

В статье предложено экспериментальное криогенное устройство для исследования износостойких материалов в диапазоне температур 77...323 К, работа устройства базируется на использовании капиллярного эффекта в металловолоконистой структуре, которая изготовлена из проволоки с высоким сопротивлением в сочетании с нагреванием по программе электрическим током, который подается на электроды.

Объект исследования – износостойкие материалы.

Цель работы – исследование свойств износостойких материалов.

Метод исследования – поддержание температуры износостойкого материала во время исследования в диапазоне температур 77...323 К.

Прогнозные предположения – информация для исследователей в области материаловедения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ИЗНОСОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ, МЕТАЛЛОВЛОКНИСТАЯ СТРУКТУРА, КРИОГЕННАЯ ТЕМПЕРАТУРА, ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ.

УДК 621.891

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ НА КОНТАКТНІ ПОВЕРХНІ СУЧАСНИХ НАНОМОДИФІКАТОРІВ

Дмитриченко М.Ф., доктор технічних наук

Міланенко О.А., кандидат технічних наук

Савчук А.М., кандидат технічних наук

Білякович О.М., кандидат технічних наук

Лізанець В.І.

Постановка проблеми. Необхідність збільшення потужності при одночасному зниженні об'ємів і мас ДВЗ змушує дослідників використовувати нові конструктивні рішення, нові матеріали для вузлів тертя ЦПГ (технології їх обробки) і нові мастильні матеріали. Провідні дизелебудівні фірми практично завершили дослідження в області конструктивної та технологічної оптимізації. Розроблено також змащувальні оливи, що забезпечують оптимальний ресурс і достатньо низькі втрати на тертя і угар, як наприклад, зокрема моторна олива АРІАН Ультрагаз для дизель-генераторів когенераційних установок [1,2] та ін. оливи. В даний час дослідження ведуться в основному в області автоматизації оптимального робочого процесу. Однак, ринок постійно поповнюється все новими і новими додатковими присадками, добавками та мастильними композиціями. Причому 80% з них - імпортного виробництва, і навряд чи, їх виробляють лише для України.

Метою роботи являлось збільшення довговічності вузлів тертя ДВЗ вітчизняного виробництва (з пробігом до капітального ремонту 100 - 300 тис. км) за рахунок розширення навантажувально-швидкісного діапазону, зниження інтенсивності втомного та корозійно-механічного зношування. Особливо це важливо в період припрацювання та пуску машини, коли структура граничної плівки при введенні в оливу зокрема антифрикційної добавки сприяє зміцненню поверхневих шарів металу, що забезпечує підвищення їх зносостійкості.

Зміцнення поверхневих шарів досягається введенням в оливу антифрикційних добавок в оптимальній концентрації - ультрадисперсних частинок (3 – 70 нм), зокрема фулеренів C_{60} і фулереноподібних структур. Вибір, в якості наномодифікатора – фулерену, обумовлений тим, що потрапляючи в зону тертя, фулеренові структури вносять структурні зміни в поверхню тертя, які здатні її модифікувати в триботехнічно вигідному напрямку. Принципова відмінність фулерена від інших наномодифікаторів полягає в тому, що в триботехнічну систему вноситься речовина, що ініціює самоорганізовані процеси у вигляді утворення самогенеруючих органічних плівок (СОП) [3]. СОП є механо-хімічним окислювально-полімеризаційним процесом за участю кисню повітря при каталітичній дії активованого тертя металу. СОП є високоякісним змащувальним матеріалом, що характеризується антифрикційними властивостями і протизношувальною ефективністю, які протидіють втомному зношуванню. СОП не втрачають ефективності в найважчих умовах тертя – при високих температурах і низьких швидкостях, особливо, в умовах припрацювання, де ні гідродинамічні, ні структуровані шари, ні мила не здатні забезпечити стабільну мастильну дію. Окремо це важливо для пуску машин, коли спостерігаються умови для створення схоплювання І-го роду (невеликі швидкості та великі контактні напруження). У міру формування і адаптації граничних

шарів у процесі напрацювання в особливих умовах впливу твердої фази (фулерену) якісно змінюються реологічні характеристики змащувальної оливи. Утворені граничні шари характеризуються анізотропними властивостями [4]: в тангенціальному напрямі молекулярні шари легко згинаються, та при товщині шару, яка перевищує деяке критичне значення, ковзають один відносно іншого, а по нормалі до твердої поверхні гранична плівка характеризується високим опором стиску, її несуча здатність обчислюється тисячами кілограмів на квадратний сантиметр. Квазікристалічні шари анізотропні в широкому інтервалі тиску і температур, що зумовлює їх високу несучу здатність і поліпшення антифрикційних та протизношувальних властивостей у контакті.

Результати досліджень. Для підтвердження цих властивостей необхідно було провести експериментальні дослідження шляхом введення у вітчизняну моторну оливу АРІАН Ультрагаз фулерену C_{60} та визначити оптимальну її концентрацію при якій досягаються найкращі результати.

Дослідження проводили на машині тертя СМЦ-2 в нестационарному режимі – цикли пуск–зупинка (6 сек). В якості зразків використовувалися ролики ($d = 50$ мм) із чавуна. Залежно від механічної обробки була отримана первинна шорсткість контактних поверхонь R_a , яка склала 0,3 мм. (див. рис.1).

Досліджувані матеріали

Моторна олива: Аріан Ультрагаз

Наномодифікатор: фулерен у вигляді суспензії (в концентраціях – 1%, 2%, 3%, 5%)

Моделні зразки: чавун (діаметр роликів - 50 мм, ширина - 5 мм; твердість - HRC = 38...45)

Обладнання для проведення досліджень:

- лабораторна одноконтатна установка СМЦ-2;
- твердомір ПМТ-3;
- профілометр для визначення шорсткості

Умови випробувань на СМЦ-2 у середовищі моторної оливи:

- режим випробувань – нестационарний, тертя ковзання;
- допустимі контактні напруження $[u_k] \leq 800$ МПа;
- контактні напруження $u_k = 300$ МПа;
- шорсткість поверхонь $R_a = 0,3$ мкм;
- частота обертів - 250 об/хв;
- тривалість повного циклу пуск-зупинка – 6 с;
- температура оливи при випробуваннях – 90°C

Параметри, що планується отримати:

- мікротвердість, кг/мм² методом штучних баз;
- значення товщини граничного мастильного шару на СМЦ-2, мкм;
- величина лінійного зносу на ПМТ-3 методом штучних баз, мкм

Найбільш інформативним показником ефективності мастильної дії є товщина змащувального шару в контакті. Головними вимогами, що висуваються до достовірності результатів, отриманих при використанні даних методів, є достатня точність, стабільність і безінерційність, а також забезпечення вимірювання товщини мастильного шару при дотриманні існуючих в контакті умов – кінематичних, силових, температурних. Для вивчення товщини змащувального шару нами був застосований електричний метод, який ґрунтується на вимірюванні падіння електричної напруги (пропорційно товщині шару) у режимі нормального тліючого розряду при постійній силі струму між контактуючими поверхнями. В порівнянні з іншими методами, цей метод дає більш високу точність і стабільність вимірювань при достатній чутливості і безперервності реєстрації параметрів під час роботи.

Вимір величини лінійного зносу методом штучних баз полягав у визначенні шляхом обчислення відстані від поверхні тертя до дна заглиблення штучно зробленого на цій поверхні зазору, ширина якого звужується від поверхні до дна заглиблення. Вісь заглиблення розташована перпендикулярно до поверхні тертя, і лінійний знос поверхні визначали у напрямку цієї осі. Переваги цього методу наступні: застосування оптичного приладу ПМТ-3 дозволяє одержати точні дані про величину місцевого зносу; нанесення лунок не впливає на роботу і

міцність деталей вузла тертя; за ступенем стирання і деформації кутів відбитку від індентора можливо судити про вплив нормальних і тангенціальних навантажень на поверхню металу; одночасно з дослідженням кінетики зношування можна проводити дослідження на мікротвердість поверхневих шарів металу за ГОСТ 9450-60.

Результати досліджень в нестационарних умовах приведені на рис.1 та рис.2.

