

В. В. Хайновский, ассистент

## ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ДВУХЗВЕННОЙ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ С АКТИВНЫМ ПРИВОДОМ ПРИЦЕПНОГО ЗВЕНА

Estimation dynamic functioning two-piece loading-transporting machine with an active drive of a hook-on part. Parameters of dynamic functioning transmissions and a running part the machines influencing efficiency of its application are determined.

С целью установления типичных нагрузочных режимов двухзвенной погрузочно-транспортной машины с активным приводом прицепного звена, а также анализа частотной области ее колебаний были проведены теоретические исследования эквивалентной расчетной схемы, включающей тринадцать степеней свободы. Динамическая нагруженность шасси машины оценивалась максимальными и среднеквадратичными значениями крутящих моментов на полуосях тягового звена и приводном ролике осей прицепного звена, максимальными и среднеквадратичными значениями динамических реакций задней полуоси тягового звена и оси качания балансира прицепного звена, а также нормированными спектральными плотностями указанных крутящих моментов и динамических реакций.

При движении двухзвенной погрузочно-транспортной машины по опытным участкам лесовозных усов и трелевочных волоков максимальные значения крутящих моментов на задней полуоси тягового звена достигают 14 кН и увеличиваются во всех элементах трансмиссии машины с увеличением скорости движения и среднеквадратичной высоты неровности (таблица). При этом движение исследуемой машины по пасечному волоку характеризуется соответствующим увеличением максимальных крутящих моментов (на 15–20% в сравнении с движением машины по лесовозному усу).

Исследованиями установлено, что скорость движения машины оказывает значительное влияние на показатели динамической нагруженности трансмиссии и ходовой части двухзвенной погрузочно-транспортной машины (рис. 1–3). Колебания крутящих моментов на задней полуоси тягового звена машины и приводном ролике осей прицепного звена при ее движении со скоростью 0,5...5 м/с находятся в области частот до 5 Гц. Наибольшая амплитуда спектра наблюдается на частотах, близких к нулю, и снижается с увеличением скорости движения машины.

Нормированные спектральные плотности динамических реакций оси качания балансира прицепного звена имеют ярко выраженный максимум на частотах 2,1...3,5 Гц. Колебания динамических реакций задней полуоси тягового звена и оси качания балансира происходят на частотах 0...9 Гц. Максимальные и среднеквадратичные значения динамических реакций оси качания балансира прицепного звена нелинейно возрастают на 22...55% при увеличении скорости движения машины до 3...5 м/с.

Значительное воздействие на показатели динамической нагруженности трансмиссии и ходовой части двухзвенной погрузочно-транспортной машины оказывают также параметры поверхности движения (рис. 4–5).

Таблица

**Значения максимальных крутящих моментов в элементах трансмиссии при движении двухзвенной ПТМ по опытным участкам с различной скоростью**

Опытный участок	Скорость, м/с	$M_{кр1}$ , кН · м <sup>(1)</sup>	$M_{кр2}$ , кН · м <sup>(2)</sup>	$M_{кр3}$ , кН · м <sup>(3)</sup>
Лесовозный ус, $\sigma_n = 24,1...29,8$ мм	0,5	1,28	9,58	2,72
	1,5	1,33	9,55	3,19
	3,0	1,47	10,47	4,61
	5,0	1,61	11,46	4,71
Магистральный волок $\sigma_n = 34...58,4$ мм	0,5	1,53	11,74	3,18
	1,5	1,57	11,83	3,73
	2,5	1,69	11,92	3,92
Пасечный волок, $\sigma_n = 63...69$ мм	0,5	1,59	12,13	3,86
	1,5	2,25	12,65	4,09
	2,5	3,47	14,27	4,84

*Примечание.* 1, 2, 3 – крутящие моменты на передней и задней полуоси тягового трактора и приводном ролике осей прицепного звена соответственно.

