

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 задигов 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 $R_a = 0,3$ мкм при u_{max} 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 КОЛІВАНЬ

Дмитриченко М.Ф., доктор технічних наук

Вікович І.А., доктор технічних наук

Дівеев 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 –

великогабаритної ферми на підвісці. Якість обприскування та довговічність обприскувача визначає в основному динаміка цього елемента. Кінематика штанги у вертикальній площині з достатньою для практики точністю визначається моделлю жорсткого тіла. Проте для коливань штанги у горизонтальній площині, площині меншої жорсткості динамічна модель штанги не адекватна, моделі у вертикальній площині, бо проявляється явище хльосту її кінців. Ще менше ця модель може застосовуватися до визначення динамічних напружень у штанзі.

Дослідження динаміки штангових обприскувачів в основному базуються ([1-4] на застосуванні пакетів програм розрахунку (ППР): ProEngineer, ADAMS, CATIA, NASTRAN, ANSYS, COSMOS, Mechanical Desktop та ін.. Ці пакети досить потужні, але мають ряд недоліків: а) надто дорогі для відносно малопотужних підприємств сільськогосподарського машинобудування; б) потребують адаптації до наших технічних стандартів та перекладу; в) освоєння їх досить важке і вимагає спеціального навчання персоналу; г) основні вузли машин (елементи сухого тертя, нелінійні демпфери та ін.) недоступні для розрахунку за допомогою цих пакетів, або потребують значних зусиль для розрахунку. Можна використовувати також пакети APM WinMashin або ANALIS. Останні менш потужні, проте значно дешевші та застосовуються з врахуванням їхніх недоліків: для APM – дуже довгий час розрахунку, неможливість керувати процесом розрахунку, міняти густину сітки скінчених елементів, неадекватність визначення напружень у кутових точках перерізів стержнів, завищення цих значень у порівнянні з інженерними формулами у декілька разів при крученні, відсутність зведених таблиць параметрів конструкції та результатів у простій формі; для ANALIS – можливість проводити лише статичні розрахунки.

Окремою, найбільш важливою і найважчою, є задача оптимального проектування конструкцій. Практично вона розв'язується методом декомпозиції конструкції і зменшення кількості змінних параметрів та спрямованого пошуку в редукованій множині параметрів. На жаль, основні вищенаведені програмні засоби не надають можливості параметричної оптимізації. Не враховують вони і ресурсні запаси міцності вузлів машин.

Частий недолік традиційних моделей – недостатнє вивчення взаємозв'язку між транспортними і технологічними процесами. Найбільшого поширення набули незв'язані дискретні моделі. Хоча вони й дозволяють доволі точно визначати вплив динаміки руху на технологічний процес, проте зворотній вплив, який в окремих випадках досить значний, в повній мірі дослідити неможливо. У даній роботі розглянуто клас дискретно-континуальних моделей [6–15], які дозволяють більш гнучко моделювати ці процеси. У [8] наведені рівняння динамічної рівноваги системи рама–бак з рідиною–штанга. Вони отримані з балансу моментів, викликаних інерційними та пружними силами, кутовими коливаннями відносно поздовжньої осі обприскувача, штанги та рідини в баці. Методика визначення коефіцієнтів рівнянь оснований на вивченні першої форми коливань пружних рам навісного обладнання, рідини в баці та нелінійно-пружних і дисипативних характеристик з'єднань [7].

Особливості конструкцій обприскувачів. Відомо багато видів конструкцій обприскувачів. Основний принцип їх будови незмінний: подовгаста несуча конструкція – рама, приєднаний до неї бак з насосом, для вентиляторного обприскувача – вентиляторний вузол, для штангових – рамка та приєднана до неї через підвіску – довгомірна штанга.

Можливі різні схеми класифікації штангових обприскувачів. Основна – за функціональним параметром: шириною захоплення. Якщо на підприємствах СНД випускаються наразі штанги шириною захвату до 24 м, то у світовій практиці відомі штанги завдовжки до 36 м і більше. Матеріал також може бути різним. Переважно це сталь, причому на наших підприємствах досить низькоякісна.

Стержні, з яких зварюються секції рами, – це труби прямокутного або круглого перерізу. У плоскій фермі штанги для надання їй достатньої жорсткості в горизонтальній площині конструктори розміщують труби ширшим перерізом ортогонально до площини ферми.

Математичне моделювання динаміки конструкцій обприскувачів. Для моделювання технологічних процесів, що відбуваються за допомогою транспортних засобів, зокрема за допомогою колісних машин, розроблено ряд розрахункових схем (РС) [1-15].

Відомо, що для визначення ресурсу конструкції при віброударному навантаженні потрібно розв'язати такі задачі:

1. Визначити зовнішні сили, тобто зусилля, що діють на колеса, підвіску, раму агрегату при пересуванні його по пересіченій місцевості (розв'язується двома шляхами:

- а) використання віброграм натурних випробувань агрегатів у польових умовах;
- б) використання даних літературних джерел про параметри рельєфу та його вплив на динаміку агрегату);

2. Визначити внутрішні сили (розв'язується за методиками розрахунку динаміки складних конструкцій на основі дискретно-континуальних моделей, розрахункових схем (РС) [5-15];

3. Визначити напруження (задача після перших двох етапів може бути розв'язана точніше будь-яким із вищенаведених способів). Достатні для проектування інтегральні оцінки напруженого стану, можна отримати на основі РС [5-14], а уточнення напружень у місцях концентрацій, у з'єднаннях – на основі адаптивних РС, або, не виключено, одним з стандартних пакетів МСК (наприклад ANSYS чи APM WinMachin)

Дискретно-континуальне моделювання знайшло широке застосування в розрахунку динаміки колісних екіпажів та колісних поїздів. Це насамперед пов'язано з необхідністю визначення напружень у такого роду конструкціях при динамічних навантаженнях. Дискретні РС дозволяють лише визначати амплітудно-частотні характеристики (АЧХ). Часто вони переобтяжені деталями. Додатковий дискретний елемент навіть малої маси значно змінює АЧХ в області його власного резонансу, хоча наявність такого елемента може вносити незначні зміни як в технологічний процес, так і в реальний напружено-деформований стан конструкції. Дискретно-континуальні моделі дозволяють, при значно меншому числі параметрів описати технологічний процес і динаміку екіпажу.

Розглянемо два прості приклади, що ілюструють перевагу конденсованих дискретно-континуальних схем для розрахунку.

Дискретно-континуальне моделювання підвіски. Розглянемо подвійну трапецієдальну маятникову підвіску фірми Berthoud або Львівсьільмашу, найбільш поширену штангу обприскувача (рис.1).