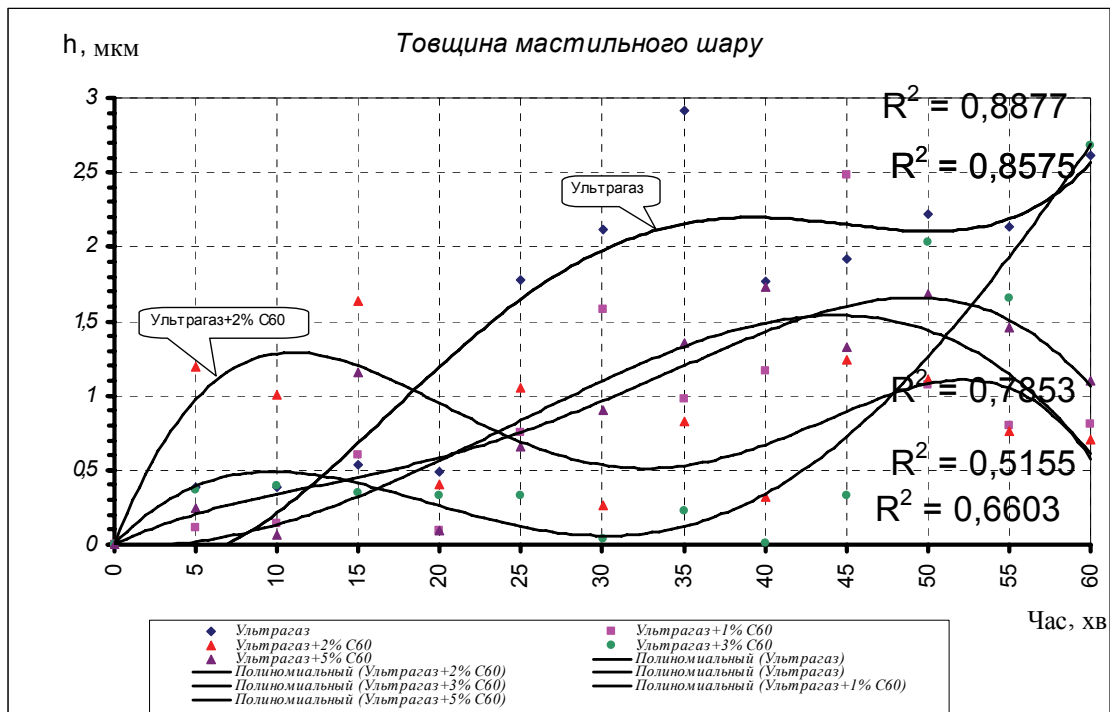


Рисунок 1 – Товщина мастильного шару для різної концентрації фулерену

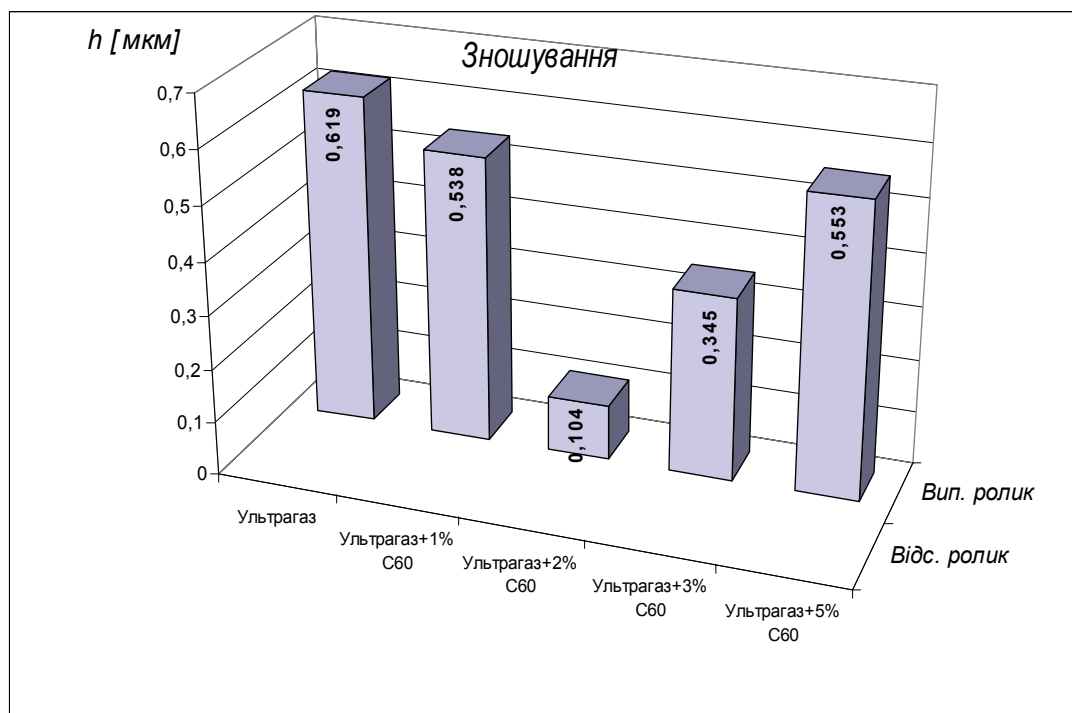


Рисунок 2 – Лінійний знос поверхонь тертя для різної концентрації фулерену

Результати свідчать про те, що оптимальна концентрація фулерену сягає 2%, як по значенню товщини мастильного шару, так і по величині лінійного зносу в момент припрацювання та пуску установки.

