

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

МАМОНТОВ АНАТОЛІЙ ГЕННАДІЙОВИЧ

УДК 629.3.027.3

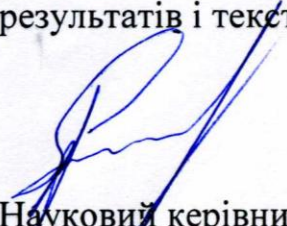
ДИСЕРТАЦІЯ

**ПОЛІПШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПЛАВНОСТІ ХОДУ ТА ДИНАМІЧНОЇ
НАВАНТАЖЕНОСТІ ХОДОВИХ СИСТЕМ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ НА
ТРАНСПОРТНИХ РОБОТАХ**


Спеціальність 05.22.02 – автомобілі та трактори
Галузь знань 13 – механічна інженерія

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело


А.Г. Мамонтов

Науковий керівник – Самородов Валдим Борисович, доктор технічних наук,
професор


*Здекларовано за відповідністю
з іншими науковими дослідженнями
дисертації досліджувача
Вчений секретар
спеціалізованої
ради Д 64.050.13
Др. Федорова Н.
20.09.2019 р.*

Харків – 2019

АНОТАЦІЇ

Мамонтов А.Г. Поліпшення показників плавності ходу та динамічної навантаженості ходових систем колісних тракторів на транспортних роботах. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.02 – автомобілі та трактори. – Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, 2019 р.

Дисертація присвячена поліпшенню експлуатаційних властивостей колісного трактора в агрегаті з напівпричепом при русі на транспортних режимах за рахунок обладнання переднього моста комбінованою пневморесорною підвіскою та визначення її раціональних параметрів.

Для вирішення поставленої задачі в роботі проаналізовані сучасні тенденції використання колісних тракторів під час перевезення вантажів, котрі є основною сільськогосподарською продукцією, а також продукцією призначеною для забезпечення виробничих процесів сільськогосподарських підприємств.

Визначено основні вимоги, які висуваються до конструкції тракторів, які застосовуються в якості транспорту в сільськогосподарській галузі. Розглянуто тенденції розвитку конструкцій систем підресорювання колісних тракторів з урахуванням виконання вантажоперевезень із підвищеними транспортними швидкостями.

Виконано аналіз методів і конструктивних засобів поліпшення плавності ходу й зниження динамічної навантаженості ходових систем. Визначено експлуатаційні вимоги, які висуваються до підвісок колісних тракторів. А також встановлені шляхи поліпшення показників плавності ходу на основі вдосконалення систем підресорювання.

У рамках дослідження складена узагальнена математична модель поздовжньо-кутових, вертикальних і поздовжніх коливань машино-тракторного агрегату на базі колісного трактора з напівпричепом, яка дозволяє досліджувати плавність ходу й динамічну навантаженість ходової системи. Складена математична модель доповнена математичними моделями пневматичної шини, пневматичного гумово-кордового пружного елемента й тяглово-зчіпного пристрою. Це дозволяє врахувати наявність демпфірування в пневматичній системі комбінованої пневморесорної підвіски, найбільш повно оцінити вплив нелінійності пружних і дисипативних характеристик шини та пневмобалона, а так само наявність зазору в тяглово-зчіпному пристрої на показники плавності ходу й динамічну навантаженість ходової системи колісного трактора. Для найбільш повної оцінки плавності ходу й динамічної навантаженості ходової системи колісного трактора обладнаного різними типами систем підресорювання математична модель реалізована в детермінованій постановці з мікропрофілем, який відповідає різним дорожнім покриттям.

