УДК 621.01:632.981.2

Б.М. Дівеєв, І.А. Вікович, І.М. Височан, І.Р. Дорош*, В.В. Гілевич
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра транспортних технологій;
*Приватне підприємство "Дора", м. Львів

ОПТИМАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ШТАНГ ШТАНГОВИХ ОБПРИСКУВАЧІВ

© Дівеєв Б.М., Вікович І.А., Височан І.М., Дорош І.Р., Гілевич В.В., 2012

Проаналізовано методи оптимального проектування штанг штангових обприскувачів. Застосовуються числові методи, що ґрунтуються на блоково-варіаційних модальних і адаптивних схемах. Одержано оптимальні проекти для різних елементів: секції штанги з підвищеною міцністю, підвіски з підвищеними стабілізуючими і віброзахисними властивостями та віброударозахисна системи штанги у горизонтальній площині.

The main task of this work is to analyze optimal design-system for booms of the boom-sprayers. The calculation procedure of machine dynamics, resting on the synthesis of block-variation, modal and adaptive schemes, should be applied. The optimal designs for the various units will be obtained: the boom-sections with increased reserved strength, the suspension with increased stabilizing and vibroprotecting properties and booms vibroimpactprotecting system in horizontal direction.

Вступ. Оптимальне проектування сільгоспагрегатів, зокрема штангових обприскувачів, охоплює широке коло інженерних дисциплін – 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 ідеї зменшення цих вібрацій. Оскільки при таких коливаннях нерівномірність обприскування може сягати 600 %, то перед країнами ЄС (парк таких машин у Європі становить 400000) постало питання розроблення нових обприскувачів з покращеними властивостями. У цій роботі на основі раніше відомих та отриманих авторами математичних моделей динаміки та міцності складних конструкцій, розв'язується задача багатокритеріального раціонального проектування штанги обприскувача.

Стан задачі оптимального проектування штангових обприскувачів. Для визначення напружено-деформованого стану елементів конструкцій агрегатів використовуються комплекси програм машинобудівного проектування, пакети програм розрахунку (ППР): ProEngineer, ADAMS, CATIA, NASTRAN, ANSYS, COSMOS, Mechanical Desktop та ін. Ці пакети доволі потужні, але мають такі недоліки: а) надто дорогі для відносно малопотужних підприємств сільськогосподарського машинобудування; б) потребують адаптації до наших технічних стандартів та перекладу; в) освоїти їх доволі важко – необхідне спеціальне навчання персоналу; г) основні вузли машин (елементи сухого тертя, нелінійні демпфери та ін.) не доступні для розрахунку за допомогою цих пакетів, або потребують значних зусиль для розрахунку. Окремою найважливішою і найважчою є задача оптимального проектування конструкцій. Практично вона розв'язується методом декомпозиції конструкції і зменшення кількості змінних параметрів та прямованого пошуку в редукованій множині параметрів. На жаль, основні вищенаведені програмні засоби не надають можливості параметричної оптимізації. Не враховують вони і ресурсних запасів міцності вузлів машин.

Математичне моделювання динаміки конструкцій обприскувачів. Для моделювання технологічних процесів, що відбуваються за допомогою транспортних засобів, зокрема за допомогою колісних машин, розроблено ряд РС [1]. Частий недолік традиційних моделей – недостатнє вивчення взаємозв'язку між транспортними і технологічними процесами. Найбільшого

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

поширення набули незв'язані дискретні моделі. Хоча вони й дають змогу доволі точно визначати вплив динаміки руху на технологічний процес, проте зворотний вплив, який в окремих випадках доволі значний, повною мірою дослідити неможливо. У цій роботі розглянуто клас дискретно-континуальних моделей [2, 3], які дають змогу більш гнучко моделювати ці процеси.

Оптимальне проектування підвіски штанги. Розглянемо подвійну трапецеїдальну підвіску фірми Berthoud або Львівсільмашу (рис. 1).

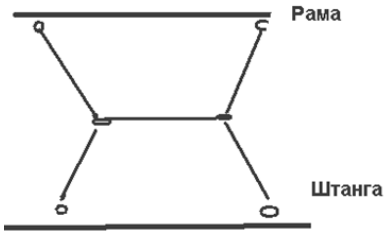


Рис. 1. Подвійна маятникова підвіска

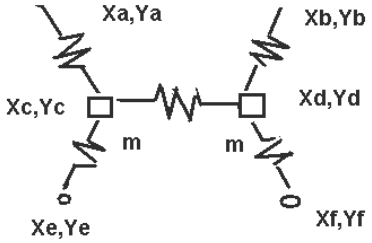


Рис. 2. Розрахункова схема підвіски

Відомо, що для виведення рівнянь рівноваги можна застосовувати метод сил або варіаційні методи. Проте навіть із застосуванням компактніших варіаційних методів, наприклад, методу Лагранжа другого роду не уникнути складних алгебраїчних перетворень. Розглянемо тепер просту дискретно-континуальну схему підвіски: невагомі пружні стрижні та дві маси ***m*** зосереджені в проміжних вузлах (рис. 2). Тепер ми отримуємо таку систему рівнянь для тих додаткових мас