Висновки. Таким чином, при введенні в змащувальний матеріал в оптимальній концентрації наномодифікатора у вигляді фулерену сприяє зміцненню поверхневих шарів металу в період припрацювання та пуску установки, що забезпечує підвищення їх зносостійкості. Для контактних поверхонь з початковою шорсткістю $R_a = 0,3$ мкм при u_{max} 300 МПа поліпшення антифрикційних та протизношувальних властивостей зумовлене, перш за все, прискороною адаптацією граничних змащувальних шарів до динамічних умов навантаження – їх товщина підвищується в момент припрацювання та пуску установки, в середньому, у 2 – 3 рази, в порівнянні з використанням в якості змащувального матеріалу оливи АРІАН Ультрагаз без добавки або в концентрації 1%, 3% або 5%. Цей чинник забезпечує зменшення інтенсивності зношування в початковий період припрацювання та пуску установки у 6 разів в порівнянні з використанням в якості змащувального матеріалу оливи АРІАН Ультрагаз без добавки, унаслідок чого зменшується ступінь стирання поверхневих шарів металу. В результаті цього деформаційні зміни металу локалізуються в тонкому приповерхневому шарі, а екрануючі властивості граничних адсорбційних шарів запобігають розповсюдженню цих змін в глибину металу, що забезпечує зміцнення поверхневого шару. Зміцнення поверхневого шару шляхом додавання 2%-ого розчину фулерену в оливі створює в початковий період роботи (припрацювання та пуск машини) оптимальні умови тертя контактуючих поверхонь, запобігаючи утворенню схоплювання І-го роду і виникненню задирів в жорстких нестационарних, навантажувально-швидкісних і температурних умовах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дмитриченко М.Ф., Міланенко О.А., Мнацаканов Р.Г., Ісаєнков С.Є. Ресурсні випробування спеціально розробленої моторної оливи для змащування вузлів когенераційних установок на базі газопоршневих двигун-генераторів // Вісник Національного транспортного університету: В 2-х частинах: Ч.1.- К.: НТУ, 2008. – Випуск 17. – С. 14-16.
2. Дмитриченко М.Ф., Міланенко О.А., Мнацаканов Р.Г., Ісаєнков С.Є. Оцінка експлуатаційних властивостей моторної оливи для газових двигун-генераторів // Проблеми транспорту - К.: НТУ, ДП ОПРУ, Випуск №6, - 2009. – С.31 – 35.
3. Райко М. В. О свойствах смазочных слоев при высоких температурах // Труды Киевского института гражданского воздушного флота. – К. – 1954. – № 12. – С. 53-62.
4. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. – М.: ГИФМА, 1963. – 472 с.

РЕФЕРАТ

УДК 621.891

Дмитриченко М.Ф., Міланенко О.А., Савчук А.М., Білякович О.М., Лізанець В.І. Підвищення довговічності трибоспрями з урахуванням впливу на контактні поверхні сучасних наномодифікаторів / Микола Федорович Дмитриченко, Олександр Анатолійович Міланенко, Анатолій Миколайович Савчук, Олег Миколайович Білякович, Віталій Ігорович Лізанець// Вісник.– К.: НТУ. – 2012. – Вып. 26.

В статті представлені результати експериментальних досліджень по визначенню оптимальній концентрації наномодифікатора у вигляді фулерену в мастильному матеріалі, сприяє зміцненню поверхневих шарів металу в період припрацювання та пуску установки, що забезпечує підвищення їх зносостійкості.

Об'єкт дослідження – товщина граничного змащувального шару.

Метою роботи являлось збільшення довговічності вузлів тертя двигунів внутрішнього згорання вітчизняного виробництва (з пробігом до капітального ремонту 100 - 300 тис. км) за рахунок розширення навантажувально-швидкісного діапазону, зниження інтенсивності втомного та корозійно-механічного зношування.

Метод дослідження – експериментальне визначення товщини мастильного шару та величини лінійного зносу.

