

УДК 621.892:629.083

## ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ТРИБОЛОГІЧНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ РУХОМИХ СПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ З МАСТИЛЬНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

**С. В. ЛИСЕНКО**, к.т.н., доц.

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

*E-mail: aulinvv@gmail.com*

Підвищення ресурсу функціонування рухомих спряжень деталей силових агрегатів транспортних машин (ТМ) з моторною та трансмісійною оливами розглянуто виходячи з підвищення їх трибологічної ефективності. Показано, що якість робочих олив і конструктивні характеристики силових агрегатів доповнюють одна одну. З'ясовано, що покращення умов роботи моторних і трансмісійних олив, їх показників та властивостей забезпечує не тільки високий рівень надійності ТМ, але і трибологічну ефективність рухомих спряжень деталей та зниження витрат паливо-мастильних матеріалів. Визначено, що композиційні добавки з високомодульними наповнювачами на основі геомодифікаторів дозволяють підвищити ресурс силових агрегатів ТМ на основі зміни фізико-хімічних показників та експлуатаційних властивостей робочих олив. Виявлено механізм дії таких добавок й обґрунтовано причини та характер змін показників і властивостей олив. Встановлено також найсприйнятливіші режими функціонування спряжень деталей з мастильним середовищем в залежності від складових композиційної добавки.

Показано, що мастильні властивості моторних і трансмісійних олив покращують при додаванні добавки їх поверхнево-активними речовинами (ПАР), функціональних присадок, які на робочих поверхнях деталей формують міцні полімолекулярні шари, що запобігають інтенсивному зношуванню в експлуатаційному діапазоні навантажень, швидкостей та температур в спряженнях деталей силового агрегату ТМ. Під дією поля навантажень на робочих поверхнях спряження деталей в зоні тертя відбуваються процеси конкурентної фізичної адсорбції молекул ПАР компонентів добавки. Більш активні молекули витісняють з поверхні менш активні і через латентний період часу настає рівноважний стан, при якому на поверхні тертя деталей спряження формуються антифрикційний шар або плівка, а також приповерхневий шар композиційної оливи. Товщина сформованого шару (плівки) залежить від величини силового поля навантажень, активності молекул композиційної оливи, їх концентрації та асоціативного стану. Оскільки після припрацювання спряжень деталей силове поле навантажень залишається незмінним, то поверхнева активність молекул ПАР добавок залежатиме від величини постійного дипольного моменту їх полярно-активної частини в оливі.

Молекули компонентів композиційної добавки, що знаходяться в об'ємі оливи, взаємодіють між собою, утворюючи різні за будовою і формою

надмолекулярні структури композиційної оливи в приповерхневому шарі. Така взаємодія має електромагнітну природу, а інтенсивність утворення надмолекулярних структур в приповерхневому шарі залежить від концентрації присадки у оливі та дипольного моменту молекул ПАР. Зі збільшенням концентрації цих молекул у оливі, модифікованій композиційною добавкою на основі геомодифікатора, росте кількість їх зіткнень з утворенням асоціатів в приповерхневому шарі композиційної оливи. По досягненню деякого порогового значення концентрації практично усі молекули компонентів композиційної добавки будуть знаходитись в асоційованому стані.

Дослідженнями фізико-хімічних характеристик і властивостей моторних і трансмісійних олив показано, що концентрації присадок в них перевищують порогові значення. Це свідчить про те, що більшість молекул присадок в оливі у приповерхневому шарі знаходяться в асоціативному стані і мають надмолекулярну структуру. Такого роду стани композиційної оливи перешкоджають ефективному формуванню граничних мастильних шарів на робочих поверхнях спряжень деталей через зв'язки між собою полярно-активних частин молекул компонентів композиційної добавки на основі геомодифікатора. Вони розташовуються усередині асоціату, а неполярні вуглеводневі радикали – зовні.

Крім того, дослідження властивостей приповерхневих до робочих поверхонь деталей шарів композиційної оливи показали, що мають характер неньютонівської рідини. У таких рідинах відповідно менша кінематична в'язкість та підвищена ефективна швидкість зсуву її під шарів.

Показано, що в основі руху і теплообміну неньютонівських композиційних олив лежать пружнопластичні деформації і реологічні властивості та описуються закономірностями фізико-хімічної механіки. З точки зору фізичної хімії поведінку композиційної оливи можна розглядати, як неньютонівську рідину, а з точки зору реології – можливо побудувати математичну та фізичну моделі її поведінки.

Виявлено структурні ускладнені перетворення у приповерхневих шарах композиційної оливи в процесі експлуатації призводять до поверхневого мезоморфізму. Для виявлення цієї властивості використано непрямі методи оцінки характеристик та властивостей олив. Виходячи з визначення поверхневого натягу, з'ясовано: чим вища поверхнева активність компонентів композиційної оливи у приповерхневому шарі, тим більшою мірою проявляється тенденція до виходу її молекул на поверхню тертя та реалізації явища адсорбції.

Виявлено, що дія композиційних олив на робочу поверхню деталі передусім залежить від їх фізико-хімічних характеристик та властивостей. Експериментальні дослідження коефіцієнта тертя також свідчать про те, що при збільшенні навантаження складові композиційної добавки починають працювати більш ефективно. Покращення триботехнічних характеристик пов'язані із структурними перебудовами композиційних олив у приповерхневому шарі. При мінімальному значенні коефіцієнта тертя довгі осі

молекул розміщуються паралельно робочих поверхонь деталей, що істотно зменшує силу тертя і відповідно знос деталі й зазначене обумовлює організації стану самоорганізації. При подальшому збільшенні концентрації присадки довгі осі молекул орієнтуються перпендикулярно до робочих поверхонь деталей, збільшуючи коефіцієнт тертя, тобто зарощується простір зазору між спряженими деталями і проявляється тенденція до реалізації стану облітерації.