Для зниження динамічної навантаженості ходової системи й поліпшення параметрів плавності ходу машино-тракторного агрегату на базі колісного трактора та напівпричепа, була розроблена комбінована пневморесорна підвіска, яка встановлена на передній міст трактора. При розробці регульованої пневморесорної підвіски використовувалися серійні вузли та деталі підвіски з листовими металевими ресорами. Пневморесорна підвіска розміщена в габаритних розмірах серійної підвіски, та складається з листових металевих ресор й двохсекційних пневмобалонів з додатковими повітряними резервуарами. Для збільшення демпфування в підвісці, в трубопроводі на вході до додаткових резервуарів було встановлено дроселі. При зростанні статичного навантаження на передній міст регулятор положення рами за допомогою клапану автоматично забезпечує надходження

стисненого повітря до пневмобалонів по трубопроводах, а при її зменшені – випуск повітря до атмосфери. Таким чином забезпечується підтримання постійного зазору між пружним упором стискання та переднім мостом.

З метою найбільш повної оцінки властивості конструкції розробленої пневморесорної підвіски та її досконалості при використанні трактора проведено експериментальні дослідження машино-тракторного агрегату в різних експлуатаційних умовах. Результати отримані під час проведення натурного експерименту дали можливість підтвердити достовірність теоретичних досліджень, та оцінити адекватність математичної моделі використовуваної для вивчення взаємозв'язків між параметрами конструкції підвіски та її експлуатаційними показниками.

Також була запропонована методика проведення експериментальних досліджень по визначенню демпфування в пневматичній системі комбінованої пневморесорної підвіски, методика визначення параметрів плавності ходу та динамічної навантаженості ходової системи машино-тракторного агрегату при виконанні транспортних робіт.

Під час проведення натурного експерименту визначено ступень дисипації в пневморесорній підвісці при різних прохідних перетинах дроселя, а також при різних об'ємах додаткових резервуарів, та визначено раціональний діаметр перехідного перетину дроселя. Проведена оцінка плавності ходу та динамічної навантаженості ходової системи машино-тракторного агрегату обладнаного серійною ресорною підвіскою, комбінованою пневморесорною підвіскою з гідравлічними амортизаторами та без гідравлічних амортизаторів, при русі трактора по дорозі з асфальтним і ґрунтовим покриттям, а саме проведена порівняльна оцінка пневматичного й гідравлічного демпфірування, порівняльна оцінка плавності ходу трактора із серійною та пневморесорними підвісками, шляхом визначення параметрів низькочастотних коливань у характерних точках трактора. Також визначена

динамічна навантаженість ходової системи трактора оснащеного різними системами підресорювання.

Для вимірів результатів експерименту, а саме для реєстрації параметрів низькочастотних коливань використовувався вимірювальний комплекс, що складається з вібровимірювальної апаратури. Для реєстрації динамічного навантаження передніх й задніх коліс трактора використовувалися тензодатчики, наклеєні на рукавах мостів, при цьому тензометричні датчики збиралися в тензометричні мости сигнал з котрих надходив до фіксуючої апаратури.

На підставі аналізу отриманих даних встановлено, що застосування комбінованої пневморесорної підвіски з гідравлічними амортизаторами в порівнянні із серійною ресорною підвіскою дозволяє знизити величини середньоквадратичних прискорень у характерних точках трактора й знизити динамічне навантаження, що діє на колеса машино-тракторного агрегату.

Проведено теоретичні дослідження, які дозволили дати об'єктивну оцінку впливу типу підвіски та її конструктивних параметрів на плавність ходу й динамічну навантаженість ходової системи колісного трактора. Визначено шляхи вдосконалення системи підресорювання й розроблені рекомендації з вибору раціональних параметрів підвіски.

На підставі аналізу проведених експериментальних досліджень динамічних процесів, які виникають під час руху колісного трактора в агрегаті з напівпричепом, встановлено, що результати теоретичних розрахунків якісно й кількісно відображають характер зміни та рівень показників плавності ходу й динамічної навантаженості ходової системи машино-тракторного агрегату. Також підтверджені рекомендації щодо обраних раціональних параметрів системи підресорювання переднього мосту колісного трактора. Згідно рекомендацій найкращі показники плавності ходу та динамічної навантаженості ходової системи колісного трактора з

шарнірно-зчленованою рамою на транспортних роботах досягаються при наступних обґрунтованих основних конструктивних параметрах комбінованої пневморесорної підвіски: діаметр прохідного перетину дроселя 9 мм, що забезпечує максимальне повітряне демпфірування в пневматичній системі та коефіцієнт загасання $\psi=0,21$; об'єм додаткових резервуарів $V_d=40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ на сторону; тиск у пневматичній системі 0,27 МПа; величина коефіцієнта загасання гідравлічного амортизатора $\psi_a=0,21$.

Список публікацій здобувача:

1. Мамонтов А. Г. Плавність руху як складова динаміки трактора : монографія / Б. І. Кальченко, О. Ю. Ребров, А. П. Кожушко, А. Г. Мамонтов. – Х. : ФОП Панов А. М., 2018. – 164 с.

2. Мамонтов А. Г. К обоснованию расчетной модели поддресоривания самоходной машины / А. Д. Артюшенко, А. Г. Мамонтов. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Автомобіле- та тракторобудування. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2006. – № 6. – С. 35-39.

3. Мамонтов А. Г. Экспериментальные исследования параметров демпфирования пневморесорной подвески самоходной машины / В. М. Великодний, А. Г. Мамонтов. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Автомобіле- і тракторобудування. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2010. – № 1. – С. 47-54.

4. Мамонтов А. Г. Исследования нагруженности ходовой системы колёсного трактора с пневморесорной подвеской / В. М. Великодний, А. Г. Мамонтов. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Транспортне машинобудування. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2010. – № 38. – С. 4-9.

5. Мамонтов А. Г. Экспериментальные исследования плавности хода трактора при движении по синусоидальным неровностям / В. М. Великодний, А. Г. Мамонтов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Транспортне машинобудування. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2010. – № 39. – С. 23-31.

6. Мамонтов А. Г. Исследования плавности движения трактора с прицепом по грунтовой дороге / В. М. Великодний, А. Г. Мамонтов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Транспортне машинобудування. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2011. – № 18. – С. 14-23.

7. Мамонтов А. Г. Исследование плавности хода трактора с прицепом при движении по дороге с асфальтным покрытием / А. Г. Мамонтов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Транспортне машинобудування. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2012. – № 19. – С. 90-94.

8. Мамонтов А. Г. Сравнительные исследования колебаний тракторов с пневморессорной и серийной подвесками при движении по асфальтированной дороге / А. Г. Мамонтов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Транспортне машинобудування. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2013. – № 31(1004). – С. 44-51.

9. Мамонтов А. Г. Сравнительные исследования динамической нагруженности ходовой системы колёсных тракторов с пневморессорной и серийной подвесками / А. Г. Мамонтов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Автомобіле- та тракторобудування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – № 8 (1051). – С. 33-39.

10. Мамонтов А. Г. Исследование плавности хода тракторов с пневморессорной и серийной подвесками при выполнении пахотных работ / А. Г. Мамонтов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Автомобіле- та тракторобудування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 10(1119). – С. 18-27.

11. Мамонтов А. Г. Исследования динамической нагруженности ходовой системы колёсного трактора при выполнении пахотных работ / А. Г. Мамонтов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Автомобіле- та тракторобудування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 13 (1235). – С. 22-25.

12. Мамонтов А. Г. Исследования колебаний тракторов, оборудованных пневморессорной и серийной подвесками при движении по

грунтової дорозі / А. Г. Мамонтов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Транспортне машинобудування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 14 (1236). – С. 35-40.

13. Мамонтов А. Г. Шляхи зниження впливу поздовжніх коливань транспортного засобу з агрегатами перемінної маси / А. П. Кожушко, С. С. Кравченко, А. Г. Мамонтов, О. О. Болжаларський // Двигатели внутреннего сгорания. Харків : НТУ «ХПІ». – 2019. – №2. – С. 59-65.

14. Мамонтов А. Г. Експериментальне дослідження плавності руху та навантаженості ходової системи колісного трактору оснащеного пневморесорною підвіскою / А. Г. Мамонтов // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей ХІХ міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2011, 01-03 червня 2011р.: у 4 ч. Ч. І. / за ред. проф. ТОВАЖНЯНСЬКОГО Л. Л. – Харків : НТУ «ХПІ». – С. 172.

