

УДК 629.114.4: 629.11.012.3

UDC 629.114.4: 629.11.012.3

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОД-
ВЕСКИ И ШИН НА НАГРУЖЕННОСТЬ КОЛЕС
АВТОМОБИЛЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО СТЕРНЕ-
ВОМУ ФОНУ**

**THE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF
THE CHARACTERISTICS OF SUSPENSION
BRACKET AND TIRES ON LOADING OF
WHEELS OF THE CAR WHEN MOVING ON
A MULCH BACKGROUND**

Оберемок Виктор Алексеевич
к.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код = 6469-6072
E-mail: Oberemok56@yandex.ru

Oberemok Victor Alekseevich
Cand.Tech.Sci., assistant professor
RSCI SPIN-code = 6469-6072
E-mail: Oberemok56@yandex.ru

Аванесян Андрей Михайлович
ассистент
РИНЦ SPIN-код = 7559-7264
E-mail: Avanesyan.andrej@ yandex.ru

Avanesyan Andrey Mikhaylovich
assistant
RSCI SPIN-code = 7559-7264
E-mail: Avanesyan.andrej@ yandex.ru

Демьяновский Константин Николаевич
студент
E-mail:kosstyan161@rambler.ru
*Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный
университет», г. Зерноград Ростовской области,
Россия*

Demyanovskiy Konstantin Nikolaevich
student
E-mail:kosstyan161@rambler.ru
*Azov-Black Sea engineering institute of Don
state agrarian university, Zernograd, Rostov re-
gion, Russian Federation*

Меликов Изет Мелукович
к.т.н., доцент
E-mail: izmelikov@yandex.ru
*ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный аграр-
ный университет». г. Махачкала, р. Дагестан, Россия*

Melikov Izet Melukovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor
E-mail: izmelikov@yandex.ru
*FGBOU VPO " Dagestan state agricultural uni-
versity", Makhachkala, Republic of Dagestan,
Russia*

Существующие расчетные режимы нагружения колёс автомобилей определяются для условий, максимально приближенных к дорожным условиям эксплуатации и отражены в существующих стандартах. Однако эти стандарты нельзя применять для оценки функциональных качеств систем поддрессоривания автомобилей, эксплуатирующихся в условиях сельскохозяйственного производства. Малый шаг неровностей, изменение упругодемпфирующих характеристик под действием эксплуатационных факторов приводят к возникновению нерасчётных режимов движения. Целью настоящей работы являлось исследование нагруженности колёс автомобиля при движении по стерне зерновых колосовых. С целью получения характеристик неровностей, воздействующих на колеса автомобиля, была произведена запись сглаженного микропрофиля поля, получены статистические показатели, нормированная автокорреляционная функция, спектральная плотность воздействия микропрофиля. Для проведения исследований была принята известная математическая модель системы «автомобиль-дорога». Исследовано влияние скорости движения, нормальной жесткости рессор и шин, коэффициентов демпфирования подвески и шин на вертикальные колебания и нагруженность колёс

The existing settlement modes of loading of wheels of cars are defined for the conditions which are closest to road service conditions and are reflected in the existing standards. However these standards can't be applied to an assessment of functional qualities of systems of cushioning the cars which are operated in the conditions of agricultural production. The small step of roughnesses, change the cushioned characteristics under the influence of operational factors lead to emergence of the off-design modes of the movement. The purpose of the work was the research of loading of wheels of the car when moving on mulch of grains. For the purpose of obtaining characteristics of the roughnesses influencing car wheels we have recorded a smoothed microprofile of the field and got the statistics, rated autocorrelated function, spectral density of influence of a microprofile. For carrying out the researches the known mathematical model of a car road system was accepted. Influence of speed of the movement, normal rigidity of springs and tires, coefficients of damping of a suspension bracket and tires on vertical fluctuations and loading of wheels of forward and back axes of