$$m\frac{d^2x_c}{dt^2} = F^x_{CE} + F^x_{CA} + F^x_{CD}, \quad m\frac{d^2y_c}{dt^2} = F^y_{CE} + F^y_{CA} + F^y_{CD}, \tag{1}$$

$$m\frac{d^2x_d}{dt^2} = F^x_{DE} + F^x_{DA} + F^x_{DC}, \quad m\frac{d^2y_d}{dt^2} = F^y_{DE} + F^y_{DA} + F^y_{DC}.$$

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

$$F^x_{CE} = F^x_{CE}(x_C, y_C, x_E, y_E), \ldots, F^y_{DC} = F^y_{DC}(x_C, y_C, x_D, y_D)$$

Отже, тепер для розрахунку нам достатньо використати значення цих зусиль для розрахунку, рівнянь пружної рівноваги штанги і, можливо, рами агрегату та одержати замкнуту розрахункову схему. В 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 не однаковими за довжиною ланками та до підвіски з коректорами.

Оптимальне проектування секції штанги. Тепер розглянемо другий спосіб застосування цього методу. Розглянемо багатосекційну штангу як набір пружних стрижнів, з'єднаних пружно-дисипативними елементами. Для кожної з секцій розглянемо стрижень з такими самими жорсткістними характеристиками (рис. 3, 4).

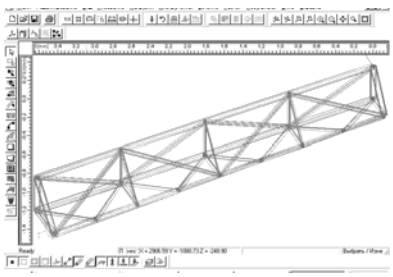


Рис. 3. Типова секція великогабаритної штанги

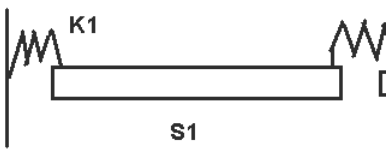
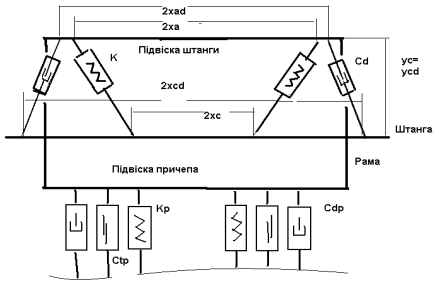


Рис. 4. Стрижневий аналог секції

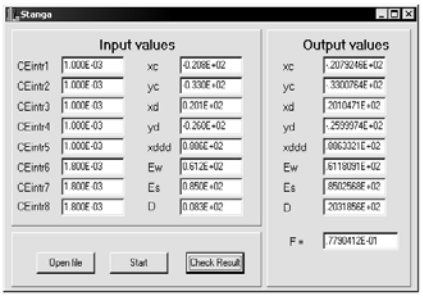
Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Тут можливий різний вибір аналога – стрижня (рис. 4). Це може бути стержень Ейлера [2], або більш адекватна для динамічних розрахунків балка Тимошенка [3]. Оскільки робочий діапазон частот коливань обприскувачів низький, то при врахуванні динаміки секцій, що потрібно для обрахування напружень, можна обмежитися лише однією – двома першими формами коливань.

Комплекс програм оптимального проектування підвіски. Для оптимізації агрегатів розроблено комплекси програм. Вони ґрунтуються на адекватному дискретно-континуальному моделюванні динаміки [2, 3] та генетичних алгоритмах оптимізації [4]. Нижче на рис. 5, а наведено розрахункова модель агрегату зі системою амортизації та штангою на А-подібній підвісці та діалогове вікно комплексу програм (рис. 5, б).



а



б

Рис. 5. Розрахункова схема коливань агрегату у вертикальній площині (а); вікно оптимізації за параметрами підвіски штанги і рами (б)

На основі експериментальних даних генерувалися випадкові процеси із заданими спектральними густинами. Цими випадковими процесами моделювалися збурення від поверхні поля. До цього випадкового збурення додавалося деяке кутове відхилення рельєфу, що за деякий проміжок часу наростало до максимального постійного значення. На рис. 6 показано результат генетичної оптимізації підвіски за параметрами підвіски (комбінована стабілізація). Як цільову функцію вибирали величину $F_C = \max(\varphi_R - \varphi_0)$.