15. Мамонтов А. Г. Експериментальне дослідження плавності руху трактора з причепом при русі по дорозі з асфальтним покриттям / А. Г. Мамонтов // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей ХХ міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2012, 15-17 травня 2012р.: у 4 ч. Ч. І. / за ред. проф. ТОВАЖНЯНСЬКОГО Л. Л. – Харків : НТУ «ХПІ». – С. 184.

16. Мамонтов А. Г. Шляхи зниження динамічної навантаженості ходових систем колісних тракторів / А. Г. Мамонтов // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей ХХІ міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2013, 29-31 травня 2013р.: у 4 ч. Ч. І. / за ред. проф. ТОВАЖНЯНСЬКОГО Л. Л. – Харків : НТУ «ХПІ». – С. 227.

17. Мамонтов А. Г. Влияние конструкции подвески колесного трактора на плавность движения / А. Г. Мамонтов // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей ХХІІ міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2014, 21-23 травня 2014р.: у 4 ч. Ч. І. / за ред. проф. ТОВАЖНЯНСЬКОГО Л. Л. – Харків : НТУ «ХПІ». – С. 219.

18. Мамонтов А. Г. Повышение производительности колесных тракторов с бесступенчатыми трансмиссиями за счет эксплуатации в особых зонах / Н. А. Мітцель, А. Г. Мамонтов // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2017, 17-19 травня 2017р.: у 4 ч. Ч. I. / за ред. проф. Сокола Є. І. – Харків : НТУ «ХПІ». – С. 198.

ABSTRACT

A.G. Mamontov Improvement of performance of smooth running and dynamic loading of running systems of wheeled tractors at transport works. – Manuscript.

The dissertation for obtaining a scientific degree of Candidate of Science (Technology) on the specialty 05.22.02 – automobiles and tractors. –National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, 2019.

The dissertation is devoted to improving the operational properties of a wheeled tractor in an aggregate with a semi-trailer during the driving in transport modes, due to the equipment of the front axle with a combined air spring suspension and determining its rational parameters.

To solve this problem we have analyzed the current tendencies in the application of wheeled tractors in the transportation of the main agricultural products, as well as products intended to support the production processes of agricultural enterprises.

The basic requirements for the construction of tractors used as a transport in the agricultural sector have been defined. The tendencies of development of designs of suspension systems of wheel tractors with consideration of performance of cargo transportation with the increased transport speeds have been considered.

The analysis of methods and constructive approaches of improving the smoothness of the course and reducing the dynamic load of the running systems have been performed. The operational requirements for suspension wheeled tractors have been defined. There are also ways to improve the smoothness of the course based on the improvement of the suspension systems.

In the framework of the study a generalized mathematical model of longitudinal-angular, vertical and longitudinal oscillations of a machine-tractor unit

based on a wheeled tractor with a semi-trailer, which allows to investigate the smooth running and the dynamic load of the running system, is drawn up. The mathematical model is completed with mathematical models of pneumatic tire, pneumatic rubber-cord elastic element and traction coupling. This allows to take into account the presence of damping in the pneumatic system of the combined pneumatic spring suspension, to fully assess the influence of nonlinearity of the elastic and dissipative characteristics of the tire and the pneumatic cylinder, as well as the presence of a gap in the traction-coupling device on the trajectory of smooth running and dynamic load. For the most completed evaluation of the smooth running and dynamic loading of the running system of a wheeled tractor equipped with different types of suspension systems, a mathematical model is implemented in a deterministic formulation with micro-profiles corresponding to different road surfaces.