передней и задней осей автомобиля. Выполненные исследования показали, что движение автомобиля сопровождается колебаниями показателей нагруженности ходовой системы с явно выраженными периодическими составляющими. Изменение коэффициента демпфирования пассивной подвески и шин в возможных пределах не оказывает существенного влияния на нагруженность колёс. Установлены значения нормальных жесткостей рессор передней и задней осей автомобиля, нормальной жёсткости шин, при которых динамическая нагрузка на колёса автомобиля минимальна

Ключевые слова: ПАССИВНАЯ ПОДВЕСКА, ВОЗМУЩАЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, МИКРОПРОФИЛЬ, АМПЛИТУДА КОЛЕБАНИЙ, НОРМАЛЬНАЯ ЖЁСТКОСТЬ, КОЭФФИЦИЕНТ ДЕМПФИРОВАНИЯ

the car is investigated. The executed researches showed that the movement of the car is followed by fluctuations of indicators of loading of running system with obviously expressed periodic components. The change of the coefficient of damping of a passive suspension bracket and tires in possible limits has no essential impact on loading of wheels. Values of normal roughness of springs of forward and back axes of the car, normal rigidity of tires at which dynamic load of wheels of the car is minimum are established

Keywords: PASSIVE SUSPENSION BRACKET, REVOLTING INFLUENCE, MICROPROFILE, AMPLITUDE OF FLUCTUATIONS, NORMAL RIGIDITY, DAMPING COEFFICIENT

В настоящее время на отечественных автотранспортных средствах (АТС) применяются пассивные подвески, характеристики которых в процессе эксплуатации не регулируются.

Это объясняется простотой их конструкции, относительно высокой надёжностью, низкой стоимостью. Вопросы повышения виброзащитных свойств подвески автотранспортных средств отражены в работах многих отечественных и зарубежных учёных: Горелика, А.Д., А.С. Дьякова, В.В. Новикова, Р.В. Ротенберга, А.А. Хачатурова, Н.Н. Яценко, А.В. Поздеева, В.В. Щеховцова, М.Беккера, И. Раймпеля и др.

Несмотря на усилия учёных и производителей АТС с пассивными подвесками, проблема повышения их плавности хода до уровней действующих норм до сих пор не решена.

Это обусловлено рядом причин. Во-первых, при проектировании таких подвесок приходится сталкиваться с рядом проблем, главная из которых заключается в конфликте требований к подвеске в отношении плавности хода, управляемости и устойчивости движения. С одной стороны, для увеличения плавности хода подвеска должна иметь «мягкие» настройки, а с другой – настройки должны быть достаточно «жесткими», чтобы обеспечить хорошие управляемость и устойчивость.

Следующая проблема состоит в том, что условиям движения автотранспортных средств (таким как дорожное покрытие, режим движения) свойственно изменяться. Поэтому для АТС характеристики пассивной системы подрессоривания приходится выбирать, исходя из его назначения и среднестатистических условий эксплуатации. В итоге такая подвеска, оптимизированная применительно ко всему диапазону условий эксплуатации, оказывается неоптимальной в каждой из конкретных дорожных ситуаций.

Существующие расчетные режимы нагружения колёс автомобилей определяются для условий, максимально приближенных к дорожным условиям эксплуатации и отражены в существующих стандартах. Однако эти стандарты нельзя применять для оценки функциональных качеств систем подрессоривания автомобилей, эксплуатирующихся в условиях сельскохозяйственного производства, значительно отличающихся от стандартных. Малый шаг неровностей, изменение упругодемпфирующих характеристик под действием эксплуатационных факторов могут привести к возникновению нерасчётных режимов движения, приводящих к увеличению динамической нагрузки на колёса и элементы системы подрессоривания.

Следует отметить и зависимость характера возмущающего воздействия от распределения напряжений в контакте колеса с опорной поверхностью, реологических свойств опорного основания [1], а также упругих и демпфирующих свойств шины, которые также не являются величиной постоянной [2].

Однако работы по исследованию нагруженности колёс автомобиля при эксплуатации в условиях сельскохозяйственного производства практически не проводились.

Целью настоящей работы являлось исследование нагруженности колёс автомобиля при движении по стерне зерновых колосовых.

Для проведения исследований была принята известная математическая модель системы «автомобиль-дорога» [3].