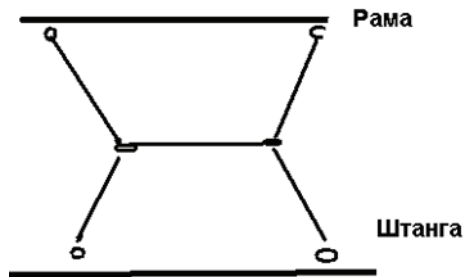


Рис. 1а. Подвійна маятникова підвіска

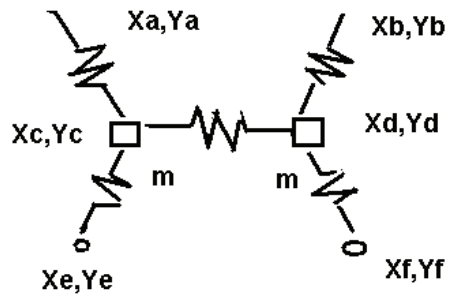


Рис. 1б. Розрахункова схема підвіски

Відомо, що для виведення рівнянь рівноваги можна застосовувати метод сил або варіаційні методи. Проте навіть при застосуванні компактніших варіаційних методів, наприклад методу Лагранжа другого роду не уникнути складних алгебраїчних перетворень. Розглянемо тепер просту дискретно-континуальну схему підвіски: невагомі пружні стержні та дві маси m зосереджені в проміжних вузлах. Запишемо таку систему рівнянь для тих додаткових мас

$$m \frac{d^2 x_c}{dt^2} = F_{CE}^x + F_{CA}^x + F_{CD}^x, \quad m \frac{d^2 y_c}{dt^2} = F_{CE}^y + F_{CA}^y + F_{CD}^y \quad (1)$$

$$m \frac{d^2 x_d}{dt^2} = F_{DE}^x + F_{DA}^x + F_{DC}^x, \quad m \frac{d^2 y_d}{dt^2} = F_{DE}^y + F_{DA}^y + F_{DC}^y$$

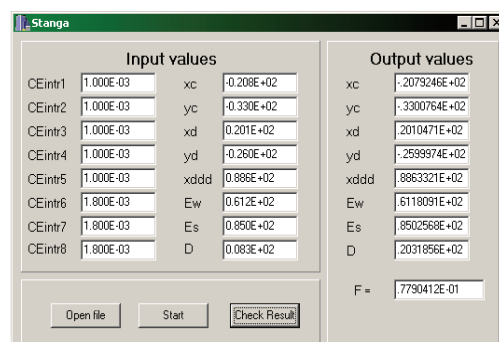
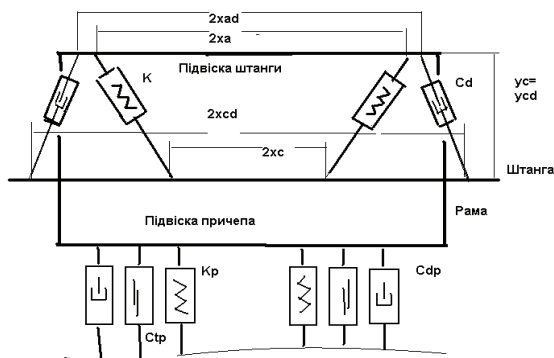
Сили F визначаються як проекції сил викликаних розтягом пружних ланок на осі x, y .

$$F_{CE}^x = F_{CE}^x(x_C, y_C, x_E, y_E), \dots, F_{DC}^y = F_{DC}^y(x_C, y_C, x_D, y_D)$$

Отже, для розрахунку нам достатньо використати значення цих зусиль з рівнянь пружної рівноваги штанги і, можливо, рами агрегату та одержати замкнуту систему рівнянь. У деяких випадках, наприклад для розрахунку кутових коливань штанги у її площині значення x_A, y_A, x_B, y_B можна вважати відомими з заданого рельєфу поля та кінематики системи кріплення штанги.

Відзначимо, що ця РС може застосовуватися до підвіски з нерівними по довжині ланками та до підвіски з коректорами.

За рахунок оптимізації підвіски вдалося досягти значного зменшення цих коливань, що, в свою чергу, дозволило вирішити питання про збільшення ресурсу штанги, адже зменшується ймовірність зачіпання штанги за ґрунт та виникнення значних ударних напружень. Для оптимізації агрегатів розроблено комплекси програм. Вони базуються на адекватному дискретно-континуальному моделюванні динаміки [6-14] та генетичних алгоритмах оптимізації. Нижче на рис. 2-4 наведено приклади оптимізації А-подібної підвіски штанги та підвіски причепа.



(a)

(б)

Рис. 2. Розрахункова схема коливань агрегату у вертикальній площині (а); вікно оптимізації по параметрах підвіски штанги і рами (б)

На основі експериментальних даних генерувалися випадкові процеси з заданими спектральними густинами. Цими випадковими процесами моделювалися збурення від нерівностей поверхні поля. До цього випадкового збурення додавалося деяке кутове відхилення рельєфу, що за деякий проміжок часу наростало до максимального постійного значення. На рис.2б. показано результат генетичної оптимізації підвіски по параметрах підвіски. За цільову функцію вибиралася величина

$$F_C = \max(\varphi_R - \varphi_0) , \quad (2)$$

де φ_0 кут нахилу осі коліс агрегату φ_R – кут нахилу штанги.

На рис.3. наведено оптимізовану пружно-маятникову підвіску. На рис. 4 наведені віброграми кутових відхилень штанг з різною шириною верхньої бази підвіски при пересуванні по тестовому рельєфу ґрунту.

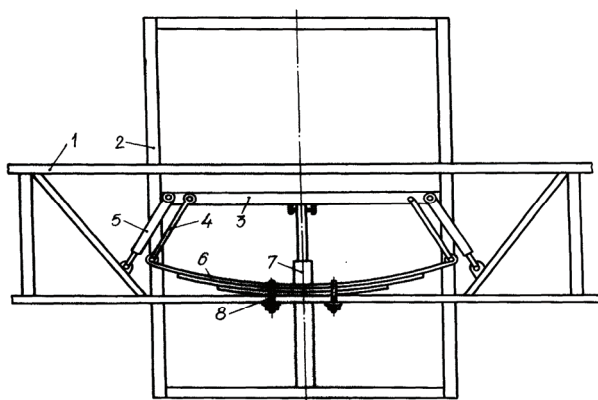


Рис. 3. Пружно-маятникова підвіска штанги

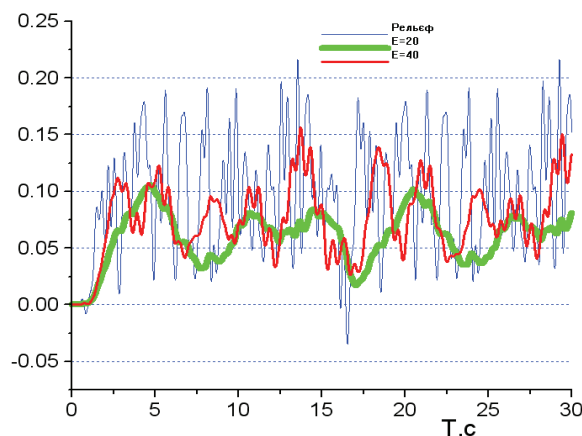


Рис. 4. Віброграма кутових коливань для штанги на маятниково-пружній підвісці

Можна помітити, що із зростанням нахилу рельєфу поля верхня база підвіски прямує до нижньої (0.5м). Тобто підвіска стає паралелограмною. При відсутності нахилів, оптимальною, як і слідувало очікувати, стає А-підвіска з мінімальною верхньою базою, тобто, практично, маятникова.

Дискретно-континуальне моделювання каркасу штанги. Тепер розглянемо другий приклад. Розглянемо багатосекційну штангу як набір пружних стержнів з'єднаних пружно-дисипативними елементами. Для кожної з секцій розглянемо стержень з такими ж жорсткістними характеристиками (рис.5)

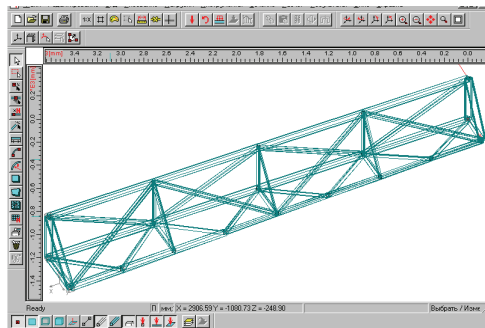


Рис. 5а Типова секція великогабаритної штанги

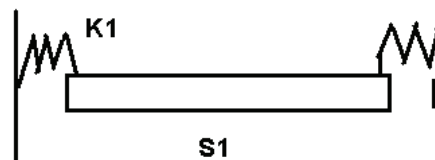


Рис. 5б. Стержневий аналог секції

Тут можливий різний вибір аналога – стержня. Це може бути стержень Ейлера, або більш адекватна для динамічних розрахунків балка Тимошенка [6-15]. Оскільки робочий діапазон частот коливань обприскувачів низький, то при врахуванні динаміки секцій, що потрібно для визначення напружень, можна обмежитися лише однією, двома першими формами коливань.

Критерії оптимальності конструкцій обприскувачів. Розроблені малопараметричні моделі динаміки штанги дозволили розглянути параметричну оптимізацію. Сформулюємо для штангового елемента критерії досконалості.

Критерій J_1 .

Це критерій тривалої міцності конструкції. Звичайно питання тривалої міцності складних конструкцій при складних навантаженнях в агресивному середовищі – це надзвичайно складне питання. Відмітимо лише головні сформовані наукові напрямки, що пов'язані з цією проблематикою: теорія надійності складних систем, утомна міцність матеріалів при складних фізико-хімічних впливах, теорія живучості конструкцій з пошкодженнями.

Нами розглядається спрощений класичний підхід щодо максимальних амплітуд напружень:

$$J_1 = \max \Phi(\sigma). \quad (3)$$

Звичайно, слід врахувати, що в конструкції штанги можна застосувати різні матеріали, кожен з яких, якщо навіть не кожен вид навантаження якого по-різному небезпечний. Можна було б ввести декілька критеріїв для кожного матеріалу замість (3) або сконструювати якийсь інтегральний критерій, наприклад, типу

$$J'_1 = \sum_i \frac{\max \sigma_i}{[\sigma_i]} \quad (4)$$

по всіх елементах із різними допустимими напруженнями $[\sigma]$.

Критерій J_2 .

Введемо деякий узагальнений критерій

$$J_2 = \Gamma(C_i, T), \quad (5)$$

де C_i – це вартість об'єму даного гатунку матеріалу, що конструктор збирається використати, T – технологічна вартість виготовлення.

Критерій J_3 .

Це критерій якості функціонування. Він включає в себе як якість обприскування (рівномірність), так і вартість обслуговування агрегату (пальне, мастила, технічне обслуговування).

Розрахунок та оптимізація функціональних властивостей обприскувачів. Найважливішою функціональною властивістю обприскувачів є швидке та рівномірне розприскування препаратів на найбільшу площу без винесення цих препаратів за межі оброблюваної ділянки. Особливо важливу роль відіграють параметри таких функціональних вузлів, як штанга з підвіскою. Особливого вивчення потребує динаміка поширення капельно-повітряної суміші безпосередньо біля обприскувача та у при поверхневому шарі атмосфери.

Для штангових обприскувачів рівномірність обприскування тісно корелюється з коливаннями штанги відносно поверхні ґрунту. За рахунок оптимізації підвіски вдалося досягти значного зменшення коливань у вертикальній площині, що, в свою чергу, дозволило вирішити питання про збільшення ресурсу штанги, адже зменшується ймовірність зачіпання штанги за ґрунт та виникнення значних ударних напружень.

Значний вплив на рівномірність обприскування мають горизонтальні коливання штанги. Експериментальні польові дослідження демонструють відхилення від рівномірності обприскування на 600%. Для моделювання факелу розпилювача були використані лабораторні експериментальні дані а для генерації тестових збурень експериментальні спектральні густини збурення (рис. 6) від рельєфу ([1-5]).