To reduce the dynamic load of the running system and improve the parameters of the smooth running of the machine-tractor unit based on the wheeled tractor and semi-trailer, a combined pneumatic spring suspension have been developed, which was mounted on the front axle of the tractor. Developing the adjustable pneumatic spring suspension we used serial units and suspension parts with sheet metal springs. The pneumatic spring suspension is housed in the overall dimensions of the serial suspension, and consists of sheet metal springs and two-section pneumatic cylinders with additional air tanks. In order to increase the damping in the suspension, throttles were installed in the pipeline at the inlet to the additional tanks. As the static load on the front axle increases, the regulator of the frame position by means of a valve automatically ensures the supply of compressed air to the air cylinders through the pipelines, and with its reduction – the release of air to the atmosphere. This ensures that there is a constant gap between the elastic compression stop and the front axle.

With the purpose of the most complete evaluation of the design properties of the developed pneumatic spring suspension and its perfection when using the tractor, experimental studies of the machine-tractor unit under different operating conditions have been performed. The results obtained during the full-scale experiment made it possible to confirm the validity of theoretical studies and to evaluate the adequacy of the mathematical model used to study the relationship between the suspension structure parameters and its performance.

Also, a method of conducting experimental studies to determine the damping in the pneumatic system of the combined pneumatic spring suspension, the method of determining the parameters of smooth running and the dynamic load of the running system of the machine-tractor unit in the performance of transport works was also proposed.

During the full-scale experiment, the degree of dissipation in the pneumatic spring suspension was determined at different throttle cross-sections, as well as at different volumes of additional tanks, and the rational diameter of the throttle cross-section was determined. The estimation of the smoothness of the course and the dynamic loading of the running system of the machine-tractor unit equipped with a serial spring suspension, combined pneumatic spring suspension with hydraulic shock absorbers and without hydraulic shock absorbers, when driving the tractor on the road with asphalt comparative estimation of the smooth running of the tractor with serial and pneumatic spring suspensions, by determining the parameters of low-frequency oscillations at the characteristic points of the tractor. The dynamic loading of the running gear of the tractor equipped with various suspension systems is also determined.

To estimate the results of the experiment, namely to record the parameters of low-frequency oscillations, a measuring complex consisting of vibration measuring equipment was used. To register the dynamic load of the front and rear wheels of

the tractor were used strain gauges glued to the sleeves of the bridges, while the strain gauge sensors were collected in the strain gauge bridges signal from which came to the fixing equipment.

Being based on the analysis of the obtained data, it has been found out that the application of a combined pneumatic spring suspension with hydraulic shock absorbers in comparison with the serial spring suspension allows to reduce the magnitude of the rms acceleration at the characteristic points of the tractor and to reduce the dynamic load acting on the wheels of the machine-tractor.

Theoretical researches allowed to give an objective estimation of influence of a type of a suspension bracket and its design parameters on smoothness of a course and dynamic loading of a running system of a wheel tractor are carried out. Ways to improve the suspension system were identified and recommendations were made for choosing rational suspension parameters.

Based on the analysis of the experimental studies of the dynamic processes that occur during the movement of a wheeled tractor in a semi-trailer unit, it is established that the results of theoretical calculations qualitatively and quantitatively reflect the nature of the change and the level of smoothness and dynamic load of the running gear of the machine-tractor system. Recommendations for the selected rational parameters of the front axle suspension system of the wheeled tractor have been also confirmed. According to the recommendations, the best performance of smooth running and dynamic loading of the running system of the wheeled tractor with the articulated frame on the transport works are achieved with the following substantiated basic design parameters of the combined pneumatic spring suspension: diameter of the throttle cross-section 9 mm, which provides the maximum air damping in the pneumatic system and attenuation coefficient $\psi=0,21$; volume of additional tanks $V_d=40 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ per side; pressure in

the pneumatic system 0,27 MPa; the value of the damping coefficient of the hydraulic shock absorber $\psi_a=0,21$.

List of publisher publications:

1. Mamontov A. G. Smooth movement a component of the dynamics of tractor: a monograph / B. I. Kal'chenko, O.U. Rebrov, A. P. Kozhushko, A. G. Mamontov. – Kharkiv : FOP Panov A. M., 2018. – 164 p.

2. Mamontov A. G. To the substantiation of the design model of the suspension of a self-propelled machine / A. D. Artushenko, A. G. Mamontov. // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Automobile and tractor construction. – Kharkiv : NTU "KhPI". – 2006. – No.6. – P. 35-39.