Для получения характеристик неровностей, воздействующих на передние и задние колеса автомобиля, была произведена запись сглаженного микропрофиля поля после уборки зерновых колосовых. Для записи сглаженного микропрофиля стерни колосовых использовалось специальное оборудование на базе трактора МТЗ-80. Запись требуемых параметров осуществлялась при помощи осциллографа К-12-22.

Обработка осциллограмм производилась по методике, предложенной А.А. Силаевым.

В результате обработки осциллограмм были получены статистические показатели микропрофиля (таблица 1), нормированная автокорреляционная функция, спектральная плотность воздействия микропрофиля.

Таблица 1 - Показатели микропрофиля поля.

№/п	Показатели	Значение
1.	Максимальная высота неровностей, м	0,0742
2.	Минимальная высота неровностей, м	0,0490
3.	Среднее квадратическое отклонение, м	0,0244
4.	Дисперсия, m^2	0,000597

Для решения математической модели использовался численный метод интегрирования Рунге-Кутты четвёртого порядка. Значения постоянных коэффициентов уравнения рассчитаны на основании данных различных исследований и экспериментальных данных.

Результаты проведенных исследований приведены на рисунках 1 – 6.

Результаты исследований показывают, что движение автомобиля сопровождается колебаниями показателей нагруженности ходовой системы с явно выраженными периодическими составляющими. Преобладающими частотами, на которых приходится максимальная амплитуда колебаний неподрессоренных масс и максимальные нагрузки на колёса, являются 8,8 рад/с и 16,4 рад/с.

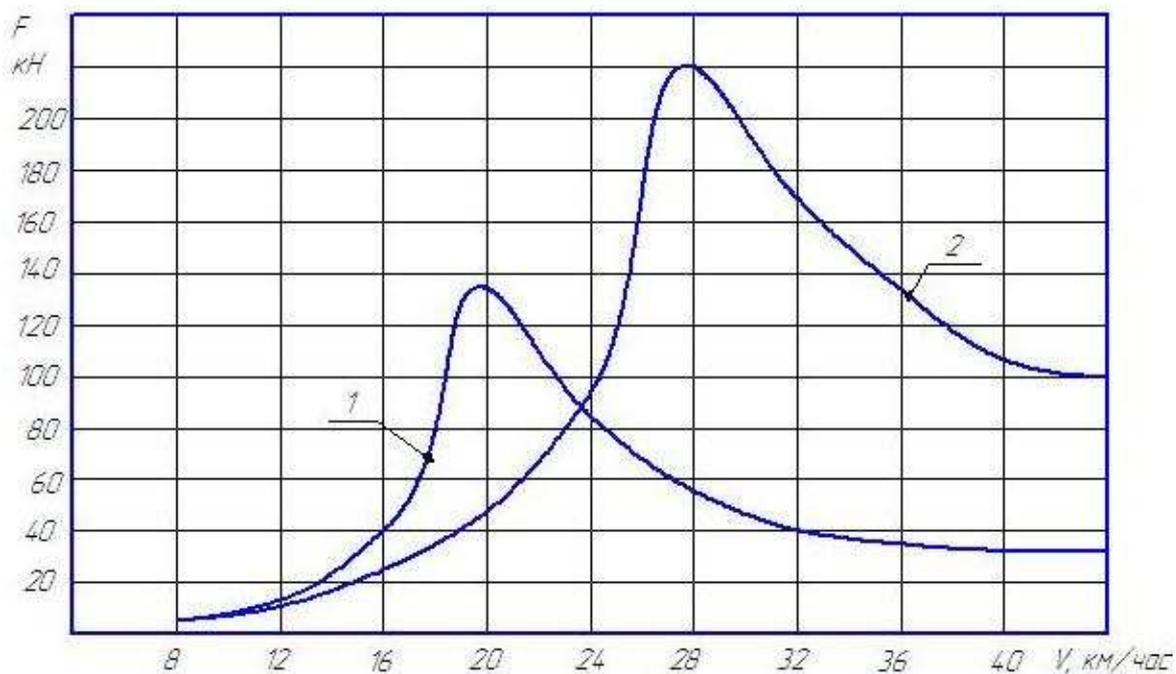


Рисунок 1 - Зависимость максимальной нагрузки на передний (1) и задний (2) мост от скорости движения.