Виявлено зміцнення поверхневого шару шляхом додавання 2%-ого розчину фулерену в оливі, який створює в початковий період роботи (припрацювання та пуск машини) оптимальні умови тертя контактуючих поверхонь, запобігаючи утворенню схоплювання І-го роду і виникненню задирів в жорстких нестационарних, навантажувально-швидкісних і температурних умовах. Встановлено, що

при введенні в змащувальний матеріал в оптимальній концентрації наномодифікатора у вигляді фулерену сприяє зміцненню поверхневих шарів металу в період припрацювання та пуску установки, що забезпечує підвищення їх зносостійкості. Для контактних поверхонь з початковою шорсткістю $R_a = 0,3$ мкм при $y_{\max} 300$ МПа поліпшення антифрикційних та протизношувальних властивостей зумовлене, перш за все, прискороною адаптацією граничних змащувальних шарів до динамічних умов навантаження – їх товщина підвищується в момент припрацювання та пуску установки, в середньому, у 2 – 3 рази, в порівнянні з використанням в якості змащувального матеріалу оливи АРІАН Ультрагаз без добавки або в концентрації 1%, 3% або 5%. Цей чинник забезпечує зменшення інтенсивності зношування в початковий період припрацювання та пуску установки у 6 разів в порівнянні з використанням в якості змащувального матеріалу оливи АРІАН Ультрагаз без добавки, унаслідок чого зменшується ступінь стирання поверхневих шарів металу. В результаті цього деформаційні зміни металу локалізуються в тонкому приповерхневому шарі, а екрануючі властивості граничних адсорбційних шарів запобігають розповсюдженню цих змін в глибину металу, що забезпечує зміцнення поверхневого шару.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТОВЩИНА МАСТИЛЬНОГО ШАРУ, НАНОМОДИФІКАТОР, ФУЛЕРЕН, ЗНОШУВАННЯ.

ABSTRACT

UDC 621.891

Dmitrichenko N.F., Milanenko O.A., Savchuk A.N., Bilyakovich O.N., Lizanetz V. I. Increased durability trybospryazhen considering the impact on contact surfaces of modern nanomodifiers / Nikolay Dmytrychenko, Alexander Milanenko, Anatoly Savchuk, Oleg Bilyakovych, Vitaly Lizanets// Visnyk NTU. – K.: NTU. – 2012. – Vol. 25

The results of experimental studies to determine the optimal concentration nanomodifiers as fullerene materials in the oil helps strengthen the surface layers of the metal during the break-in and start-up, which increases their durability.

The object of study - the thickness of the lubricant layer limit.

The purpose was to increase durability of the friction of internal combustion engines of domestic production (with a run to overhaul 100 - 300 thousand miles) through increased load-speed range, reducing the intensity of fatigue and corrosion-mechanical wear. The method of research - experimental determination of lubricating film thickness and size of linear wear.

Revealed hardening of the surface layer by adding 2% solution of fullerene in the oil, which creates the initial period (the running and start the machine) optimum friction contact surface, preventing the formation of I-setting type and appearance of burrs in hard unsteady, loading speed and temperature conditions. Found that with the introduction of lubricant in the optimal concentration nanomodifiers as fullerene promotes the surface layers of the metal during the break-in and start-up, which increases their durability. To contact surfaces with an initial roughness of $R_a = 0,3$ mkm at 300 MPa y_{\max} improve antifriction and antiwear properties is due, above all, rapid adaptation limit lubricant layers to dynamic loading conditions - their thickness is increased run-time and start-up, on average, 2 - 3 times as compared with the use of a lubricant oil Arian ULTRAGAS without additives or in a concentration of 1%, 3% or 5%. This factor provides a reduction in the rate of wear in the initial break-in period and the start-up of up to 6 times compared to the use as a lubricant oil Arian ULTRAGAS without additives, thereby reducing the degree of erasure of the surface layers of the metal. As a result, changes in metal deformation localized in a thin surface layer, and the shielding properties of the limiting adsorption layers prevent the spread of these changes into the metal strengthens the surface layer.

KEY WORDS: FILM THICKNESS, NANOMODIFIERS, FULLERENE, WEAR.

РЕФЕРАТ

УДК621.891

Дмитриченко М.Ф., Миланенко А.А., Савчук А.М., Билякович О.М., Лизанець В.И. Повышение долговечности трибоспрязжений с учетом влияния на контактные поверхности современных наномодификаторов / Николай Федорович Дмитриченко, Александр Анатольевич Миланенко, Анатолий Николаевич Савчук, Олег Николаевич Билякович Виталий Игоревич Лизанець // Вестник.- К.: НТУ. – 2012. – Вип. 26.

