

УДК 629.3.027.74: 539.3

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЖЕСТКОСТИ ОПОРНЫХ КАТКОВ ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ НА ИХ ДИНАМИЧЕСКУЮ НАГРУЖЕННОСТЬ

© 2013 С.А. Коростелев¹, А.Ф. Вербилов², В.В. Ковалев²¹ Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова² Барнаульский юридический институт Министерства внутренних дел России

Поступила в редакцию 30.03.2013

Представлены результаты расчета динамической нагруженности резиновых элементов катков гусеничного движителя при их движении по беговой дорожке гусеничной ленты.

Ключевые слова: *гусеничный движитель, опорные катки, резиновый элемент, динамическая нагруженность*

В настоящее время гусеничные машины имеют достаточно широкое распространение в различных сферах деятельности. Их важнейшими преимуществами при эксплуатации в сложных условиях являются высокая проходимость, тягово-сцепные качества, производительность и надежность работы. Немаловажным является и такой экологический фактор, как низкое удельное давление на грунт. Наибольшее распространение получила конструкция гусеничного движителя с использованием обвода в виде гусеничной цепи, состоящей из звеньев, соединенных шарнирами. Основные недостатки гусеничного движителя звенчатого типа связаны со сложностью его конструкции. Гусеничный движитель представляет из себя многомассовую динамическую систему со значительным количеством кинематических и вязкоупругих связей. Работая в непосредственном контакте с почвой и воспринимая значительные динамические нагрузки, вызванные характером эксплуатационного режима, почвенным рельефом и особенностями кинематики и динамики движителя. Звенчатость гусеничной цепи предопределяет возникновение колебательных процессов, связанных с цикличностью зацепления ведущего колеса со звеньями, периодическим изменением длины ведущего участка. В гусеничном обводе

возникают значительные продольные и поперечные динамические нагрузки. Помимо растягивающих усилий на гусеничную цепь действуют нагрузки от опорных и поддерживающих катков, от ведущего и направляющего колес, т. е. от всех деталей, оформляющих контур обвода, а также от грунта. Характер этих нагрузок в большинстве случаев также динамический. Мгновенные значения усилий при взаимодействии элементов движителя с гусеницей могут достигать очень больших значений, особенно у быстроходных машин. Многочисленными экспериментами установлено, что срок службы движителей при эксплуатации в условиях, способствующих возникновению повышенных динамических нагрузок (пробеги на бетонных и булыжных дорогах, каменистых грунтах), значительно сокращается. Надежность работы движителя падает.

Одним из путей решения задачи снижения динамической нагруженности и увеличения срока службы элементов гусеничного движителя является использование резиновых деталей, таких как элементы микроподдрессирования в опорных катках, резинометаллические шарнирные соединения звеньев и др. Резиновые элементы, применяемые в опорных катках гусеничного движителя, обладают вязкоупругими свойствами, что оказывает влияние на динамику гусеничного движителя. При проектировании резиновых элементов опорных катков важной задачей является определение динамических составляющих нагрузок, действующих на элементы ходовой части гусеничного транспортного средства. В работах [1, 2] приводятся основные предпосылки и соотношения для проведения расчета динамических нагрузок при качении опорного катка по беговой дорожке.

Коростелев Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и тракторы». E-mail: korsan73@mail.ru

Вербилов Алексей Федорович, кандидат технических наук, доцент кафедры огневой и технической подготовки. E-mail: bubushka@mail.ru

Ковалев Виталий Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры огневой и технической подготовки. E-mail: vit-kov@mail.ru

Цель работы: разработка методики определения динамических нагрузок, возникающих при взаимодействии катков с опорной поверхностью с учетом движения катков с отрывом от беговой дорожки гусеницы.

Для исследования динамического поведения рассмотрена плоская модель гусеничного транспортного средства, представленная на рис. 1. В этой системе m_0 и J – соответственно масса и момент инерции корпуса гусеничной машины относительно оси проходящей через центр масс; $m_i (i = 1, 2, \dots, n_k)$ – масса ступицы i -го катка вместе с массой оси и частью массы рычага

балансира (n_k – число катков); m_{nk+i} – масса наружного металлического бандаж i -го катка; L_i – координата расположения i -го катка относительно центра масс корпуса; K_i и C_i – приведенная жесткость и коэффициент демпфирования подвески i -го катка; K_{nk+i} и C_{nk+i} – приведенная жесткость и коэффициент демпфирования резинового элемента катка. В качестве обобщенных координат принимаются вертикальные перемещения корпуса и катков y_i , а также угловые перемещения корпуса относительно оси, проходящей через центр масс φ .

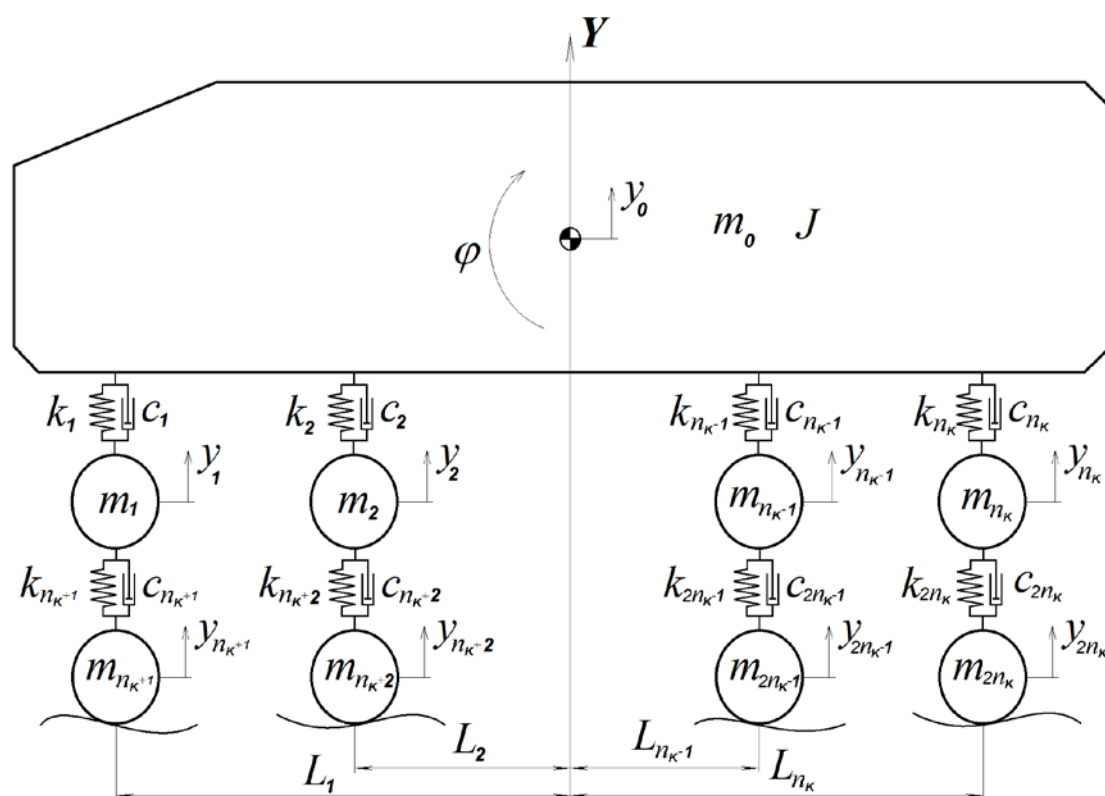


Рис. 1. Плоская модель гусеничного транспортного средства

Математическая модель, описываемая системой дифференциальных уравнений, приведена в работе [2]. В данной работе в качестве внешнего возмущения принимается кинематическое воздействие на бандаж катков при условии движения катка без отрыва от опорной поверхности. В качестве кинематического воздействия принимается комбинация двух гармонических функций, имитирующая звенчатость гусеничной цепи и профиль дороги. Однако при конструировании гусеничных цепей не всегда удается обеспечить непрерывность беговой дорожки. В таких случаях каток движется с перескакиваниями, периодически отрываясь от нее. Подобные явления возникают и при несовпадении уровней плоскостей у деталей, составляющих беговую дорожку,

из-за неизбежных в производстве отклонений от номинальных размеров.

При движении катка с отрывом возникает удар в точке контакта в момент соприкосновения катка с трактом. Сила удара будет определяться не только конструктивными параметрами катка, но и скоростью, теряемой катком в момент удара. Эта скорость зависит от профиля беговой дорожки. В настоящей работе рассматривается ступенчатый профиль, образованный периодически повторяющимися наклонными плоскостями со ступенькой в конце (рис. 2). Длина основания l_0 соответствует шагу гусеницы. Высота h_{TP} соответствует величине перепада между смежными траками.