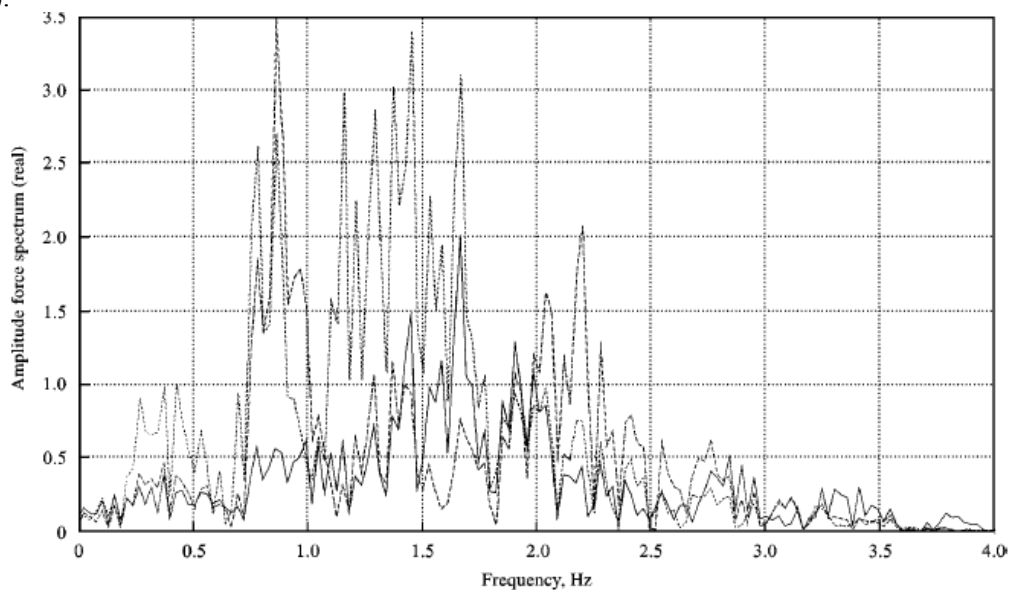


Fig. 4. Input force intensities at 4, 8 and 12 km/h; —, 4 km/h; ---, 8 km/h;, 12 km/h

Рис. 6. Частотні характеристики зовнішнього збурення для штангового обприскувача

Для моделювання динаміки штанги в горизонтальній площині використовувалися конденсовані дискретно-континуальні РС. На рис.7а наведені два випадкові збурення зі спектральними характеристиками, що відповідають польовим умовам (швидкість обприскувача – 1м/с, довжина штанги – 18м). На рис.7б. – відповідні їм густини обприскування у процентному відношенні по лінії крайньої точки штанги.

Зазначимо, що для зменшення коливань штанги в горизонтальній площині може бути застосована комбінована схема з застосуванням динамічних гасників коливань

Стабілізація штанги у горизонтальній площині. Найважливішою функціональною властивістю обприскувачів є швидке та рівномірне розприскування препаратів на найбільшу площу без винесення цих препаратів за межі оброблюваної ділянки. Особливо важливу роль відіграють параметри таких функціональних вузлів, як штанга з підвіскою для штангових обприскувачів. Особливого вивчення потребує динаміка поширення капельно-повітряної суміші безпосередньо біля обприскувача та у при поверхневому шарі атмосфери. Для вивчення динаміки штангового елемента у вертикальній та горизонтальній площині достатньо розроблено відповідні математичні моделі [1–15]. У штангових обприскувачах рівномірність обприскування тісно корелюється з коливаннями штанги відносно поверхні ґрунту у горизонтальній площині. Для зменшення амплітуди цих коливань розглянемо штанговий обприскувач (boom sprayer) з динамічними гасниками коливань (ДГК), (dynamic vibration absorber – DVA) (рис.8).

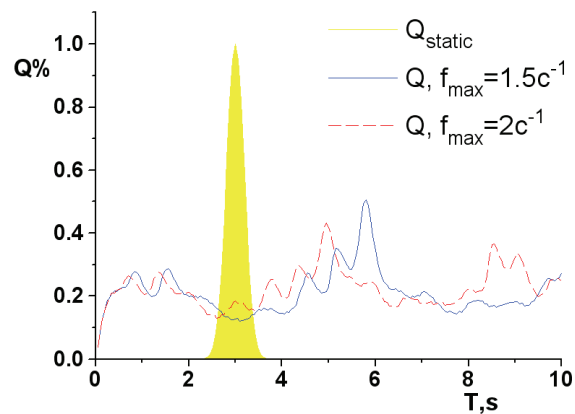
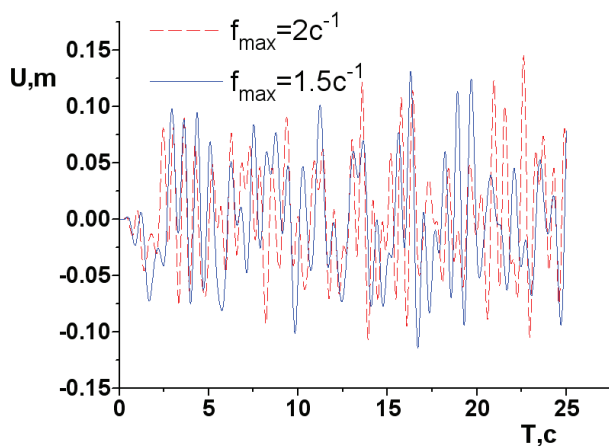


Рис. 7а. Кутові кінематичні збурення штанги у горизонтальній площині
Рис. 7б. Густини обприскування (у % від рівномірного)

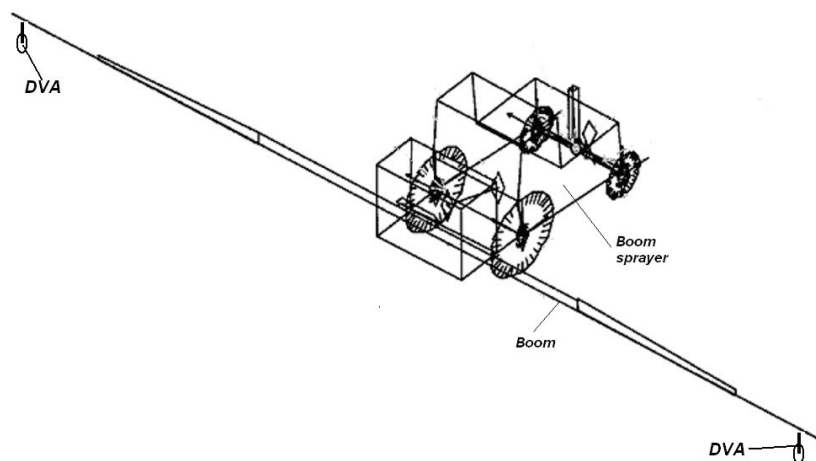


Рис. 8. Штанговий обприскувач з ДГК (DVA)

ДГК для подовгастих елементів. Розглянемо таку просту розрахункову схему консольного стержня змінного перерізу з ДГК (рис.9). Розглянемо двосекційну розрахункову модель.

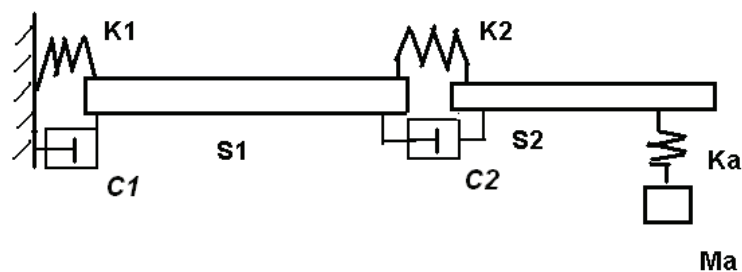


Рис. 9. Розрахункова схема коливань двосекційної штанги обприскувача з ДГК

Тут S_i – секції, K_i – пружини, C_i – демпфери.

Кінематичні гіпотези візьмемо тепер для подовгастих елементів – секцій стержня у вигляді

$$W_1 = q_1(t)Y_1(x) + U_0, W_2 = W_1 + q_2(t)Y_2(x) + U_0. \quad (6)$$

Рівняння динамічної рівноваги тепер одержуються на основі варіаційного рівняння Гамільтона-Остроградського у вигляді системи рівнянь на q_i та переміщення ДГК ([9-13]).

Для маятника з ударною масою (рис. 10) додаткові величини кінетичної та потенціальної енергії ударної маси будуть

$$K_{amx} = M_x \left(\frac{dx_x^2}{dt} + 2 \frac{dx_a}{dt} \left(-x_x \sin \varphi \frac{d\varphi}{dt} + \cos \varphi \frac{dx_x}{dt} \right) + 2L \frac{dx_x}{dt} \frac{d\varphi}{dt} \right) \quad (7)$$

$$\delta U_x = -M_x g \sin \varphi \delta x_x - M_x (L \sin \varphi + x_x \cos \varphi) \delta \varphi$$

Врахуємо варіацію енергії змінання пружних вставок при ударі маси

$$\delta U_v = -Mm K_v (x_x - A) \quad |x_x| > A; \quad \delta U_v = 0 \quad |x_x| < A \quad (8)$$

Рівняння динамічної рівноваги тепер одержуються з варіаційного принципу у вигляді системи рівнянь на q_i переміщення проміжної маси M_a , маси маятника та ударної маси.

$$M \ddot{q} + C \dot{q} + Kq = b \quad (9)$$

Тут $q = (q_1, q_2, q_A)^T$ – вектор невідомих., M – матриця мас, C – матриця в'язкого демпфування, K – матриця жорсткості, b – вільний член. На рис. 10 показано оптимізовану конструкцію ДГК комбінованого ударно-маятникового типу, суміщену з ударозахисним механізмом для великогабаритної штанги.

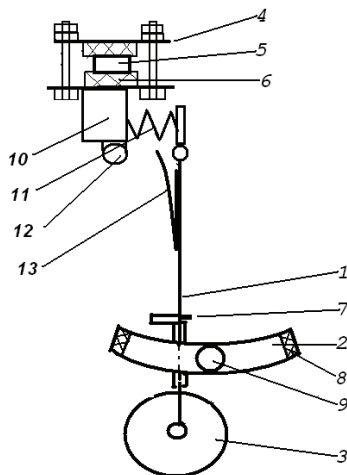


Рис. 10. Конструкцію ДГК комбінованого ударно-маятникового типу

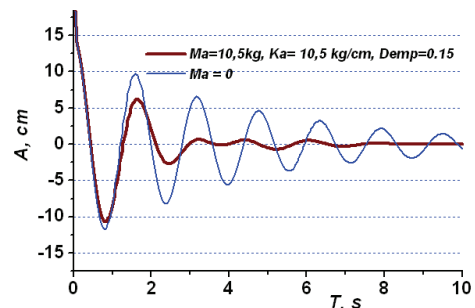


Рис. 11. Характер затухання коливань з оптимальним ДГК та без ДГК ($M_a=0$)

Тут 1 – стержень маятника, 2 – основна вібропоглинаюча маса ДГК у вигляді контейнера, 3 – колесо, 4 – вузол еластичного приєднання ДГК до основної конструкції, 5 – стержень основної конструкції, 6 – пружна обойма, 7 – пристрій регулювання висоти контейнера (додаткова регуляція ДГК), 8 – пружні торцеві вставки, 9 – плоска пружина, 10 – стержень основної маси, 11 – ударна маса всередині контейнера, 12 – вузол кріплення додаткової пружини, 13 – додаткова пружина, 14 – упор, 15 – плоска пружина змінної жорсткості. На рис.11 ([9,10]) показано характер затухання в схемі рис.10 при ударному збуренні при відсутності і наявності ДГК. Для розрахунків розглядалася типова п'ятисекційна штанга (рис. 12)

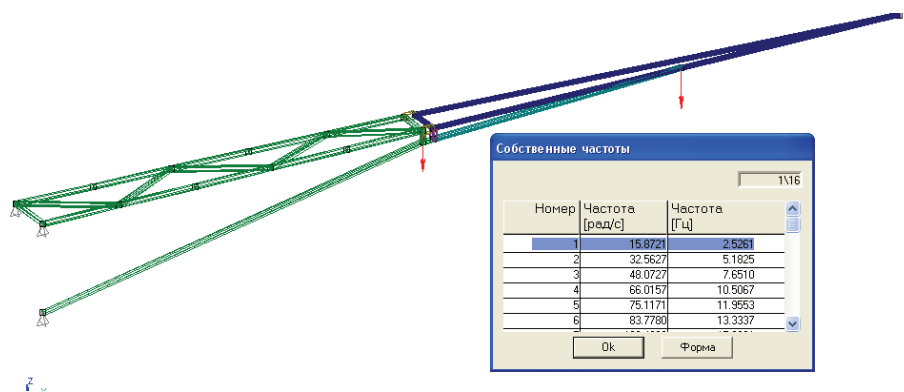
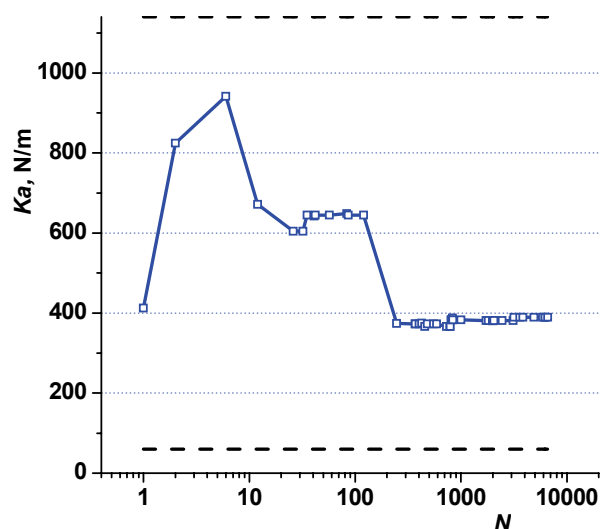
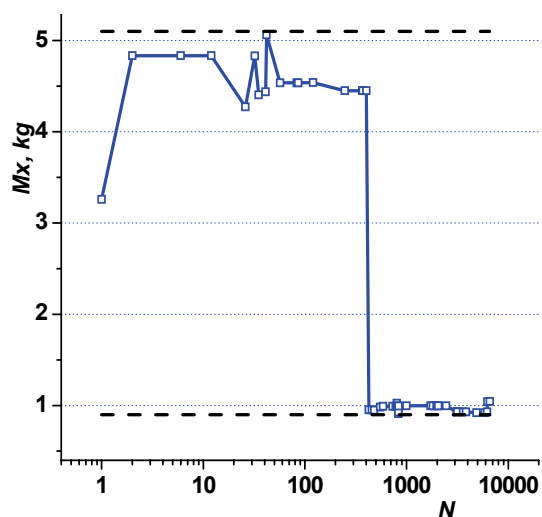
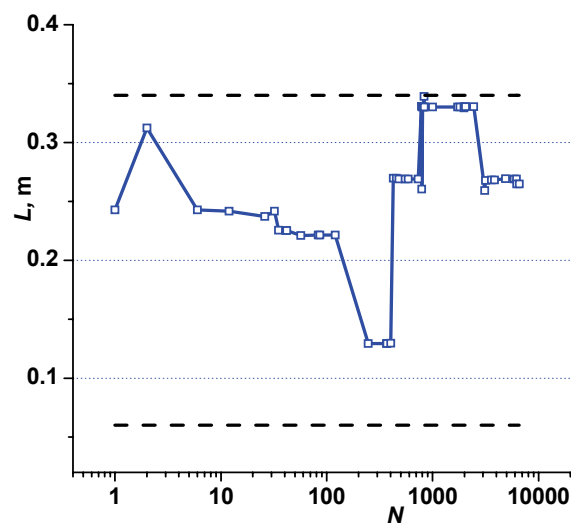
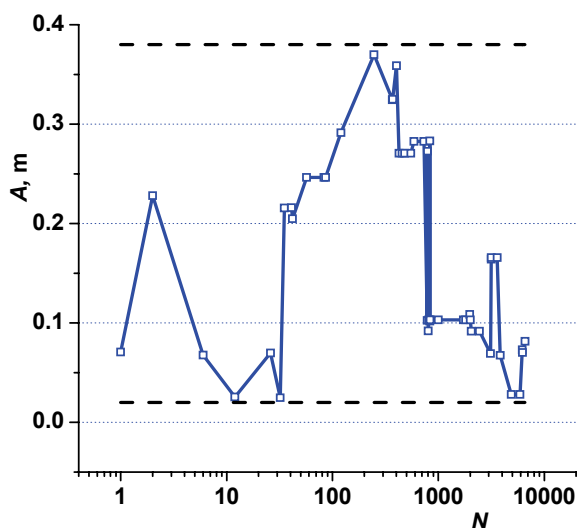


Рис. 12. Частотні характеристики крила штанги

Динамічні характеристики крила штанги отримані за допомогою пакету WinMachin.

На рис.13 показано процес оптимізації ДГК за параметрами для штанги з головною власною частотою коливаль у горизонтальній площині ($f_0 \approx 1\text{Гц}$). Це відповідає попередньо проведеним дослідженням.



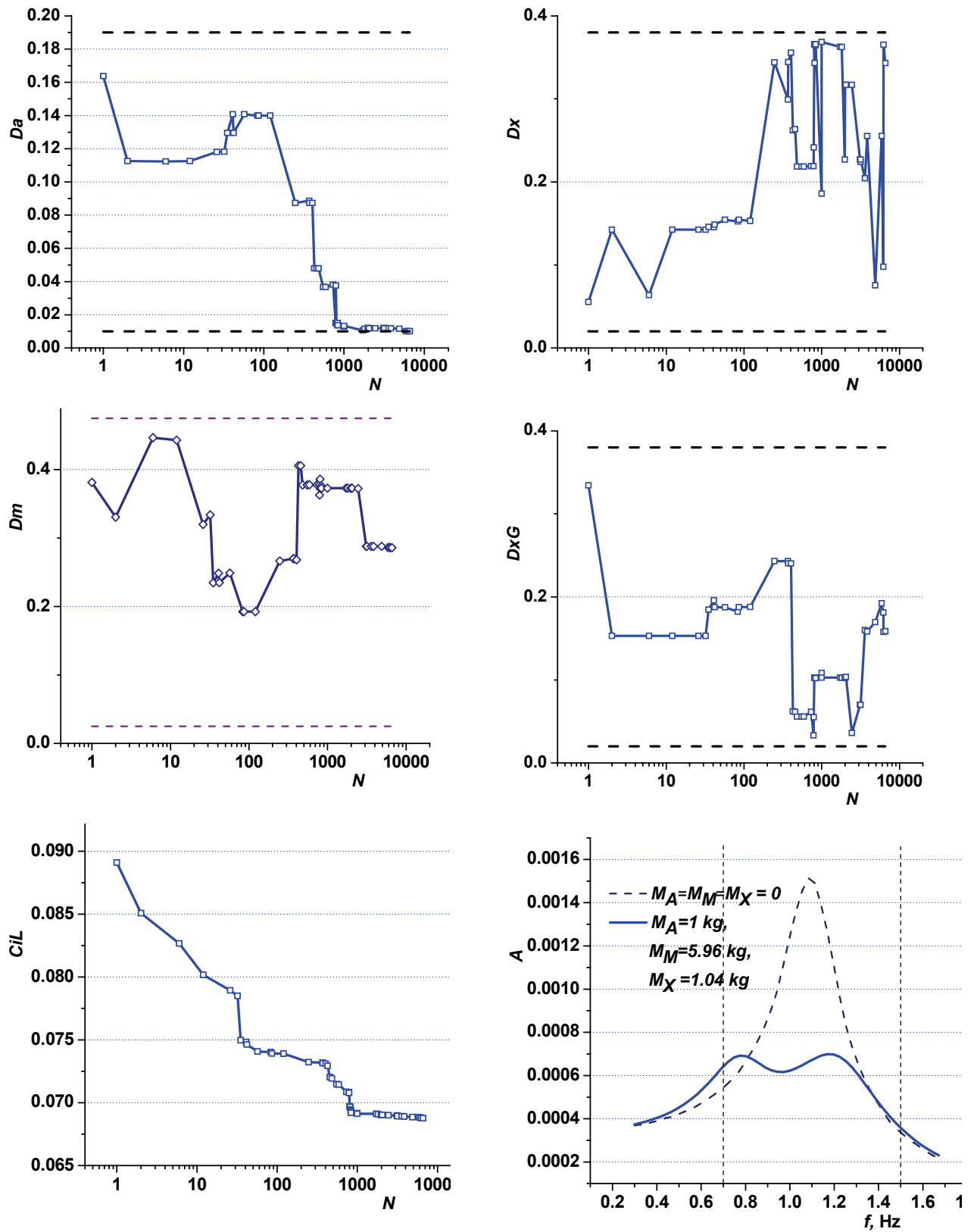


Рис. 13. Зміна параметрів ДГК в процесі оптимізації

Пунктирними лініями позначені межі, в яких проводилася оптимізація. Тут значками відмічені точки зменшення цільової функції. За цільову функцію тут вибиралося максимальну амплітуду коливань у деякому діапазоні частот

$$CiL = \text{Max}(A(f)), 0.7 \text{ Гц} < f < 1.45 \text{ Гц} \quad (10)$$

Для кожної частоти розглядався відгук конструкції (переміщення кінця штанги) на деякому проміжку часу $T > T_0$ (Рис. 14), тобто, при встановленому режимі коливаль.