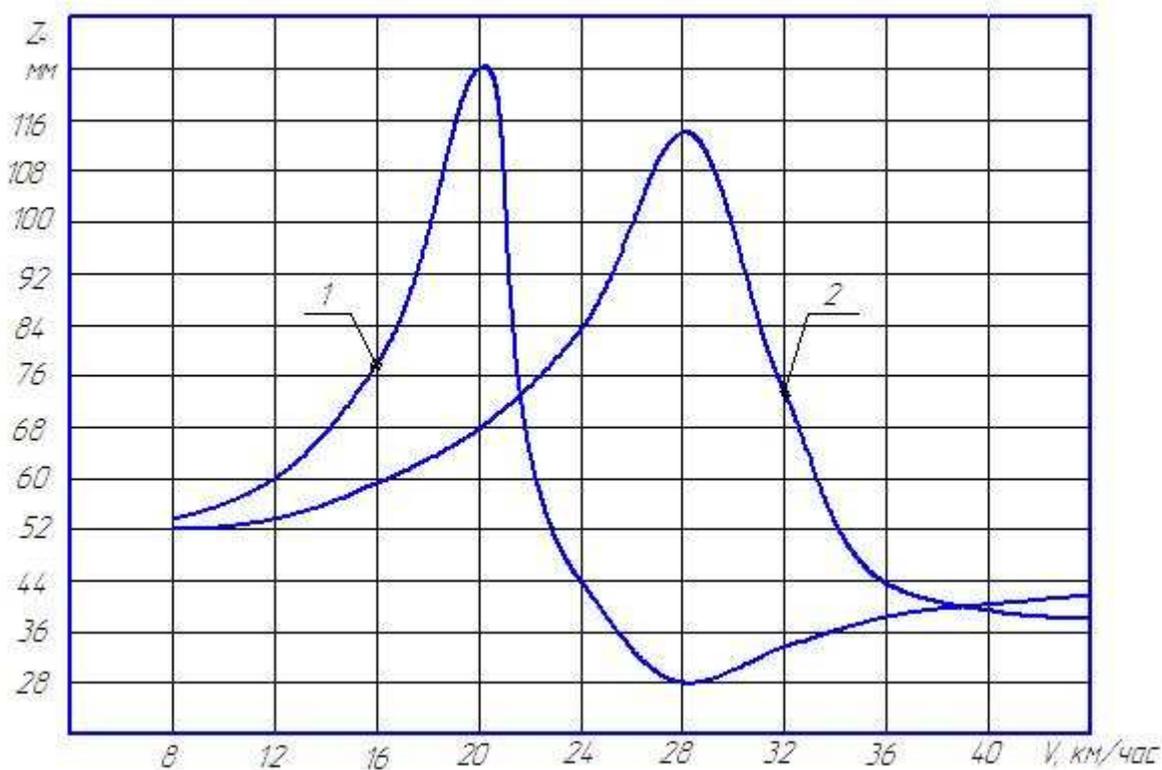


Рисунок 2 - Зависимость амплитуды колебаний переднего (1) и заднего (2) моста автомобиля от скорости движения



Рисунок 3 - Зависимость максимальной нагрузки на задний мост от нормальной жесткости рессор.

