисков при ре-



монте ведущих валов. Анализ результатов измерений показал, что практически все диски имели превышающее допустимые значения коробления, у 20% диаметральной усадка была не более 0,5 мм (в пределах допустимого значения), а 74% не имели ее вовсе, у 6% – свыше 0,5 мм. У 60% дисков износ не превышал допустимых значений. При этом наибольшее коробление имели диски первой передачи: ведомые – до 7,9 мм и ведущие – до 2,1 мм. Обычно диски с большим износом имеют максимальное коробление.

Фрикционные диски ГПМ трактора «Кировец» имеют достаточно высокую прочность. Их поломка является следствием термических напряжений, возникающих при нарушении условий эксплуатации, а не уменьшения толщины пакета дисков в процессе изнашивания. Так, в условиях нормальной эксплуатации толщина фрикционных дисков в ГПМ коробок передач трактора К-701 может достигать 0,4 мм (13% от номинального размера). Критерием предельного состояния ГПМ коробки передач трактора «Кировец» выступает не только предельное значение толщины фрикционного диска (1,0 мм) и величина его коробления (4,0 мм), но и обусловленная размером пакета фрикционных дисков величина свободного хода нажимного диска: минимальный (29...35,5 мм); максимальный (42...49 мм).

Таблица 1.1

Показатели безотказности элементов коробки передач трактора «Кировец»

Элементы коробки передач	Наработка на отказ, ч
Уплотнения	1820
Подшипники	1366
Зубчатые колёса	1085
Гидроподжимные муфты (фрикционные диски)	805

Фрикционный диск, из-за неравномерного расположения зон контакта, во время буксования нагревается неравномерно, причем объемная температура в зоне контакта может достигать 400...600°С [111, 167]. В разогретой зоне за счет радиального перепада температуры возникают сжимающие напряжения, обуславливая термические напряжения и создавая благоприятные условия для пластических деформаций сжатия. В процессе охлаждения во фрикционном диске возникают остаточные напряжения с обрат-

ным знаком. Таким образом, фрикционный диск за цикл «нагрев-охлаждение» получает пластическую деформацию сжатия.

В процессе работы ГПМ при смещении зоны трения по поверхности диска в другое место пластическую деформацию сжатия получит соответственно другой участок диска, тем самым накапливая необратимые деформации фрикционного диска с каждым включением ГПМ, направленные в сторону уменьшения радиального размера диска (усадка).

Механическая коробка передач с гидравлическим управлением энергонасыщенных тракторов является самым теплонапряженным элементом их трансмиссий, при этом теплоотдача в масло может составлять 25000 кДж/ч [168]. Кинетическая энергия, превращающаяся на поверхности фрикционных дисков в тепло, определяется величиной скорости скольжения поверхностей дисков. Высокая температура порождает напряжения, снижает способность материала противостоять этим напряжениям, вызывает структурные изменения и снижает предел текучести.

Однакодействие температурных напряжений не ограничивается лишь одной усадкой фрикционного диска. Как известно из работ П. П. Горбунова, К.Я. Львовского и А.М. Каца [30, 74], наличие в упругой системе напряжений сжатия способно вывести эту систему из устойчивого состояния. По отношению к фрикционному диску это означает, что при определенных условиях он может покоробиться (потерять плоскую форму). Известны две формы коробления дисков: «тарелкой» и «восьмеркой». Первый вид коробления возникает, когда напряжения сжатия сосредоточены у внутреннего радиуса диска, если же они возникают у наружного радиуса, происходит коробление «восьмеркой».

Было установлено [74, 161], что в любой точке диска напряжения имеют разный знак при нагреве и охлаждении, т.е. происходит циклическое нагружение материала со значительной амплитудой. Число таких циклов за время эксплуатации трактора сравнительно невелико  $(1...2) \cdot 10^4$ , и действующие в диске напряжения не достигают предела выносливости. Однако может наступить малоцикловая усталость материала фрикционных дисков, вызванная наличием в диске каких-либо концентраторов напряжения, обусловленных технологическими погрешностями изготовления.

В работах А.В. Бойкова, Б.А. Добрякова, М.Г. Пантюхина, Е.А. Шувалова и др. [111, 167, 168, 169] указывается, что парамет-

ры, определяющие долговечность фрикционного узла, должны прежде всего характеризовать его тепловую напряженность. Такими параметрами являются удельная максимальная мощность  $N_{уд}$  и удельная работа буксования  $A_{уд}$ .

$$N_{уд} = \max \left[ \frac{M_{фтр} \omega_{отн}}{S_{тр}} \right], \quad (1.1)$$

$$A_{уд} = \frac{1}{S_{тр}} \int_0^{t_6} M_{фтр} \omega_{отн} dt, \quad (1.2)$$

где  $S_{тр}$  – площадь поверхности трения,  $m^2$ ;

$t_6$  – время процесса буксования, с;

$M_{фтр}$  – момент трения буксующей ГПМ, Нм;

$\omega_{отн}$  – относительная угловая скорость вращения ведущих и ведомых дисков трения, рад/с.