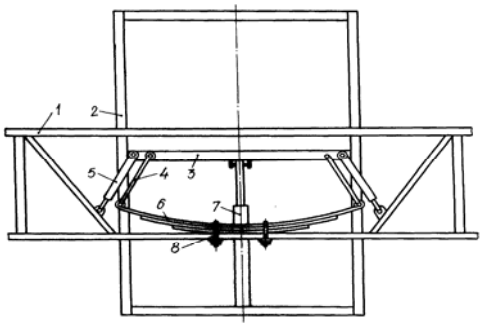


Рис. 5. Пружно-маятникова підвіска штанги

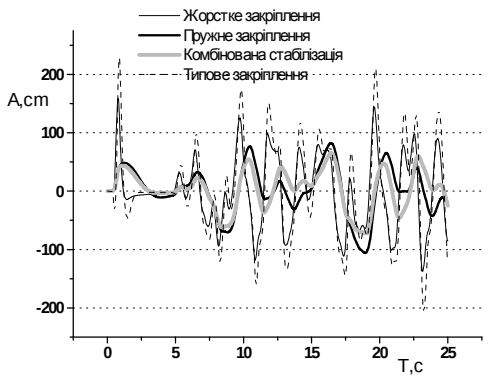


Рис. 6. Віброграма кутових коливань для штанги на маятниково-пружній підвісці

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. У штангових обприскувачів рівномірність обприскування тісно корелюється з коливаннями штанги відносно поверхні ґрунту.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Висновки. Для розв'язання інженерної задачі оптимального проектування обприскувачів як, зрештою, для будь-якої сільськогосподарської техніки не існує стандартних програмних засобів. Сьогодні розроблено низку ефективних алгоритмів та програмних засобів моделювання динамічних процесів, що визначають ресурсні та функціональні властивості таких машин. За допомогою таких комплексів програм можна успішно аналізувати міцність і функціональність штанг обприскувачів. Малопараметричні математичні моделі дають інженеру змогу в інтерактивному режимі оптимізувати ці конструкції ще на стадії проектування, а не після виготовлення, що потребує більше затрат.

1. Динамика системы дорога–шина–автомобиль–водитель / Под ред. А.А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 530 с. 2. Вікович І. А., Дівеєв Б. М. Конденсована модель поперечних коливань багатосекційної штанги обприскувача // Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – 2001. – № 434. – С. 19 – 24. 3. Дівеєв Б. Алгоритми розрахунку вібронапружених конструкцій у САПР та діагностичних системах на мікрокомп'ютерах // Матеріали IV і V Міжнар. наук.-практ. конф. "УКРСОФТ". – Львів, 1995. – С. 191 – 194. 4. Goldberg, D. E. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. – Addison-Wesley, 1989. 5. Височан І.М., Дівеєв Б.М., Дорош І.Р. Застосування динамічних гасників коливань для штанг обприскувачів у горизонтальній площині: Збірник наукових праць. Серія машинобудування, будівництво. – Полтава, 2012. – Вип. 2(32), Т.1. – С. 24–31. 6. Дівеєв Б.М., Вікович І.А., Височан І.М., Дорош І.Р. Застосування динамічних гасників коливань для зменшення горизонтальних коливань штанг обприскувачів / Міжвузівський збірник (за галузями знань "Машинобудування та металообробка", "Інженерна механіка", "Металургія та матеріалознавство". – 2012. – Вип. 36 (05.2012 р.). – С. 91–98.

УДК 621.302

О.З. Горбай, М.Б. Глобчак, Т.Б. Коваль*, І.В. Коник, Я.П. Яворський
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра автомобілебудування;
*Університет безпеки життєдіяльності (Львів)

КОМБІНОВАНІ МОДЕЛІ ДИНАМІКИ КУЗОВІВ КОЛІСНИХ МАШИН

© Горбай О.З., Глобчак М.Б., Коваль Т.Б., Коник І.В., Яворський Я.П., 2012

Розглянуто методи розрахунку та оптимізації вібраційних процесів у колісних машинах та малопараметричні схеми аналізу вібрації. Запропоновано нову математичну модель для визначення рівнів вібрації та динамічних напружень в автобусі.

The paper deals with the methods of calculation and optimization of vibration processes in wheel machines. Few parameters numerical schemes of vibration analysis are under discussion. A new mathematical model for the bus vibration level and dynamical stresses determination is proposed.

Вступ. Однією з важливих проблем проектування сучасних несівних систем транспортних засобів, зокрема колісних машин, є забезпечення несівної здатності кузова при збереженні оптимальних техніко-економічних показників, а саме таких, як комфортність, економічність, енерго- та матеріаловмісність, експлуатаційні витрати, витрати на ремонт та інше. Первинною задачею в цьому напрямку є необхідність удосконалення аналітичного методу розрахунку дії динамічних навантажень з метою наближення теоретичних результатів до експериментальних даних та досягнення раціонального і ефективного проектування рам, підвісок, приєднаних великогабаритних елементів: штанг, щогл. Таке завдання, очевидно, можна виконати за допомогою

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua