

УДК 631.372:001.4

UDC 631.372:001.4

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ПАХОТНОГО МТА НА БАЗЕ ТРАКТОРА КЛАССА 1,4 С УДМ В ТРАНСМИССИИ

THE EXPERIMENTAL RESEARCH RESULTS OF WORKING INDICATORS FOR MTU ON THE BASIS OF THE 1,4 CLASS WITH ELASTIC DAMPING MECHANISM IN TRANSMISSION

Дурягина Вероника Владимировна
SPIN-код: 6386-3689

Duryagina Veronika Vladimirovna
RSCI SPIN - code: 6386-3689

Южный Федеральный Университет, Таганрог, Россия

Southern Federal University, Taganrog, Russia

Статья посвящена исследованию влияния упругодемпфирующего механизма (УДМ) на показатели работы пахотного МТА на базе трактора класса 1,4. Устройство предназначено для плавного трогания агрегата, снижения динамических нагрузок в трансмиссии, защиты двигателя от колебаний внешней нагрузки. В статье приведены результаты натурных экспериментальных исследований серийного и опытного (с УДМ в трансмиссии) пахотного агрегата на базе трактора класса 1,4. Проанализированы осциллограммы реализаций крутящего момента на оси ведущего колеса трактора, тягового сопротивления, скорости ведущего колеса, угловой скорости коленчатого вала двигателя и буксования. Для более точного исследования параметров во времени проведен корреляционно – спектральный анализ, позволяющий качественно оценить влияние УДМ. А именно, детально рассмотрены нормированные автокорреляционные функции и спектральные плотности изменения во времени крутящего момента колеса, буксования и тягового сопротивления. Проведено сравнение этих параметров с аналогичными характеристиками серийного МТА. По результатам экспериментальных исследований сделан вывод о том, что применение УДМ в трансмиссии трактора положительно влияет на показатели функционирования пахотного МТА. Полученные данные могут быть использованы для получения коэффициентов математической модели функционирования МТА

The article deals with the study of the influence of the elastic damping mechanism (EDM) on the operability index for arable MTU on the basis of the 1,4 class tractor. The elastic damping mechanism was designed in order to smooth the aggregate starting, to reduce the dynamic load in transmission, to protect the engine from the external load vibration. The experimental results that were obtained while full-scale field studies of serial and test (containing EDM in transmission) machines are given in the article. Various oscillograms are analyzed: torque on the axis of tractor's driving wheel, tractive effort, the speed of the driving wheel, angular velocity of engine shaft and haulage. The mass-spectrum analysis was carried out to study the tractor characteristics in time more thoroughly. Such analysis allows to evaluate qualitatively the EDM influence. The normalized autocorrelation function and spectrum density of variation in time are studied in details for the following MTU characteristics: the wheel torque, haulage and tractive effort. These characteristics were compared with analogous characteristics for serial MTU model. The obtained results confirm that the EDM use in the tractor transmission has a positive effect on the functional MTU indexes. Obtained data can be used in mathematical modeling of MTU functioning

Ключевые слова: ЭКСПЕРИМЕНТ, МАШИННО-ТРАКТОРНЫЙ АГРЕГАТ, БУКСОВАНИЕ, ТЯГОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ, КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ КОЛЕСА, УПРУГОДЕМПФИРУЮЩИЙ МЕХАНИЗМ

Keywords: EXPERIMENT, MACHINE-TRACTOR UNIT, SLIPPING, TRACTIVE RESISTANCE, TORQUE WHEEL, ELASTIC DAMPING MECHANISM

При выполнении агротехнических работ машинно-тракторным агрегатом (МТА) на него постоянно действуют внешние факторы,