Хэвиленд, Роджерс и Девинсон в ходе исследований [171] установили, что сразу же после подачи усилия на диски для их смыкания температура на поверхности дисков начинает повышаться по параболическому закону, причем максимум температуры (примерно на  $200^\circ C$  выше температуры масла в картере) отмечается в момент, когда диски входят в контакт примерно на 70 %, а температура масла в картере за время одного контакта дисков (которое составляет 0,5...1 с) повышается всего на  $3^\circ C$ . Температура масла в картере измерялась в пределах  $40...150^\circ C$ , при этом температура поверхности дисков практически не менялась.

Г.И. Кичкин и А.В. Виленкин [77] установили, что механические коробки передач с гидравлическим управлением работают удовлетворительно при температуре масла в картере в пределах  $125...140^\circ C$  и не ниже  $90...100^\circ C$ . При более высоких температурах коробка передач обычно начинает работать с перебоями, а при длительной работе в условиях повышенной температуры агрегат может полностью выйти из строя.

Между тем следует отметить, что стальные фрикционные диски даже при хорошей прирабатываемости имеют фактическую площадь контакта не более 0,1% от номинальной или 10% от контурной [59, 115, 143, 165].

Площадь контакта зависит от равномерности распределения давления на поверхности дисков при сжатии их в ГПМ, а также

равномерного распределения толщины диска по рабочей поверхности. Как показали исследования Е.А.Шувалова [167], вследствие деформации фрикционных дисков давление сжатия пакета по внутреннему диаметру дисков может быть больше. Разная толщина и неплоскостность дисков после изготовления влияют на величину рабочей поверхности дисков (фактической площади контакта) до приработки и от их значений зависит ресурс дисков.

Таким образом, из вышесказанного следует, что фрикционное взаимодействие твердых тел, а именно дисков фрикциона, является сложным процессом. Режим граничного трения работы дисков ГПМ, изменение их геометрии, высокая нагрузка и температура наряду с абразивным изнашиванием обуславливает наличие такого явления, как сорбция атомов водорода в поверхностные слои фрикционных дисков [6]. Скорость диффузии водорода в твердых металлах в связи с малой величиной атомов водорода значительно выше, чем других элементов. При всех видах износа в зоне контакта образуется большое количество свободного водорода (в основном за счет деструкции смазочной среды).

Водород, выделяясь вследствие трибодеструкции смазки и окружающей среды (паров воды и др.), частично из материалов пары трения ускоряет изнашивание, а зачастую является его первопричиной. Диффузия водорода в деформируемый слой стали обуславливает эффект наводороживания в процессе трения в точках концентрации, вызывая разрушение поверхностных слоев, при этом скорость диффузии зависит от градиентов напряжений и температур. Все трущиеся поверхности стальных деталей подвержены повышенному изнашиванию в следствии наводороживания. Водород оказывает характерное действие на фрикционные диски (при температуре более  $100^{\circ}\text{C}$ ) мгновенным разрушением поверхностного слоя ввиду перенасыщения водорода в местах его скопления. Это приводит к образованию частиц износа весом  $0,001...2,33$  г [6]. Проникая в зародышевые трещины, полости, межкристалльные границы и другие зоны материала водород расширяет эти полости. Образовавшиеся при этом множественные трещины, сливаясь, разрушают поверхностный слой фрикционного диска, образуя абразивные частицы. В свою очередь, разрушение поверхностей трения уменьшает фактическую площадь контакта и вызывает ускоренное изнашивание фрикционных дисков.

По данным ряда работ [167, 168, 169] самой недолговечной является ГПМ первой передачи. Она испытывает наибольшие механические и тепловые нагрузки в процессе буксования при начале движения тракторного агрегата. Последующий переход на более высокую передачу лишь увеличивает теплонапряженность работы данного узла вследствие буксования при переключении передач без разрыва потока мощности.

Таким образом, ресурсопределяющими элементами коробки передач трактора «Кировец» являются фрикционные диски ГПМ ведущего вала. Как показал анализ, несовершенство данного механизма проявляется в большей степени в технологических недостатках ГПМ, а именно в физико-технологических параметрах поверхностей трения, следствием чего является повышенное тепловыделение, обуславливающее ряд явлений, способствующих ускоренному износу дисков трения при буксовании в момент переключения ГПМ.