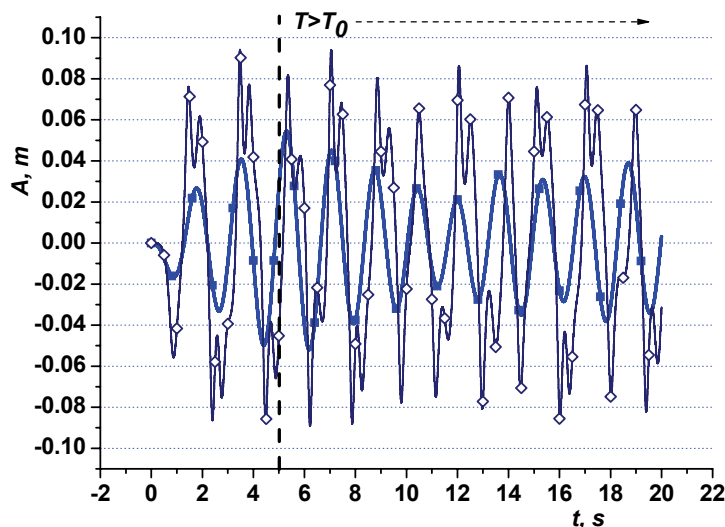


Рис. 14. Характер динамічних процесів у штанзі при різній амплітуді зовнішнього збурення

Як бачимо, лінеаризація задачі тут практично неадекватна, оскільки проявляються значні нелінійні ефекти при збільшенні амплітуди. З рис.13. можна зробити висновки: застосування додаткової пружини дозволяє значно зменшити габарити ДГК ($L=0.26\text{м}$). В той час коли демпфування у додатковій пружині Da несуттєве, демпфування у шарнірі Dm повинно бути значним.

Можливе застосування ДГК для зменшення коливаль штанги і у вертикальній площині. Особливістю цього випадку є дуже мала власна частота коливаль штанги на підвісці (для серійної 18-ти метрової штанги 0.3Гц). Вирішенням питання стабілізації штанги у вертикальній площині може бути ДГК рідинного типу (рис. 15.).

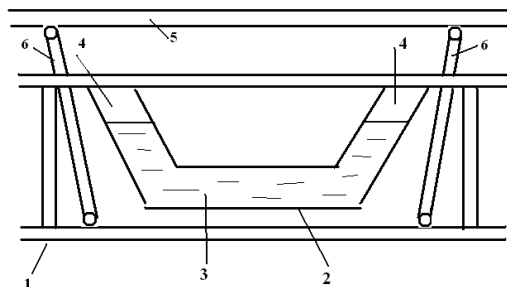


Рис.15. ДГК рідинного типу (2-4) приєднаний до центральної секції штанги (1) на важелевій підвісці (6)

У перспективі можливе застосування такого типу ДГК для стабілізації штанги і у горизонтальній площині.

Висновки. Для вирішення інженерної задачі оптимального проектування агрегатів з великогабаритними подовгастими функціональними елементами, зрештою, як і для будь-якої вібронавантаженої техніки, не існує стандартних програмних засобів. Універсальні, переважно імпортовані програми, мало пристосовані до специфіки проектування цих конструкцій та описання умов експлуатації машин, вже не говорячи про їх вартість та важкість освоєння. У даній роботі представлено ефективний комплекс програм моделювання динамічних процесів, що визначають ресурсні та функціональні властивості штангових обприскувачів. За допомогою таких програм проаналізовано міцність і функціональність штанг обприскувачів. Малопараметричні математичні моделі дозволяють в інтерактивному режимі оптимізувати ці конструкції ще на стадії проектування, а не після виготовлення, що потребує більше затрат. Додатково введені ДГК забезпечують зменшення інтенсивності коливаль і тим самим підвищують функціональні та ресурсні властивості.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дмитриченко М.Ф., Вікович І.А. Динаміка мобільних машин з начіпними функціональними елементами: Монографія.–Львів: Вид-во НУ “Львівська політехніка”, 2008.– 496 с.
2. De Jong, A., Van de Zande, J.-C., Stallinga, H., 2000. The effects of vertical and horizontal boom movements on the uniformity of spray distribution. Agricultural Engineering Conference, Paper no. 00-PM-015.
3. Enfalt, P., Enggvist, A., Alness, K., 1997. Assessment of the dynamic spray distribution on a flat surface using image analysis. Aspects Appl. Biol. 48, 17–25.
4. Herbst, A., Wolf, P., 2000. Spray deposit distribution from agricultural boom sprayers in dynamic conditions. Proceedings of the 25th International Conference on Noise and Vibration Engineering, Belgium, pp. 1599–1605.
5. D.Ooms*, R. Ruter, F. Lebeau, M.-F. Destain Impact of the horizontal movements of a sprayer boom on the longitudinal spray distribution in field conditions Crop Protection 22 (2003) 813–820
6. Дівеєв Б.М., Вікович І.А., Бутитер І.А., Ройко Ю.Я., Керування вібраційними процесами динамічних гасників коливань в сільгоспагрегатах з обертовими елементами // Вісн. Національного університету “Львівська політехніка” Сер. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів. – № 40, 2006. – С. 99–105.
7. Дмитриченко М.Ф., Вікович І.А., Дівеєв Б.М. Зменшення коливань штанги обприскувача за допомогою динамічних гасників коливань // Зб. наук. пр. Асоціації “Автобус” Проектування, виробництво та експлуатація автомобільних засобів і поїздів. – Львів, 2006. – Вип. № 9. – С. 47–52. (Українсько-словацький проект).
8. Igor Viktorovich, Bohdan Diveyev, Igor Butyter. Prospects of Modern Methods for Optimum Designing Mobile Vehicles. Матеріали XIV українсько-польської конференції «САПР у проектуванні машин. Питання впровадження та навчання» CADM’2006. – С. 130–132.
9. Дівеєв Б.М., Дорош І.А. Проблеми віброзахисту та динамічної стабілізації у штангових обприскувачах. // Всеукр. наук.-техн. журнал “Вібрації в техніці та технологіях”. – Вінниця: ВДАУ, 2006. - № 1 (43). – С. 27–29.
10. Z.A. Stotsko. B.M. Diveyev. B.I. Sokil., V.G. Topilnytskyu. Устройства устранения вибраций технологических машин. Часопис Кошіцького технічного університету „Manufacturing engineering”, cisl. 2, rocnik V, 2006. s. 52-53.
11. Дівеєв Б.М. Оптимізація процесів віброзахисту на основі напівавтоматичного гасника коливань. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. „Львівська політехніка”, 2005.–№39.–С.71–76.
12. Дівеєв Б.М., Грицай В.Я., Коваль Т.Б. Взаємодія подовгастого елемента конструкції з динамічними гасниками коливань маятникового типу з ударною масою. Вісн. Національного університету “Львівська політехніка” // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів. № 43. 2009. – С. 66–75.
13. Дівеєв Б.М., Вікович І.А., Грицай В.Я., Коваль Т.Б. Взаємодія подовгастого елемента конструкції з динамічними гасниками коливань різних типів. // Всеукр. наук.-техн. журнал “Вібрації в техніці та технологіях”. – Вінниця: ВДАУ, 2009. - № 2 (55). – С. 20–25.
14. Дівеєв Б.М., Глобчак М.В., Грицай В.Я., Коваль Т.Б. Динамічний гасник коливань маятникового типу з ударною масою. Матеріали Дев'ятої щорічної міжнародної Промислової конференції 9 - 13 лютого 2009 г., п. Славське, «Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях». С.106-109
15. Bohdan Diveyev, Igor Dorosh, Volodymyr Hrycaj, Taras Koval. Different type absorbers design for elongated elements vibration decreasing. CAD in Machinery Design Implementation and Educational Problems. Lviv, Ukraine 2010.– С.34-35.
16. Вибрации в технике. Т.6. Защита от вибрации и ударов. –М.: Машиностроение. 1981. – 456с.
17. Den Hartog, J. P. (1956), Mechanical Vibrations (4th edition) Mc Graw-Hill, New York.

РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф., Вікович І.А., Дівеєв Б.М., Височан І.М. Оптимізація проектування штанг обприскувачів із застосуванням динамічних гасників коливань. // Вісник НТУ. – К.: НТУ – 2012. – Вип. 26.

Проаналізовано методи оптимального проектування штангових обприскувачів і розвиток нових методів. Представлені дискретно-континуальні моделі динаміки таких машин як штанговий обприскувач з подовгастим штанговим елементом та приєднаними динамічними гасниками коливань. Отримані алгоритми зменшення вібрації штаги. Запропоновані нові вібропоглинаючі елементи.

ABSTRACT

Dmytrychenko MF, Vykovich IA, Dyveev BM, IM Vysochan Optimal Designing rods opryskyvateley Application with Dynamic dampers oscillations. // Visnyk NTU. – K.: NTU - 2012. - Vol. 26.

Proanalyzovany optimal methods of design and development of rod opryskyvateley of new methods. Predstavleny discrete kontynualnye dynamics models such machines как shtanhovyy opryskyvatel s prodolhovato shtanhovym element and prysoedynennymy Dynamic dampers oscillations. Poluchennyye suppression algorithms vybratsyy headstay. Predlozheny New Projects vybropohloschayuschye elements.

РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф., Вікович І.А., Дивеев Б.М., Высочан И.М. Оптимальное проектирование штанг опрыскивателей с применением динамических гасителей колебаний. // Вестник НТУ. - К.: НТУ - 2012. - Вып. 26.

Проанализированы методы оптимального проектирования штанговых опрыскивателей и развитие новых методов. Представлены дискретно-континуальные модели динамики таких машин как штанговый опрыскиватель с продолговато штанговым элементом и присоединенными динамическими гасителями колебаний. Полученные алгоритмы подавления вибраций штанги. Предложены новые вибропоглощающие элементы.

УДК 621.01

РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ І МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У БІТУМО-ЩЕБЕНЕВОМУ АГРЕГАТІ

Дмитриченко М.Ф., доктор технічних наук

Вікович І.А., доктор технічних наук

Дубневич О.М.

Бутитер І.Б.

Вступ. В Україні на дорогах з твердим покриттям переважно 95 ... 96% покладений асфальтобетон. Тому основна кількість і найбільша різноманітність використовуваних і ремонтних матеріалів, машин, технологій і нових розробок пов'язані з якісним нанесенням асфальтобетонних покриттів.

Для укладання на дорогах гарячої асфальтобетонної суміші сьогодні застосовують причіпні і самохідні колісні і гусеничні та комбіновані асфальтоукладчики з різними заданими технічними і технологічними параметрами: великою, середньою і малою продуктивністю та відповідним робочим устаткуванням, шириною укладання від 0,6 до 7 і більше метрів, різною висотою укладання і щільністю, різною транспортною швидкістю, з газовим і електричним та комбінованим підігрівом, з одно- і двошаровим укладанням базового і шару зносу, укладання крупно- і дрібнозернистої та піщаної асфальтобетонної суміші і регульовальними системами параметрів укладання.

Розроблений та виготовлений нами бітумо-щебеневий агрегат призначений для ямкового ремонту доріг шляхом одночасної доставки до місця роботи до 4-х фракцій щебеня і розігрітого рідкого бітуму або бітумної емульсії і створює можливість продувки стисненим повітрям поверхні ремонту та подачі бітуму і щебеню безпосередньо до місця роботи. Може використовуватись при будівельних та ландшафтних роботах, на аеродромах, при розшивці швів та тріщин тощо.

Постановка проблеми. Під час виконання технологічного процесу ямкового ремонту доріг досить часто виникає потреба транспортувати на порівняно великі відстані, на нові ділянки, причіпний бітумо-щебеневий агрегат з розігрітим рідким бітумом.

Залежно від технологічних потреб і умов експлуатації циліндрична горизонтальна ємкість бітумо-щебеневого агрегату може бути повністю наповнена розігрітим рідким бітумом, менше чи більше половини ємкості, або наповнена рівно наполовину ємкості.

Плавність ходу і стійкість руху транспортних засобів, частково заповнених рідиною, зокрема рідким бітумом (в'язка рідина) погіршується внаслідок зміщення центра ваги рідини (рідкого бітуму) під час коливань особливо в екстремальних режимах руху і на поворотах. Тому проблема щодо