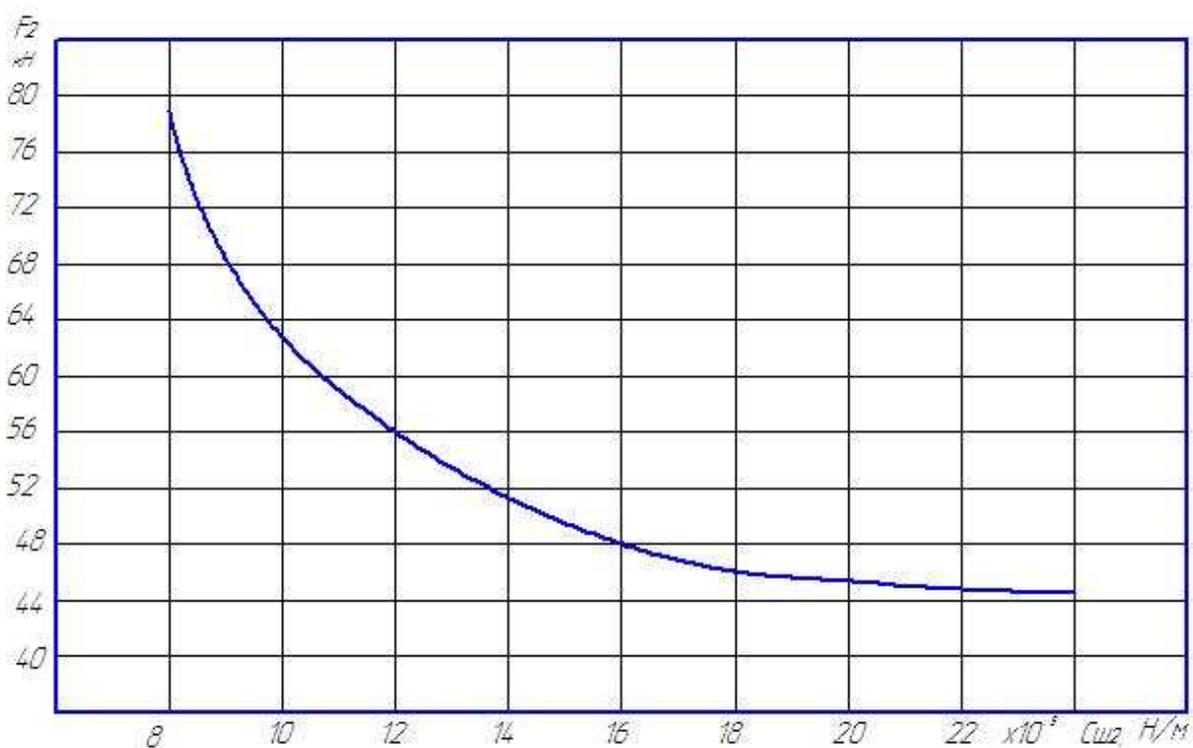


Рисунок 4 - Зависимость максимальной нагрузки на задний мост от радиальной жесткости шин