Величина площади фактического контакта стальных фрикционных дисков в пакете ГПМ составляет не более 8..10% контурной. Пятна контакта обычно группируются в виде одного или нескольких концентрических колец со случайным радиусом ближе к внутреннему диаметру фрикционного диска. Из-за неравномерного расположения зон контакта фрикционные диски во время буксования нагреваются неравномерно, что приводит к возникновению термических напряжений, водородному изнашиванию, разрушению и короблению дисков ввиду достаточно высокой нагрузки.

## **1.2. Обзор основных направлений повышения ресурса фрикционных дисков**

В основу конструкции новой машины закладывается, по возможности, наибольшая ее производительность, что почти всегда сопровождается повышением механических и тепловых нагрузок подвижных сопряжений. В связи с этим перед конструкторами стоит задача создания новых, более современных узлов трения. В целом можно определить следующие критерии оптимизации при разработке узлов трения [9]:

- оценка и выбор принципиальной схемы работы узлов трения с точки зрения их влияния на износостойкость и надежность машин в целом;
- выбор материалов и сочетание их в парах трениях (фрикционные диски в зависимости от назначения изготавливают из конструкционных, фрикционных и износостойких материалов);
- назначение размеров и конфигураций фрикционных дисков с учетом местной и общей прочности;
- разработка мер по уменьшению общих и местных перегрузок;
- обеспечение нормального функционирования ГПМ в заданных условиях с помощью смазочной системы, защиты от загрязняющего действия среды, блуждающих токов и перегрева от посторонних источников тепла, воздействующих на узел в процессе работы;
- обеспечение эксплуатационной технологичности конструкции;
- защита трущихся поверхностей от возможных аварийных повреждений при эксплуатации;
- разработка средств диагностирования узлов трения.

Необходимо учитывать, что многие машины и механизмы работают в запыленной или загрязненной среде. На открытые поверхности трения машины возможно попадание окалины, ржавчины, металлической или иной стружки и др., что обуславливает необходимость защиты поверхностей трения от загрязнений. А это, как правило, защита открытых узлов трения, герметизация закрытых корпусов в местах выхода валов или других неподвижных деталей, очистка рабочих жидкостей (смазочного материала и др.), удаление загрязнений из топлива, воздуха, газов.

Однако конструктивное совершенство и высокое качество изготовления узлов машин не гарантируют длительной и безаварийной работы. Дополнительным условием является грамотная техническая обкатка, эксплуатация и целесообразная система ремонтов.

Важнейшей характеристикой ГПМ является ресурс их работы. Этот ресурс определяется в основном износостойкостью и выносливостью фрикционных дисков при различных механических воздействиях.

Одним из способов повышения долговечности трибосопряжений является применение металлоплакирующих смазок, обеспечивающих безызносное трение в результате самоорганизации в зоне фрикционного контакта за счет автоколебательных трибохимических реакций [4, 5, 26, 87, 99]. Металлоплакирующие смазки готовят обычно введением в стандартные смазки металлосодержащих компонентов. Наиболее часто в качестве такого компонента применяется медь и ее соединения [26], а также сочетания меди (или ее соединения) с другим металлом (или его соединением), в качестве которого используют чаще всего свинец, олово, никель, молибден и некоторые другие [88, 99, 159].

При рассмотрении решения проблемы снижения трения и защиты от износа трущихся поверхностей выделяют также применение разнообразных специальных присадок к рабочим жидкостям (маслам). Сюда могут быть отнесены так называемые функциональные комплексы, предназначенные для поддержания и восстановления свойств стандартного пакета присадок масла, и присадки-стабилизаторы, действующие в основном как «реаниматоры» вязкости и термической стойкости масла. На фоне выше перечисленного можно выделить составы, предназначенные непосредственно для изменения трибологических свойств поверхностей трения ресурсопределяющих сопряжений. Все многообразие существующих препаратов в некотором приближении можно разделить на следующие классы: модификаторы трения, реметаллизанты и кондиционеры металла [4, 5].

**Модификаторы трения** – представляют собой специальные вещества или соединения, состоящие из мелкодисперсных частиц, например, тефлона, дисульфида молибдена и т.д. Принцип их действия сводится к формированию на трущихся поверхностях защитных пленок, снижающих трение за счет легкого сдвига в плоскости скольжения, практически не защищающих от изнашивания трущиеся пары. Основное предназначение таких составов – снижение сил трения. К ним можно отнести такие составы, как «Аспект модификатор», «Форум», «Форсан», «STP-XEP», «Super-X with Teflon», «LuquiMoly-MoS» и др. К основным их недостаткам можно отнести возможное отрицательное влияние на физико-химические свойства масла и осаждение частиц на масляном фильтре.