Виявлено, що характеристики в'язкості структурованих композиційних олив, у приповерхневому шарі, які за властивостями можна віднести до неньютонівських рідин, не можуть бути виражені одним параметром  $\eta$ . З реологічної точки зору їх доцільно оцінювати функціональною залежністю швидкості зсуву від напруження зсуву. Ця залежність на практиці набуває більш складного характеру і пояснюється особливостями структуризації та асоціації компонентів композиційної добавки на основі геомодифікатора в оливі. При незначному напруженні зсуву структурний каркас композиційної оливи зазнає пружних, цілком зворотних деформацій. Деформації, що відбуваються до межі плинності, протікають без порушення цілісності структурного каркаса та характеру взаємодії. Такий стан композиційної оливи можна описати моделлю Шведова-Бінгама.

У деяких композиційних олив в процесі експлуатації структурний каркас в області переходу до встановленої межі плинності руйнується так інтенсивно, що напруження зсуву не підвищується, а знижується, при збільшенні швидкості зсуву. Зазначене свідчить, що основний вплив на стабільність композиційних олив, здійснює не величина концентрації добавок, а міра їх надмолекулярної асоціації.

Виникнення умов реалізації процесів самоорганізації робочих поверхонь спряжень деталей з мастильним середовищем пов'язується з наявністю в композиційній оливі на основі геомодифікатора активних компонентів. Дія складу композиційних добавок, їх активних компонентів може ініціювати трибохімічні реакції та фазові перетворення з утворенням на поверхнях деталей вторинних структур, які під дією навантажувально-швидкісного фактору спрацьовуються та відновлюються, забезпечуючи формування антифрикційного шару композиційної оливи або антифрикційної захисної плівки.

Вважаючи процес тертя, як сукупність великого числа актів механічної взаємодії мікронерівностей спряжених поверхонь деталей, розглянемо механізм створення антифрикційної плівки. Визначено, що порушується рівноважний стан поверхневих шарів спряжених деталей, що відповідає мінімуму потенціальної енергії деформованої зони. Накопичення енергії пружних деформацій в поверхневих шарах деталей змінює механічні властивості та теплофізичні характеристики їх матеріалів. Зважаючи на малість об'ємів поверхневих шарів, значення накопиченої енергії може виявитись критичними для переходу його в особливий, надзбуджений стан – трибоплазму. Такий стан є нестійким і швидко релаксує, переходячи до початкового стану, постадійно створюючи реакційноздатні сполуки, що мають радикальну, іонорадикальну

або іонну структуру, а також вторинних структур.

Зазначені процеси супроводжуються емісією електронів з поверхні тертя в композиційну оливу. Електрони, співударяючись з молекулами оливи і атомами речовин компонент добавки, збуджують їх. Це може привести до іонного розпаду структури молекул активних компонентів добавки, що є спусковим механізмом формування на спряжених поверхнях деталей захисних плівок з продуктів трибохімічних реакцій та фазових перетворень. Наслідком описаних процесів є вибіркова адсорбція іонів протилежного знаку, які беруть участь у добудові кристалічної ґратки твердої фази на металевій поверхні деталей під дією когезійних сил або формуванні приповерхневий шар в результаті золь-гель фазових перетворень.

Таким чином, з'ясовано формування неньютонівських характеристик приповерхневого шару композиційної оливи та захисної антифрикційної плівки на робочій поверхні деталі, що безпосередньо впливає на підвищення ресурсу силових агрегатів транспортних машин. Отримано залежність коефіцієнта поверхневого натягу моторної оливи та динамічної в'язкості від концентрації композиційної добавки на основі геомодифікатора КГМТ-1 при різних рівнях температури, які свідчать про покращення стану моторної і трансмісійної оливи та подовження терміну їх використання.

### Список використаних джерел

1. Аулін В.В. Підвищення експлуатаційної надійності машин шляхом модифікування моторної оливи / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик // Вісник Харківського нац. техн. університету сільськ. господарства. Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва. 2010. – Вип. 100. – С. 127-133.

2. Аулін В.В. Експрес-оцінка впливу моторних олів і присадок до них на характеристики зносу робочих поверхонь деталей двигунів вантажних автомобілів / В.В. Аулін, В.В. Слонь, С.В. Лисенко // Вісник інженерної академії України. 2013. – №2. – С. 166-170.

3. Аулин В.В. Повышение эксплуатационной износостойкости деталей маши их триботехническим восстановлением и управлением процессами приработки / В.В. Аулин, Т.Н. Замота, С.В. Лысенко // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. – Vol. 18. – № 2. – P.89-96.

4. Аулін В.В. Вплив процесів, що відбуваються в рухомих спряженнях деталей транспортних машин під дією компонентів геомодифікатора, на ефективність триботехнологій припрацювання і відновлення / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, А.В. Гриньків, В.В. Слонь та ін. // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2020. – Вип. 3(34). – С.250-265.

5. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: Монографія / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик та ін.; за ред. В.В.Ауліна. – Кіровоград: видавництво Лисенко В.Ф., 2016. – 304 с.