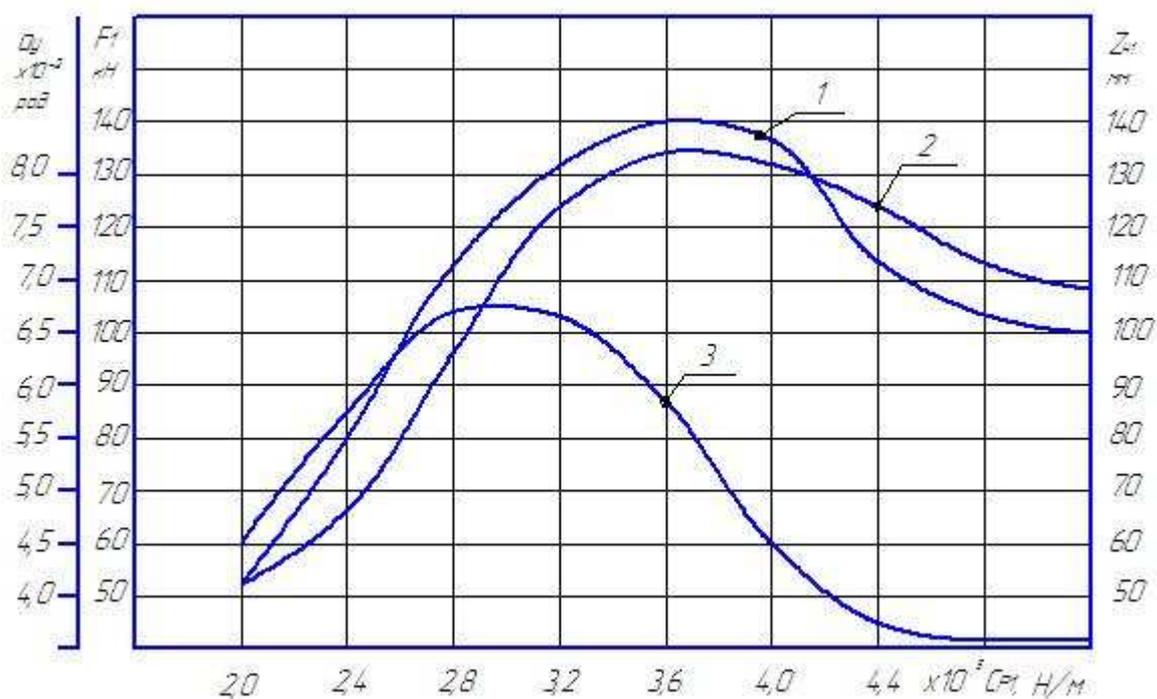


Рисунок 5 - Зависимость максимальной нагрузки (1), амплитуды колебаний (2) переднего моста и угловых колебаний (3) автомобиля от нормальной жесткости рессор



Рисунок 6 - Зависимость максимальной нагрузки (1) и амплитуды колебаний (2) переднего моста от радиальной жесткости шин

Пик максимальной нагрузки на передний мост наблюдается при скорости движения $V = 20$ км/ч (рисунок 1), на задний мост – при скорости движения $V = 28$ км/ч, что соответствует частотам внешних воздействий соответственно 9,7 рад/с и 13,6 рад/с. Пиковые значения нормальной нагрузки на передний и задний мосты превышают статическую нагрузку в 3,8...5,9 раз.

С увеличением скорости движения и удаления от резонансных частот динамическая нагрузка на мосты снижается. При скорости движения выше 36 км/ч интенсивность снижения нормальной нагрузки резко снижается. При этом динамическая нагруженность колёс, особенно заднего моста, остаётся достаточно высокой.

Аналогичный вид имеют и кривые амплитуды колебаний переднего и заднего (рисунок 2) мостов. Однако кривая амплитуды колебаний переднего моста имеет точку минимума при скорости движения 28 км/ч ($\omega = 13,6$ рад/с). С увеличением скорости движения амплитуда колебаний переднего моста увеличивается, вызывая увеличение угловых колебаний автомобиля относительно поперечной оси.

С целью определения оптимальных упруго – демпфирующих характеристик было исследовано влияние жесткости подвески и шин на амплитуду колебаний неподрессоренных масс и динамическую нагруженность колёс передней и задней осей при скорости движения автомобиля 20 км/ч.

Проведённые исследования показали, что с увеличением жесткости рессор динамическая нагруженность задних колёс снижается (рисунок 3).

Это объясняется повышением собственной частоты колебаний автомобиля и удалением от резонансных частот. С увеличением жесткости задних рессор $5,5 \cdot 10^5$ до $6,5 \cdot 10^5$ Н/м величина динамической нагрузки снижается на 13,8%. При дальнейшем увеличении жесткости задних рессор величина динамической нагрузки практически остаётся постоянной. Аналогичный характер протекания кривой нагрузки на задний мост от нор-

мальной жесткости шин (рисунок 4). При увеличении радиальной жесткости шин заднего моста с $12 \cdot 10^5$ до $17 \cdot 10^5$ Н/м динамическая нагрузка на задний мост снижается на 16,7%. При дальнейшем увеличении радиальной жесткости шин динамическая нагрузка на задний мост остаётся практически постоянной.

Влияние жесткости рессор передней подвески на нагруженность передних колёс неоднозначно. Максимальная динамическая нагруженность колес передней оси наблюдается при жесткости передних рессор $C_{P1} = 3,6 \cdot 10^5$ Н/м. С увеличением жесткости передних рессор нагрузка на передний мост снижается (рисунок 5). При увеличении жесткости свыше $5 \cdot 10^5$ Н/м снижение нагрузки замедляется, и она остаётся практически постоянной.