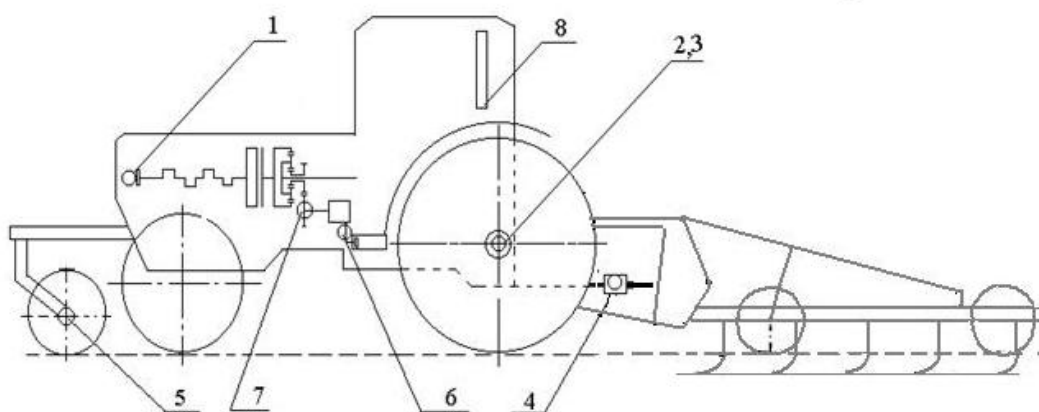
оказывающие существенное влияние на технологические и эксплуатационные показатели работы МТА в целом [1, 2, 5]. Для улучшения условий функционирования, уменьшения динамических нагрузок и снижения воздействия ходовых систем МТА на почву предлагаются различные решения. Одним из них является применение упругодемпфирующего механизма (УДМ), предназначенного для плавного трогания МТА, снижения динамических нагрузок в трансмиссии, защиты от колебаний внешней нагрузки [3, 4].

В работе приведены результаты экспериментальных исследований серийного и опытного (с УДМ в трансмиссии) пахотного агрегата на базе трактора класса 1,4.

Целью экспериментальных исследований пахотного МТА является изучение влияния параметров упругодемпфирующего механизма на показатели работы агрегата, сравнение этих параметров с аналогичными характеристиками серийного МТА, получение коэффициентов математической модели и определение эффективности функционирования пахотного МТА с упругодемпфирующим механизмом, установленным в трансмиссии трактора. Исследования проводились с использованием разработанной во ВНИПТИМЭСХ (г. Зерноград) системы автоматического накопления и обработки метрологической информации мобильного исполнения (САНУ). Система состоит из комплекса аппаратных и программных средств и включает в себя: бортовой компьютер, плату аналого-цифрового преобразования "код-цифра" (АЦП), плату сопряжений, инструментальный усилитель. Все оборудование было установлено в кабине передвижной тензометрической лаборатории ТЛ-2 на базе автомобиля ГАЗ-66. Комплект датчиков (первичных преобразователей), установленных на исследуемый агрегат, позволяет измерять мгновенные значения следующих энергетических параметров:

тяговое сопротивление тяговой лаборатории; крутящий момент на оси ведущего колеса; частоту вращения вала генератора трактора; импульсы оборотов ведущего колеса трактора; импульсы оборотов путемерного колеса трактора; давление масла в гидрوليнии (до дросселя); частоту вращения шестерни привода масляного насоса; расход топлива.

На рисунке 1 приведена схема установки датчиков на исследуемом пахотном МТА.



1 – датчик оборотов коленчатого вала двигателя; 2, 5 – датчики оборотов ведущего и путемерного колес соответственно; 3 – датчик крутящего момента; 4 – тяговое звено; 6 – датчик давления масла; 7 – датчик оборотов шестерни привода масляного насоса; 8 – мерный бачок для фиксирования расхода топлива

Рисунок 1 – Схема установки датчиков на пахотном МТА

Эксплуатационные испытания пахотного агрегата проходили на полях зерноградского района Ростовской области. В качестве эталонного при проведении сравнительных опытов использовался тот же самый машинно-тракторный агрегат, но с заблокированным УДМ.

При работе агрегата в поле производилась запись его основных рабочих параметров. Время опыта и пройденный путь фиксировались при помощи САНУ.

Обработка результатов эксперимента осуществлялась на персональном компьютере с использованием пакета программ. Результаты показали удовлетворительную точность опытов: предельная погрешность

крутящего момента на ведущем колесе трактора составила 4% , а предельная погрешность остальных измеряемых параметров не превышала 1,35 %.

На рисунках 2...5 приведены осциллограммы реализации крутящего момента на оси ведущего колеса трактора, тягового сопротивления, скорости ведущего колеса и угловой скорости коленчатого вала двигателя в двух вариантах – с УДМ в трансмиссии трактора и без него.

На графиках явно просматривается улучшение характеристик работы пахотного агрегата с упругодемпфирующим механизмом в трансмиссии.

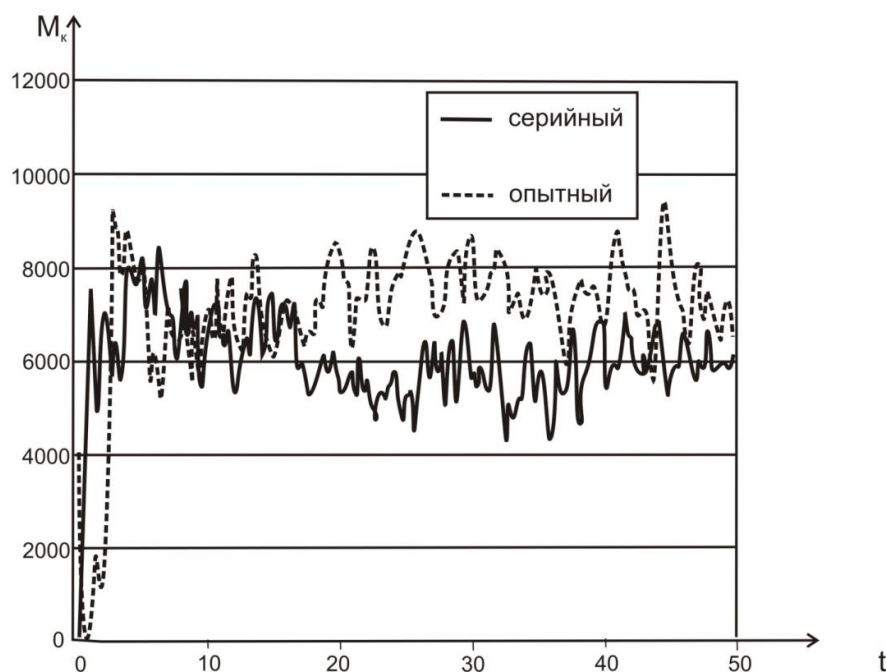


Рисунок 2 – Реализация изменения крутящего момента колеса во времени

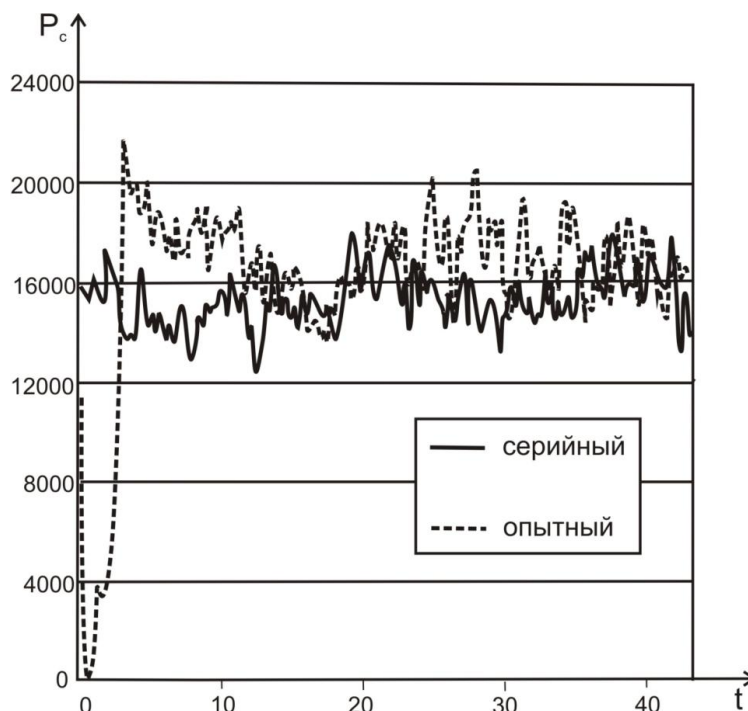


Рисунок 3 – Реализация изменения тягового сопротивления во времени

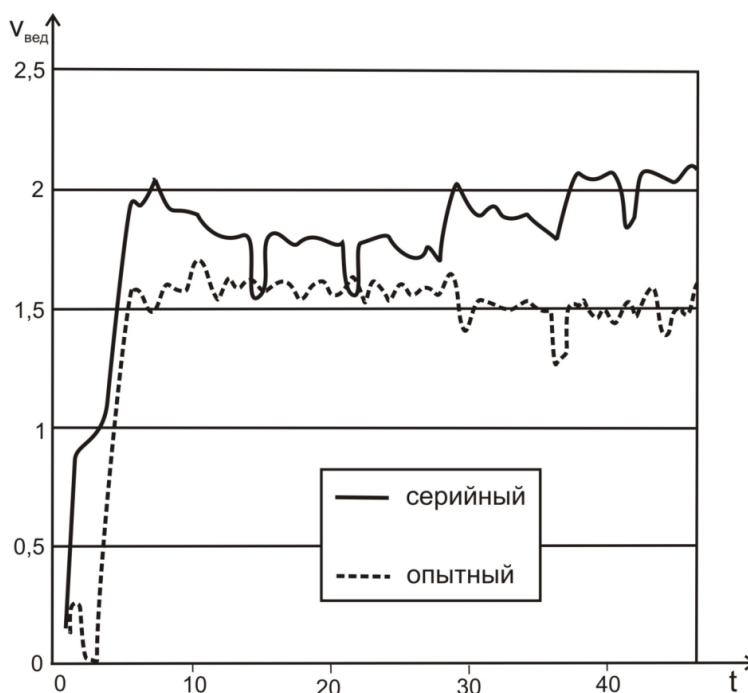


Рисунок 4 – Реализация изменения скорости ведущего колеса во времени

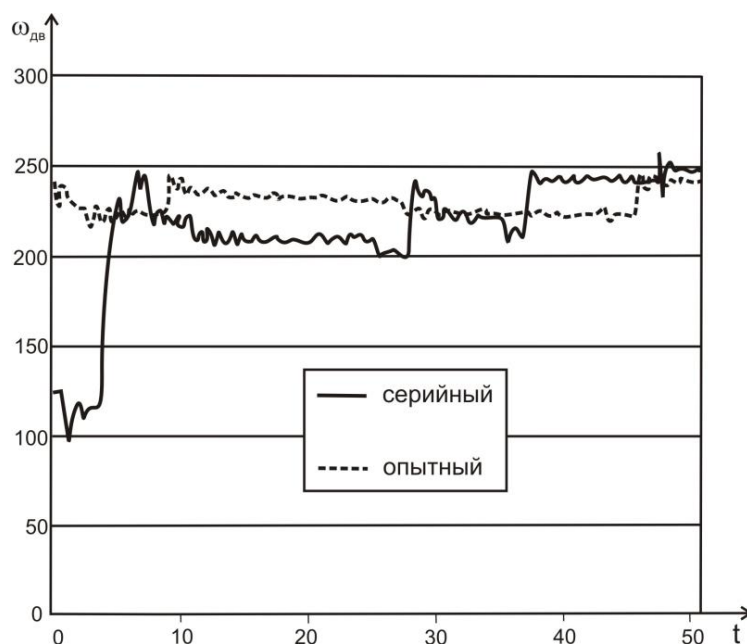


Рисунок 5 – Реализация изменения угловой скорости коленчатого вала двигателя во времени

На графиках явно просматривается улучшение характеристик работы пахотного агрегата с упругодемпфирующим механизмом в трансмиссии.

Характер протекания процесса, судя по данным измерений, остается идентичным. Особенно это просматривается на графиках тяговой нагрузки и скорости ведущего колеса. Как видно из рисунка 4, наличие УДМ приводит к сокращению времени разгона и уменьшению амплитуды колебания скорости на установившемся режиме. Это является фактором, свидетельствующим о быстрой адаптации опытного МТА к изменяющимся условиям. Судя по экспериментальным данным, у опытного МТА среднее значение крутящего момента увеличивается на 17% (рисунок 2). Кроме того, наблюдается стабилизация амплитуды около среднего значения. У МТА, в трансмиссии трактора которого установлен упругодемпфирующий механизм, частота колебаний тяговой нагрузки снижена по сравнению с серийным (рисунок 3). Судя по экспериментальным данным (рисунок 5), опытный МТА менее нагружен и более защищен от изменяющейся нагрузки: на осциллограмме угловой скорости коленчатого вала двигателя не наблюдается резких скачков,

наличие упругодемпфирующего механизма позволяет двигателю мгновенно адаптироваться в начальный момент движения МТА.

Как известно, колебания тяговой нагрузки и силы сопротивления движению вызывают буксование движителей. Поэтому в качестве относительного показателя эффективности применения УДМ в трансмиссии трактора применялся коэффициент буксования.

Буксование движителей агрегата, в трансмиссию трактора которого установлен УДМ, снижено (рисунок 6); при этом коэффициент сцепления с опорной поверхностью повышается. Это благотворно сказывается на элементах движителя, эксплуатационно-технологических показателях работы МТА [1] и на плодородие почвы.

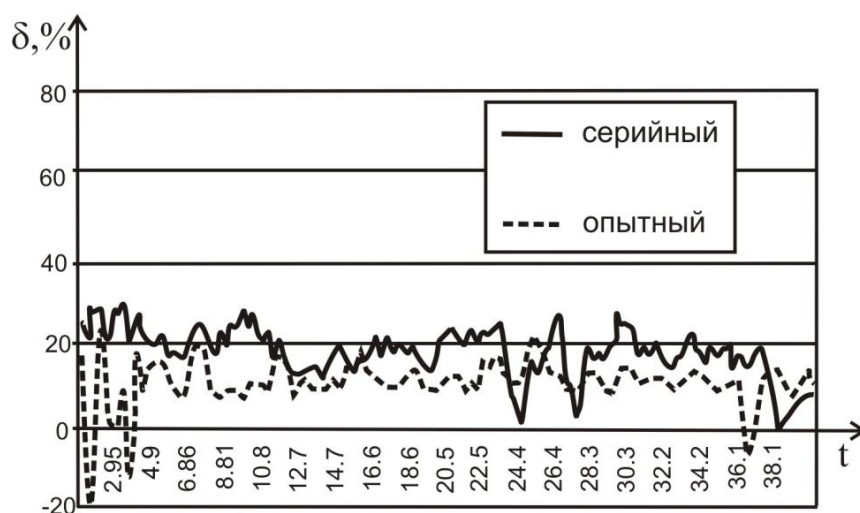


Рисунок 6 – Изменение буксования во времени пахотного агрегата

Для более точного исследования изменения буксования во времени проведен корреляционно-спектральный анализ, который позволяет оценить качественно применение УДМ с целью усовершенствования пахотного МТА на базе трактора класса 1,4 [5, 6].

Из рисунка 7 видно, что нормированная автокорреляционная функция $K_{\delta}(t)$ серийного агрегата убывает медленнее: время убывания для серийного агрегата составляет 1,7...1,9 с, для опытного МТА –0,55...0,85с.

По определению нормированная спектральная плотность может

принимать только положительные значения [2]. Наличие отрицательных участков (рисунок 8) можно объяснить помехами в работе датчиков и аппаратуры.

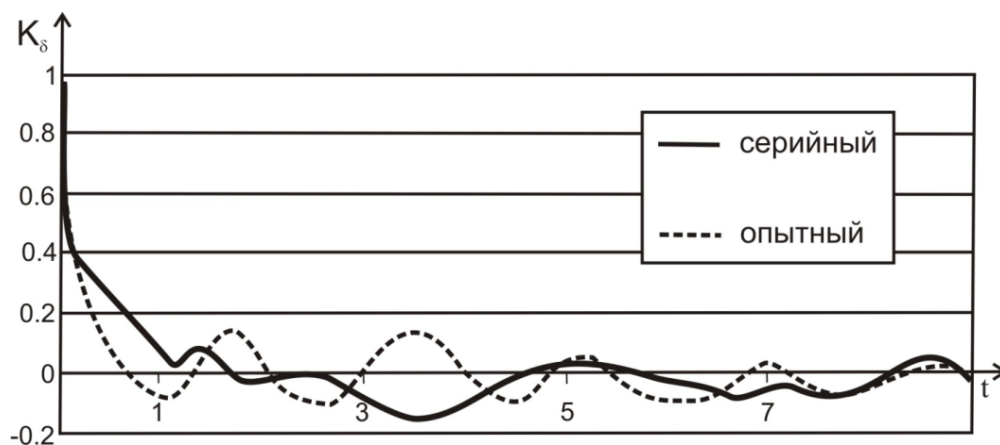


Рисунок 7– Нормированная автокорреляционная функция изменения буксования во времени

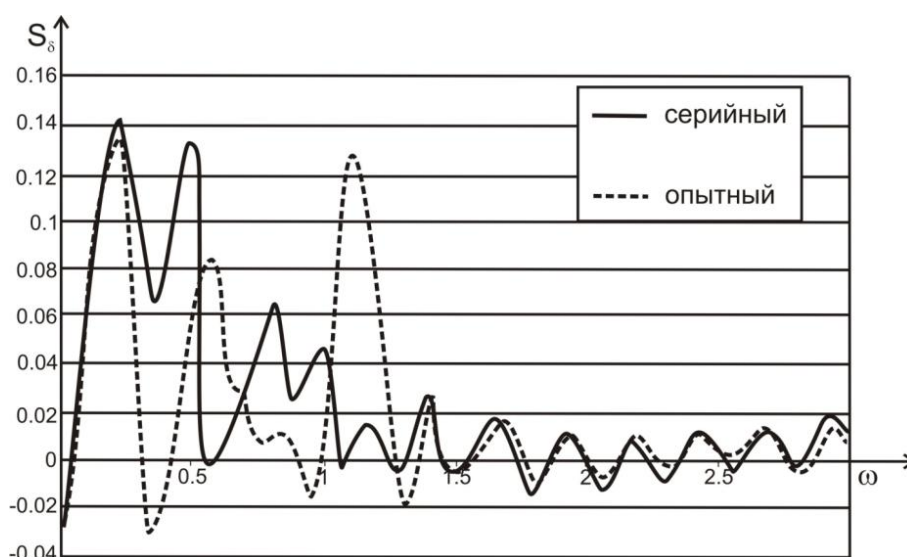


Рисунок 8 – Спектральная плотность изменения буксования во времени

На графике спектральных плотностей $S_{\delta}(\omega)$ (рисунок 8) видны преобладающие частоты. Срез частот $S_{\delta}(\omega)$ для опытного и серийного вариантов примерно одинаков и составляет около $1,4 \text{ с}^{-1}$. Характер изменения спектральных плотностей для серийного и опытного агрегатов схож между собой в пределах от 0 до $1,1 \text{ с}^{-1}$, что говорит об идентичности процесса буксования. В спектре серийного МТА имеется четыре преобладающие вершины: $0,3 \text{ с}^{-1}$, $0,5 \text{ с}^{-1}$, $0,8 \text{ с}^{-1}$ и 1 с^{-1} , а в опытном

варианте их три – $0,3 \text{ с}^{-1}$, $0,55 \text{ с}^{-1}$ и $1,2 \text{ с}^{-1}$. Наблюдаемая в высокочастотной области вершина в спектре изменения буксования движителя опытного МТА характеризует смену типа редуктора (изменение передаточного отношения в планетарном механизме).

Таким образом, установка УДМ в трансмиссию позволяет улучшить энергетические показатели в среднем на 6%, снизить буксование на 7,5% и повысить стабильность технологического процесса.

С целью оценки защищённости двигателя от колебаний внешней нагрузки был выполнен сравнительный корреляционно-спектральный анализ для исследования M_k , P_c .

Нормированная автокорреляционная функция реализации крутящего момента колеса (рисунок 9) показывает, что время спада функции у серийного агрегата составляет 1 с, в отличие от агрегата с упругодемпфирующим механизмом в трансмиссии, у которого время спада корреляционной функции 0,8 с.

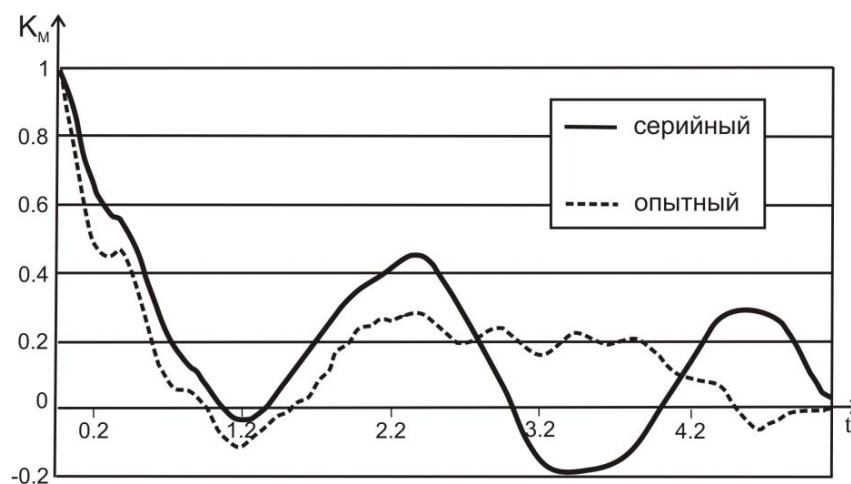


Рисунок 9 – Нормированная автокорреляционная функция изменения крутящего момента колеса во времени

На графике спектральных плотностей $S_m(\omega)$ (рисунок 10) видно, что количество преобладающих частот у серийного и опытного агрегатов одинаковое: для МТА с УДМ – $0,1 \text{ с}^{-1}$ и 2 с^{-1} ; для серийного – $0,1 \text{ с}^{-1}$ и 3 с^{-1} . В диапазоне от 0 до 1 с^{-1} наблюдается идентичный характер поведения

спектральных плотностей для серийного и опытного агрегатов.

Частота среза как в агрегате с УДМ и без УДМ имеет примерно одинаковое значение и составляет $\omega_c = 4 \text{ с}^{-1}$. Как видно из рисунка, для серийного МТА предел изменения преобладающих частот уже по сравнению с опытным, что свидетельствует о возможности лучшей адаптации к внешним факторам.

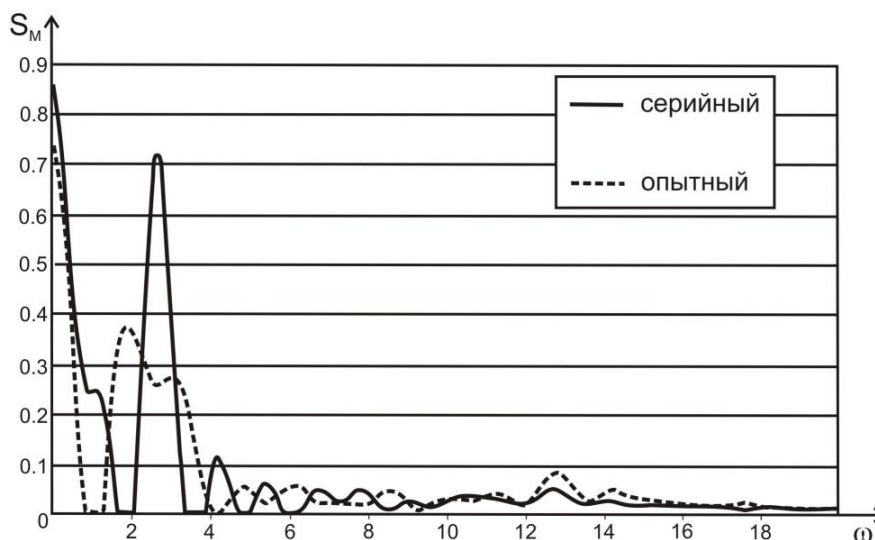


Рисунок 10– Спектральная плотность изменения крутящего момента колеса во времени

Нормированная автокорреляционная функция реализации тягового сопротивления (рисунок 11) показывает, что время спада функции у серийного агрегата составляет 3 с. Для агрегата с УДМ в трансмиссии убывает медленнее и при полученной длине реализации не достигает нулевых значений, что свидетельствует о большей плавности процесса.

На графике спектральных плотностей $S_P(\omega)$ (рисунок 12) видно, что у серийного агрегата имеется одна преобладающая частота, равная $0,1 \text{ с}^{-1}$. Для опытного агрегата количество преобладающих частот две: $0,1 \text{ с}^{-1}$ и 2 с^{-1} . В диапазоне от 0 до 1 с^{-1} наблюдается сходный характер поведения

спектральных плотностей. Для серийного агрегата более ярко выражены периодические составляющие, что свидетельствует о его незащищенности от колебаний внешней тяговой нагрузки.

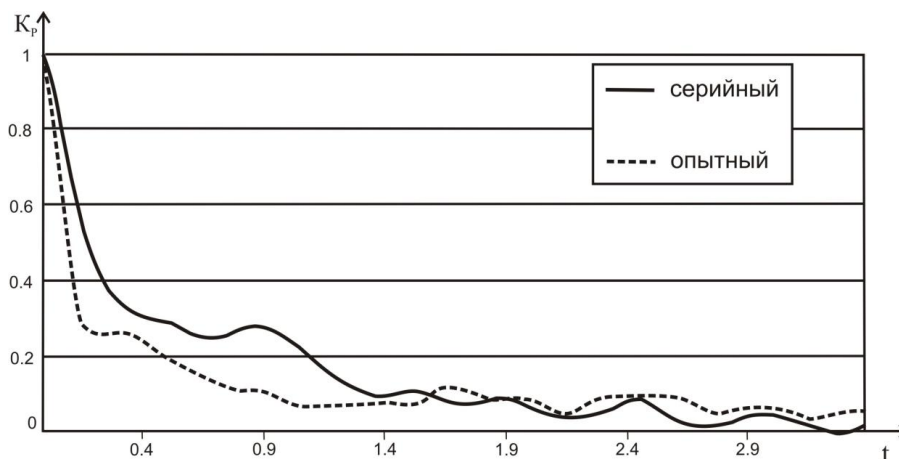


Рисунок 11 – Нормированная автокорреляционная функция изменения тягового сопротивления во времени

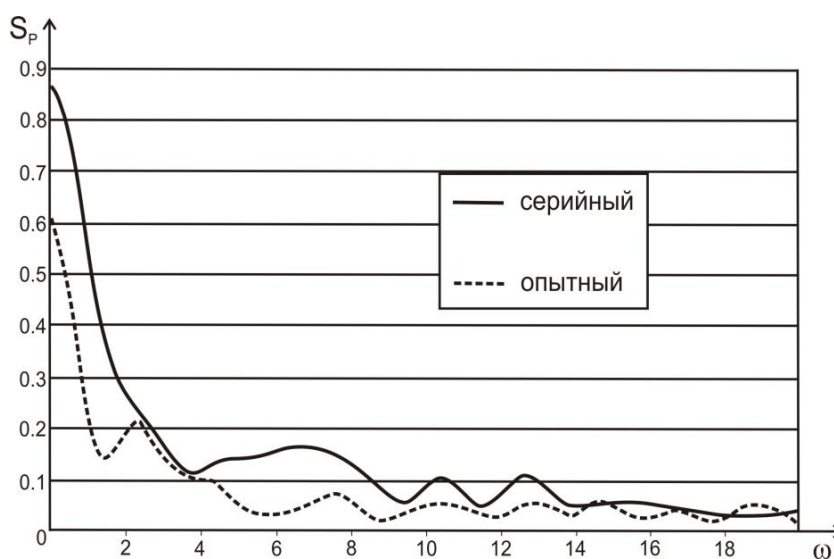


Рисунок 12– Спектральная плотность изменения тягового сопротивления во времени

На основе полученных результатов экспериментальных исследований можно сделать вывод о том, что применение УДМ позволяет: снизить колебания внешней нагрузки; уменьшить буксования двигателя; увеличить крутящий момент колеса; ослабить влияние внешних факторов на двигатель. Основными параметрами УДМ можно

варьировать, добиваясь снижения наиболее выраженных гармоник внешних колебаний нагрузки.

Литература

1. Кравченко В.А. Повышение динамических и эксплуатационных показателей сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов: монография / В.А. Кравченко. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА. – 2010. – 224 с.
2. А.Б. Лурье Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. - 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Колос, 1981. – 382 с.
3. Кравченко В.А., Сенкевич С.Е., Сенкевич А.А., Гончаров Д.А., Дурягина В.В. Патент на изобретение № 2398147. Устройство для снижения жесткости трансмиссии машино-тракторного агрегата / Кравченко В.А., Сенкевич С.Е., Сенкевич А.А., Гончаров Д.А., Дурягина В.В. (Россия) – Заявлено 31.12.2008г.; Оpubл. 27.08.2010г
4. Кравченко В.А., Гончаров Д.А., Дурягина В.В. Упругодемпфирующий механизм в трансмиссии сельскохозяйственного трактора. Журнал «Сельский механизатор», 2008, №11, с. 40-41.
5. Кравченко В.А., Дурягина В.В., Гамолина И.Э. Математическое моделирование тяговой нагрузки МТА. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №07(101).
6. Дурягина В.В., Гамолина И.Э. Статистический подход к исследованию внешних воздействий на МТА Труды XIX Международной научно-практической конференции «Современные проблемы гуманитарных и естественных наук», 25-26 июня 2014, г. Москва, с. 46 – 49.

References

1. Kravchenko V. A. Povyshenie dinamicheskikh i jekspluatacionnyh pokazatelej sel'skohozyajstvennyh mashinno-traktornyh agregatov: monografija / V. A. Kravchenko. – Zernograd: FGOU VPO AChGAA. – 2010. – 224 s. (in Russian)
2. Lur'e A. B. Statisticheskaja dinamika sel'skohozyajstvennyh agregatov. - 2-e izd., pererab. Idop.- M.: Kolos, 1981. – 382 s. (in Russian)
3. Kravchenko V. A., Senkevich S. E., Senkevich A. A., Goncharov D. A., Duryagina V. V. Patent na izobrenenie № 2398147. Ustrojstvo dlya snizheniya zhestkosti transmissii mashino-traktornogo agregata. / Kravchenko V. A., Senkevich S. E., Senkevich A. A., Goncharov D. A., Duryagina V. V. – Zayavleno 31.12.2008g.; Opubl. 27.08.2010g. (in Russian)
4. Kravchenko V. A., Goncharov D. A., Duryagina V. V. Uprugodempfiruyushchij mekhanizm v transmissii sel'skohozyajstvennogo traktora. Zhurnal «Selskij mekhanizator», 2008. – №11, 40 – 41 s. (in Russian)
5. Kravchenko V. A., Duryagina V. V., Gamolina I. E. Matematicheskoe modelirovanie tyagovoj nagruzki MTA. Politematicheskij setevoj ehlektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №07(101). (in Russian)

6. Duryagina V. V., Gamolina I. Je. Statisticheskij podhod k issledovaniyu vneshnih vozdestvij na MTA. Trudy XIX Mezhdunarodnoj nauchno–prakticheskoj konferencii «Sovremennye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk», 25-26 iyunya 2014, g. Moskva 46-49 s. (in Russian)