3. Mamontov A. G. Experimental studies of damping parameters of air spring suspension of a self-propelled machine / V. M. Velikodnyj, A. G. Mamontov. // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Automobile and tractor construction. – Kharkiv : NTU "KhPI". – 2010. – No.1. – P. 47-54.

4. Mamontov A. G. Studies of the loading of the undercarriage of a wheeled tractor with air spring suspension / V. M. Velikodnyj, A. G. Mamontov. // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Transport machine building. – Kharkiv : NTU "KhPI". – 2010. – No.38. – P. 4-9.

5. Mamontov A. G. Experimental studies of the smoothness of the tractor when driving on sinusoidal irregularities / V. M. Velikodnyj, A. G. Mamontov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Transport machine building. – Kharkiv : NTU "KhPI". – 2010. – No.39. – P. 23-31.

6. Mamontov A. G. Studies of the smooth movement of a tractor with a trailer on a dirt road / V. M. Velikodnyj, A. G. Mamontov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Transport machine building. – Kharkiv : NTU "KhPI". – 2011. – No.18. – P. 14-23.

7. Mamontov A. G. Study of the smooth running of a tractor with a trailer when driving on an asphalt road / A. G. Mamontov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Transport machine building. – Kharkiv : NTU "KhPI". – 2012. – No.19. – P. 90-94.

8. Mamontov A. G. Comparative studies of oscillations of tractors with air spring and serial suspensions when driving on an asphalt road / A. G. Mamontov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Transport machine building. – Kharkiv : NTU "KhPI". – 2013. – No.31(1004). – P. 44-51.

9. Mamontov A.G. Comparative studies dynamic loads sought-after system wheel tractor with pneumatic and serial suspension system / A. G. Mamontov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Automobile and tractor construction. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2014. – No.8 (1051). – P. 33-39.

10. Mamontov A. G. Study of the smooth running of tractors with air spring and serial suspensions when performing arable work / A. G. Mamontov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Automobile and tractor construction. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2015. – No.10(1119). – P. 18-27.

11. Mamontov A. G. Research of dynamic load sought-after system of the wheel tractor at implementation of arable works / A. G. Mamontov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Automobile and tractor construction. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2017. – No.13 (1235). – P. 22-25.

12. Mamontov A. G. Studies of the fluctuations tractor equipped with pneumatic and serial suspension system when moving on road with soil covering / A. G. Mamontov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Transport machine building. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2017. – No.14 (1236). – P. 35-40.

13. Mamontov A. G. Ways to reduce the influence of longitudinal oscillations of vehicles with unit variable weight / A. P. Kozhushko, S. S. Kravchenko,

A. G. Mamontov, O. O. Bolzhalarsky // Internal Combustion Engines. Kharkiv : NTU "KhPI". – 2019. – No.2. – P. 59-65.

14. Mamontov A. G. Experimental study of the smoothness of traffic and the load of the running system of a wheeled tractor equipped with a pneumatic spring suspension / A. G. Mamontov // Information technologies: science, engineering, technology, education, health: Abstracts XIX international scientific-practical conference MicroCAD-2011, 01-03 June 2011: The four parts P. I. / in a row. prof. Tovazhnyansky L. L. – Kharkiv : NTU "KhPI". – P. 172.

15. Mamontov A. G. Experimental study of the smooth movement of a tractor with a trailer while driving on an asphalt road / A. G. Mamontov // Information technologies: science, engineering, technology, education, health: Abstracts XX international scientific-practical conference MicroCAD-2012, 15-17 May 2012: The four parts P. I. / in a row. prof. Tovazhnyansky L.L. – Kharkiv : NTU "KhPI". – P. 184.

16. Mamontov A. G. Ways to reduce dynamic loading systems running wheeled tractors / A. G. Mamontov // Information technologies: science, engineering, technology, education, health: Abstracts XXI international scientific-practical conference MicroCAD-2013, 29-31 May 2013: The four parts P. I. / in a row. prof. Tovazhnyansky L. L. – Kharkiv : NTU "KhPI". – P. 227.