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по определению оптимальной концентрации наномодификатора в виде фуллерена в масляном материале,

способствует укреплению поверхностных слоев металла в период приработки и пуска установки, что обеспечивает повышение их износостойкости.

Объект исследования - толщина предельного смазочного слоя.

Целью работы являлось увеличение долговечности узлов трения двигателей внутреннего сгорания отечественного производства (с пробегом до капитального ремонта 100 - 300 тыс. км) за счет расширения нагрузочно-скоростного диапазона, снижение интенсивности усталостного и коррозионно-механического износа. Метод исследования - экспериментальное определение толщины смазочного слоя и величины линейного износа.

Выявлено упрочнения поверхностного слоя путем добавления 2%-ного раствора фуллерена в масле, который создает в начальный период работы (приработки и пуск машины) оптимальные условия трения контактирующих поверхностей, предотвращая образование схватывания I-го рода и возникновению задиров в жестких нестационарных, нагрузочно-скоростных и температурных условиях. Установлено, что введение в смазочный материал в оптимальной концентрации наномодификатора в виде фуллерена способствует укреплению поверхностных слоев металла в период приработки и пуска установки, что обеспечивает повышение их износостойкости. Для контактных поверхностей с начальной шероховатостью $Ra = 0,3$ мкм при умах 300 МПа улучшения антифрикционных и противоизносных свойств обусловлено, прежде всего, ускоренной адаптации предельных смазочных слоев к динамическим условиям нагрузки - их толщина повышается в момент приработки и пуска установки, в среднем, в 2 - 3 раза, по сравнению с использованием в качестве смазочного материала масла АРИАН Ультрагаз без добавки или в концентрации 1%, 3% или 5%. Этот фактор обеспечивает уменьшение интенсивности износа в начальный период приработки и пуска установки в 6 раз по сравнению с использованием в качестве смазочного материала масла АРИАН Ультрагаз без добавки, вследствие чего уменьшается степень стирания поверхностных слоев металла. В результате этого деформационные изменения металла локализуются в тонком приповерхностном слое, а экранирующие свойства предельных адсорбционных слоев предотвращают распространение этих изменений в глубину металла, обеспечивая укрепление поверхностного слоя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТОЛЩИНА СМАЗОЧНОГО СЛОЯ, НАНОМОДИФИКАТОР, ФУЛЛЕРЕН, ИЗНОС.

УДК 621.01:632.981.2

ОПТИМАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ШТАНГ ОБПРИСКУВАЧІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДИНАМІЧНИХ ГАСНИКІВ КОЛИВАНЬ

Дмитриченко М.Ф., доктор технічних наук

Вікович І.А., доктор технічних наук

Дівеєв Б.М., кандидат технічних наук

Височан І.М.

Вступ. Оптимальне проектування сільгоспагрегатів, у тому числі штангових обприскувачів, охоплює широке коло інженерних задач – від технічних до екологічних. Наприклад, якщо для вертикальних коливань великогабаритних штанг питання вирішується за допомогою маятникової підвіски то для коливань штанги у горизонтальній площині повністю відсутні підходи щодо зменшення цих коливань. Коливання штанги, особливо у горизонтальному напрямку значно впливають на рівномірність обприскування і на міцність начипних штанг, оскільки найбільш поширена конструкція штанги – це плоска вертикальна ферма. Оскільки при горизонтальних коливаннях штанг нерівномірність обприскування може досягнути 600%, то перед країнами ЄС (парк таких машин у Європі становить 400000) повстало питання розробки нових обприскувачів з покращеними властивостями.

Аналіз останніх досліджень. У динаміці складних конструкцій багато уваги приділяється методам конденсації систем рівнянь високого порядку, що охоплюють широкий частотний спектр. Однак, у реальному випадку вібраційного збурення колісного екіпажу від рельєфу дороги вищі частоти поглинаються у шинах коліс і підвісці. Тому практично залишається тільки низькочастотна складова, яка і викликає руйнування несучої конструкції. Це характерно для великогабаритних штангових обприскувачів, які відносно повільно переміщуються на колесах. У даній роботі запропоновано алгоритм конденсації для основного робочого елемента штангового обприскувача –