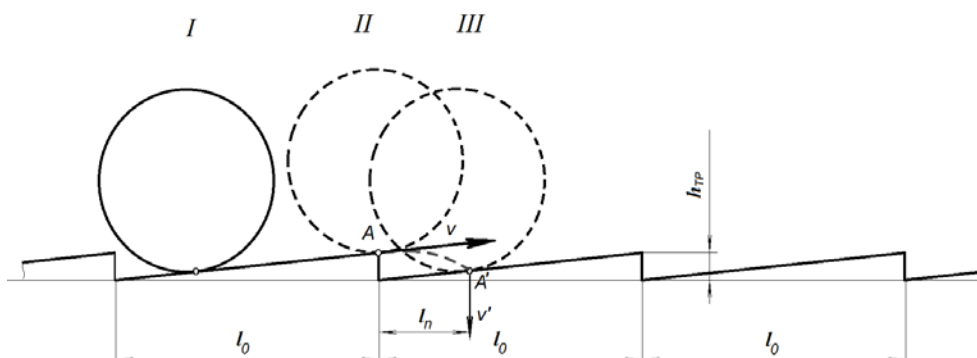


Рис. 2. Стадии перемещения катка по беговой дорожке гусеничной ленты

При рассмотрении процесса движения катка по беговой дорожке гусеничного движителя следует выделить три стадии (рис. 2).

I стадия – каток перекачивается по опорной поверхности звена, при этом имеет место контакт катка без отрыва от поверхности, его вертикальное перемещение задаётся профилем беговой дорожки.

II стадия – каток отрывается от звена в связи с перепадом высот (точка A), его перемещение происходит под действием сил инерции и сил от упругой деформации резинового элемента (траектория A-A').

III стадия – каток входит в соприкосновение с беговой дорожкой следующего звена (точка A').

В настоящее время используются приближенные способы определения деформаций контактирующих тел (или потенциальной энергии деформации) и силы удара. При этом существуют два способа с диаметрально противоположными предпосылками [1]. Исходной предпосылкой первого способа является предположение о том, что при ударе происходят только местные упругие деформации, не распространяющиеся на все соударяемое тело. Вся кинетическая энергия в этом случае расходуется на упругое смятие тел в точке (точнее площадке) контакта. Второй способ определения силы удара исходит,

наоборот, из того, что при ударе местные деформации отсутствуют и вся кинетическая энергия переходит в потенциальную энергию тел, деформируемых по всему объему. Динамическая сила в момент удара передаётся через металлический бандаж на резиновый элемент катка. В настоящей работе рассматривается второй способ.

Для расчета динамической нагруженности резиновых элементов катков использовался программный комплекс КАТОК [2], который разработан для исследования динамических процессов, происходящих в элементах гусеничного движителя при различных вариантах внешнего воздействия. Для решения системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику движения катков по опорной поверхности гусеницы, использовался метод временных конечных элементов [3]. В алгоритм программного комплекса внесены изменения, позволяющие учитывать движение катков с отрывом от опорной поверхности гусеничной ленты. В качестве расчетной модели была выбрана конструкция гусеничного транспортного средства, приведенная в работе [2]. На рис. 3 приведены графики перемещений ступицы и бандажа 1-го катка, которые отражают характерные вибрационные процессы, возникающие в момент удара катка.