17. Mamontov A. G. The influence of the design of the suspension of a wheeled tractor for movement smoothness / A. G. Mamontov // Information technologies: science, engineering, technology, education, health: Abstracts XXII international scientific-practical conference MicroCAD-2014, 21-23 May 2014: The four parts P. I. / in a row. prof. Tovazhnyansky L. L. – Kharkiv : NTU "KhPI". – P. 219.

18. Mamontov A. G. Improving the performance of wheeled tractors with continuously variable transmissions due to operation in special areas /

N. A. Mittsel, A. G. Mamontov // Information technologies: science, engineering, technology, education, health: Abstracts XXV international scientific-practical conference MicroCAD-2017, 17-19 May 2017: The four parts P. I. / in a row. prof. Sokol E. I. – Kharkiv : NTU "KhPI". – P. 198.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	4
ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ СИСТЕМ ПІДРЕСОРЮВАННЯ СУЧАСНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КОЛІСНИХ САМОХІДНИХ МАШИН.....	10
1.1 Сучасні тенденції розвитку систем підресорювання колісних тракторів.....	10
1.2 Плавність ходу, умови праці оператора та динамічна навантаженість колісного трактора в транспортному режимі	16
Висновки за розділом.....	32
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАВНОСТІ РУХУ ТА ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ ХОДОВИХ СИСТЕМ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ	34
2.1 Обґрунтування та опис розрахункової моделі поздовжньо-кутових, вертикальних та поздовжніх коливань машино-тракторного агрегату.....	35
2.2 Визначення зв'язку координат переміщення мас машино- тракторного агрегату та деформації пружних елементів.....	38
2.3 Математична модель коливань машино-тракторного агрегату	47
2.4 Визначення вихідних даних для математичного моделювання.....	66
2.4.1 Моделювання координати зовнішнього впливу	66
2.4.2 Пружні та дисипативні характеристики шини.....	72
2.4.3 Математична модель пневматичного пружного елемента	75
Висновки за розділом.....	82
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАВНОСТІ РУХУ ТА ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ ХОДОВОЇ СИСТЕМИ МАШИНО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ	84
3.1 Ціль та задачі експериментальних досліджень	84
3.2 Експериментальний макет регульованої пневморесорної підвіски	85

3.3 Прилади та вимірювальне обладнання застосовані при проведенні експериментальних випробувань машино-тракторного агрегату.....	87
3.4 Методика визначення ступеня демпфування в пневматичній системі комбінованої пневморесорної підвіски.....	92
3.5 Методика визначення параметрів плавності ходу та динамічної навантаженості ходової системи машино-тракторного агрегату при виконанні транспортних робіт.....	94
3.6 Обробка результатів експериментальних досліджень	96
Висновки за розділом.....	99
4 ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ПІДРЕСОРЮВАННЯ МАШИНО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ ПРИ ВИКОНАННІ ТРАНСПОРТНИХ РОБІТ	100
4.1 Аналіз результатів обробки експериментальних досліджень по визначенню дисипативних властивостей пневматичної системи підресорювання	100
4.2 Порівняльний аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень плавності руху та динамічної навантаженості ходової системи	109
4.2.1 Результати досліджень плавності руху та динамічної навантаженості ходової системи машино-тракторного агрегату при русі по дорозі з асфальтним покриттям	109
4.2.2 Результати досліджень плавності руху та динамічної навантаженості ходової системи машино-тракторного агрегату при русі по ґрунтовій дорозі	124
4.3 Рекомендації щодо обґрунтування та вибору раціональних параметрів системи ресорного підвішування машино-тракторних агрегатів на базі колісного трактору	139
Висновки за розділом.....	142
ВИСНОВКИ.....	144
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	147
ДОДАТОК А Системи підресорювання сучасних колісних тракторів	166
ДОДАТОК Б Акти впровадження результатів дисертаційної роботи	169
ДОДАТОК В Список публікацій здобувача за темою дисертації	172