С уменьшением жесткости рессор ниже $3,6 \cdot 10^5$ Н/м нагрузка на передний мост снижается. Однако при жесткости рессор $2,8 \cdot 10^5 \dots 3,2 \cdot 10^5$ Н/м увеличиваются угловые колебания подрессоренных масс относительно поперечной оси (рисунок 5), ухудшающие плавность хода. Поэтому оптимальной следует считать жесткость передних рессор в диапазоне $2,2 \cdot 10^5 \dots 2,6 \cdot 10^5$ Н/м.

Аналогично влияние на нагруженность переднего моста и радиальной жесткости шин передних колёс. Максимальная нагрузка на передний мост наблюдается при жесткости шин передних колёс $C_{Ш1} = 6,5 \cdot 10^5$ Н/м (рисунок 6). С увеличением жесткости нагрузка на передний мост снижается. Так, увеличение жесткости шин передних колёс с $6,5 \cdot 10^5$ до $9,0 \cdot 10^5$ Н/м позволит снизить нагрузку на передние колёса на 20,8%.

Аналогичен и характер протекания кривых амплитуды колебаний (рисунок 6) неподрессоренных масс переднего моста от нормальной жесткости шин и рессор.

Проведённые исследования показали, что изменение демпфирующих свойств пассивной подвески и шин в возможных пределах не оказывает

существенного влияния на нагруженность колёс. Так изменение сопротивления амортизаторов передних и задних мостов на 40...50% приводит к уменьшению нагрузки на передний мост на 4...6%. Изменение сопротивления шин в этом диапазоне приводит к уменьшению динамической нагрузки на 3...5%. Для уменьшения динамической нагрузки на колёса автомобиля при движении по стерне зерновых колосовых необходимо увеличение сопротивления амортизаторов в 2...3 раза, что требует применения систем регулирования.

Список литературы

1. Носов, С.В. Моделирование системы дорога-трактор-водитель с учетом сглаживания шиной микропрофиля опорного основания/ С.В. Носов, Ю.Ю. Киндюхин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2009, №10. с.12-15.

2. Оберемок, В.А. Влияние условий эксплуатации на функциональные характеристики элементов подвески автомобиля/ В.А. Оберемок, А.М. Аванесян// Совершенствование конструкции и повышение эффективности эксплуатации колёсных и гусеничных машин в АПК: междунар. сборник науч. трудов – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», 2014. – С.116...124.

3. Аванесян А.М. Исследование нагруженности колёс автомобиля при движении по стерне зерновых колосовых/А.М. Аванесян, В.А. Оберемок//Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: матер. междунар. научно-практ. конф., Ч1. – Минск, БГАТУ, 2014. С.129-130.

References

1. Nosov, S.V. Modelirovanie sistemy doroga-traktor-voditel' s uchetom sglazhivaniya shinoj mikroprofilja opornogo osnovaniya (Modelling of system road-tractor-driver in view of smoothing by the trunk of a microstructure of the basic basis), S.V. Nosov, Ju.Ju. Kindjuhin, Traktory i sel'skohozjajstvennyye mashiny, 2009, No 10, pp.12-15.

2. Oberemok, V.A. Vlijanie uslovij jekspluatacii na funkcional'nye harakteristiki jelementov podveski avtomobilja (Influence of operating conditions on functional characteristics of elements of a suspension bracket of the car), V.A. Oberemok, A.M. Avanesjan, Sovershenstvovanie konstrukcii i povyshenie jeffektivnosti jekspluatacii koljosnyh i gusenichnyh mashin v APK: mezhdunar. sbornik nauch. Trudov, Zernograd: Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut FGBOU VPO «Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet», 2014, pp.116...124.

3. Avanesjan A.M. Issledovanie nagruzhennosti koljos avtomobilja pri dvizhenii po sterne zernovyh kolosovyh (Research of a load of wheels of the car at movement after grain grains), A.M. Avanesjan, V.A. Oberemok, Tehnicheskoe i kadrovoe obespechenie innovacionnyh tehnologij v sel'skom hozjajstve: mater. mezhdunar. nauchno-prakt. konf., Ch1, Minsk, BGATU, 2014, pp.129-130.