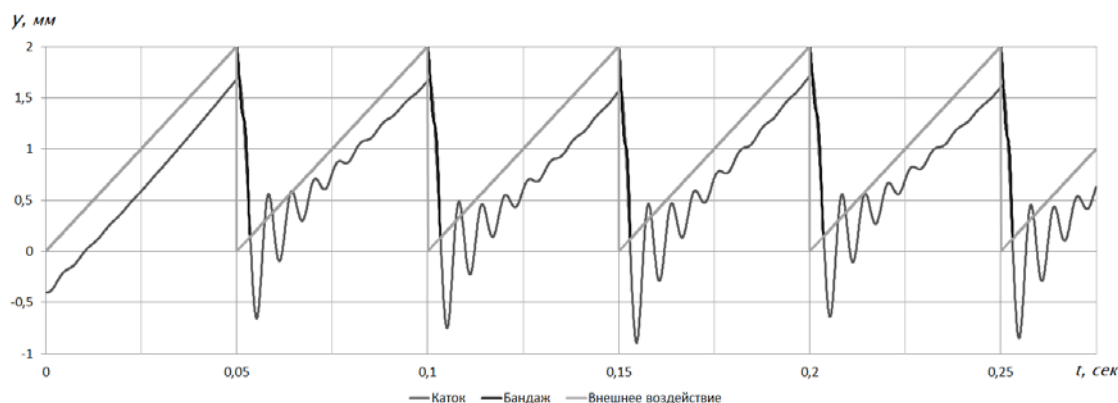


Рис. 3. Графики вертикальных перемещений 1-го катка

С использованием программного комплекса исследована зависимость амплитуды динамических сил, действующих на резиновый элемент катка, от скорости перемещения транспортного средства. На рис. 4 приведены амплитудно-частотные характеристики при гармоническом внешнем возмущении (моделирование качения катка без отрыва от беговой дорожки) и при периодическом ступенчатом возмущении (качение катка с отрывом). Кроме того, проанализирована зависимость динамической нагруженности от жесткостных параметров резинового элемента катков. На рис. 5 приведена картина изменения динамической нагрузки для упругого элемента микроподдрессирования катка в зависимости от жесткости элемента и скорости движения транспортного средства. Очевидно, что существует зона минимума динамической нагруженности в диапазоне значений коэффициента жесткости резинового элемента $k=7500-8500$ кН/м.

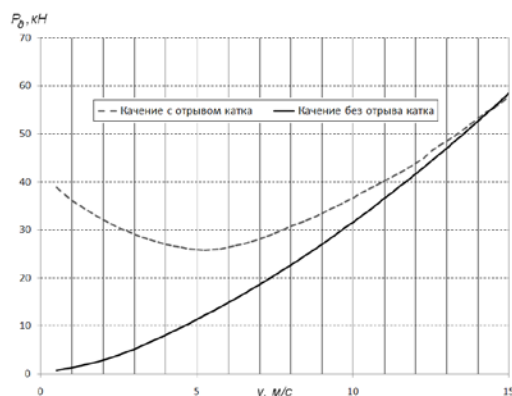


Рис. 4. Изменение динамической нагруженности резинового элемента катка при гармоническом и ударном воздействии (исходная конструкция с коэффициентом жесткости резинового элемента $k=5000$ кН/м)

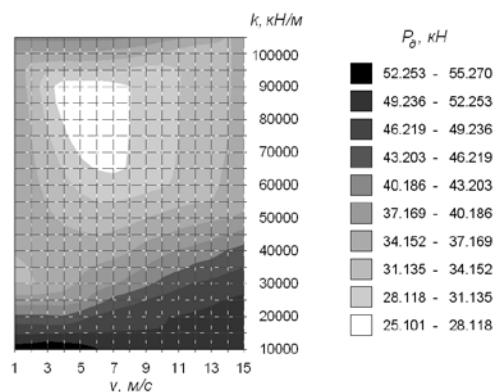


Рис. 5. Зависимость динамической нагруженности резинового элемента катка от скорости движения и коэффициента жесткости

Выводы: проведенные расчеты показывают характер изменения динамической нагруженности резинового элемента опорного катка при его движении по беговой дорожке гусеничного движителя с отрывом от поверхности. Выявлен диапазон значений коэффициентов жесткости резинового элемента катка с микроподдрессированием, в зоне которого динамическая нагруженность имеет минимальное значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Платонов, В.Ф. Динамика и надежность гусеничного движителя. – М.: Машиностроение, 1973. 232 с.
2. Дружинин, В.А. Определение динамических нагрузок при качении опорного катка с микроподдрессированием по беговой дорожке гусеницы / В.А. Дружинин, А.Ф. Вербиллов, С.А. Коростелев // Совершенствование систем автомобилей, тракторов и агрегатов: сб. статей. – Академия транспорта РФ, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1999. С. 43-48.
3. Hovard, G.F. The Accuracy and Stability of Time Domain Finite Element Solution / G.F. Hovard, J.E. Penny // Journal of Sound and Vibration. 1978. V.4, No. 61. P. 585-595.

INFLUENCE OF RUGGEDNESS CHARACTERISTICS OF CATERPILLAR LOCOMOTOR BASIC RUNNING ROLLERS ON THEIR DYNAMIC LOADING

© 2013 S.A. Korostelev¹, A.F. Verbilov², V.V. Kovalev²

¹ Altai State Technical University named after I.I. Polzunov

² Barnaul Law Institute of Russia Ministry of Internal Affairs

Results of calculation the dynamic loading of rubber elements of running rollers of caterpillar locomotors at their driving on caterpillar tape running track are presented.

Key words: caterpillar locomotor, basic running rollers, rubber element, dynamic loading

Sergey Korostelev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department "Automobiles and Tractors". E-mail: korsan73@mail.ru; Aleksey Verbilov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Shooting and Technical Training. E-mail: bubushka@mail.ru; Vitaliy Kovalev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Shooting and Technical Training. E-mail: vit-kov@mail.ru