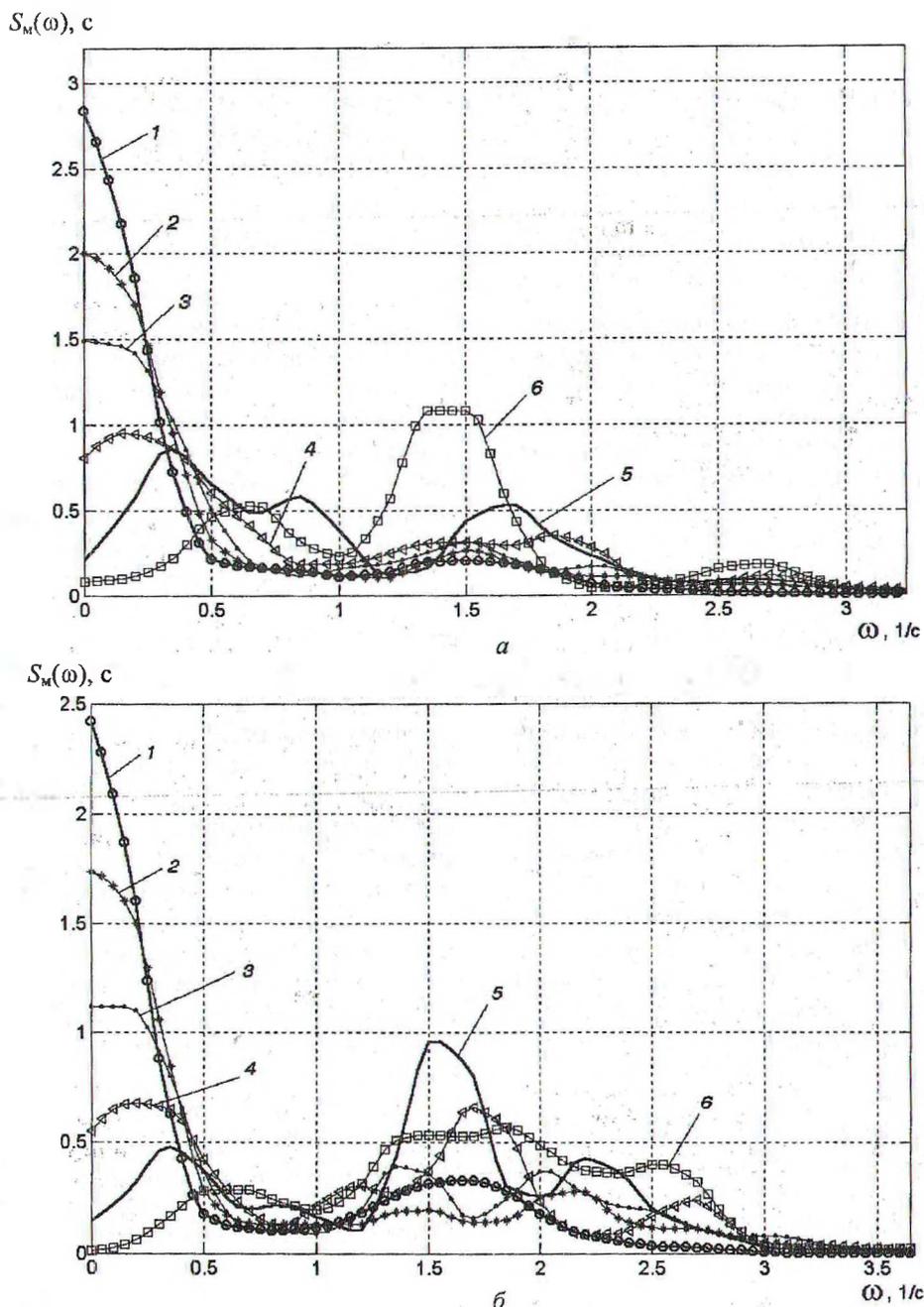


Рис. 1. Нормированные спектральные плотности крутящих моментов на задней полуоси тягового звена (а) и приводном ролике осей прицепного звена (б) при движении машины с грузом 8 т по лесовозному усу: 1 – скорость 0,5 м/с; 2 – 1 м/с; 3 – 1,5 м/с; 4 – 2 м/с; 5 – 3 м/с; 6 – 5 м/с

Так, поверхность движения с меньшими значениями среднеквадратичной высоты неровностей (лесовозный ус,  $\sigma_n = 24,1-29,8$  мм) вызывает колебания крутящих моментов на полуосях тягового звена и приводном ролике осей прицепа в более широком диапазоне частот (0...3,5 Гц), а поверхность движения с большими значениями среднеквадратичной высоты неровностей (пасечный волок,  $\sigma_n = 63-69$  мм) вызывает соответствующие колебания крутящих моментов в более узком диапазоне частот (до 2...2,5 Гц).

Характер нормированных спектральных плотностей крутящих моментов на полуосях тя-

гового звена и приводном ролике осей прицепного звена также изменяется при варьировании сочетания приводных осей машины (рис. 6). При отключении привода переднего моста тягового звена максимальная амплитуда спектральной плотности крутящих моментов уменьшается.

Нормированные спектральные плотности динамических реакций оси качания балансира прицепного звена при движении двухзвенной погрузочно-транспортной машины по участкам лесовозных дорог и волоков с одинаковой скоростью имеют максимум в диапазоне частот 2,1...2,8 Гц.

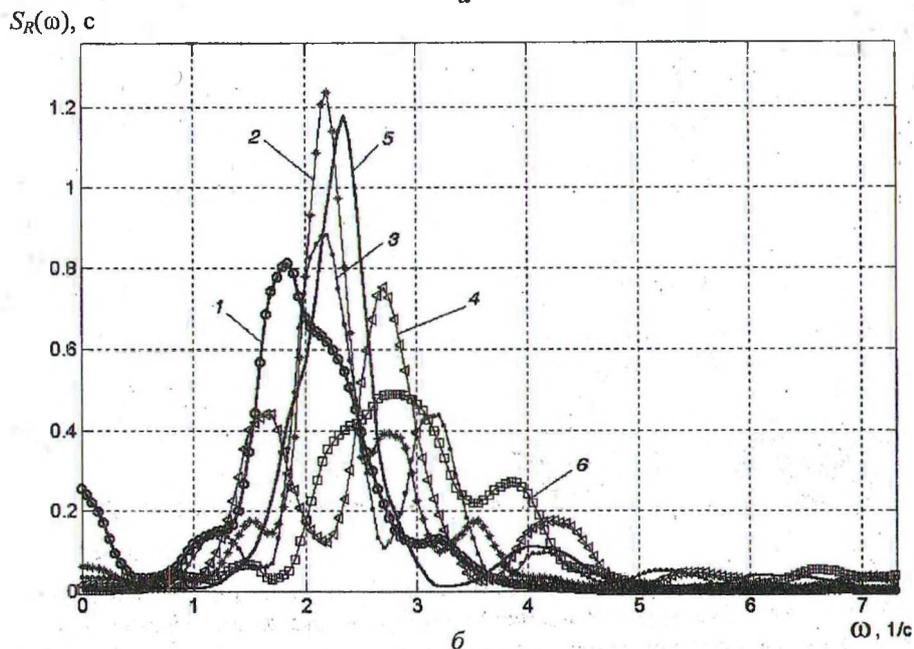
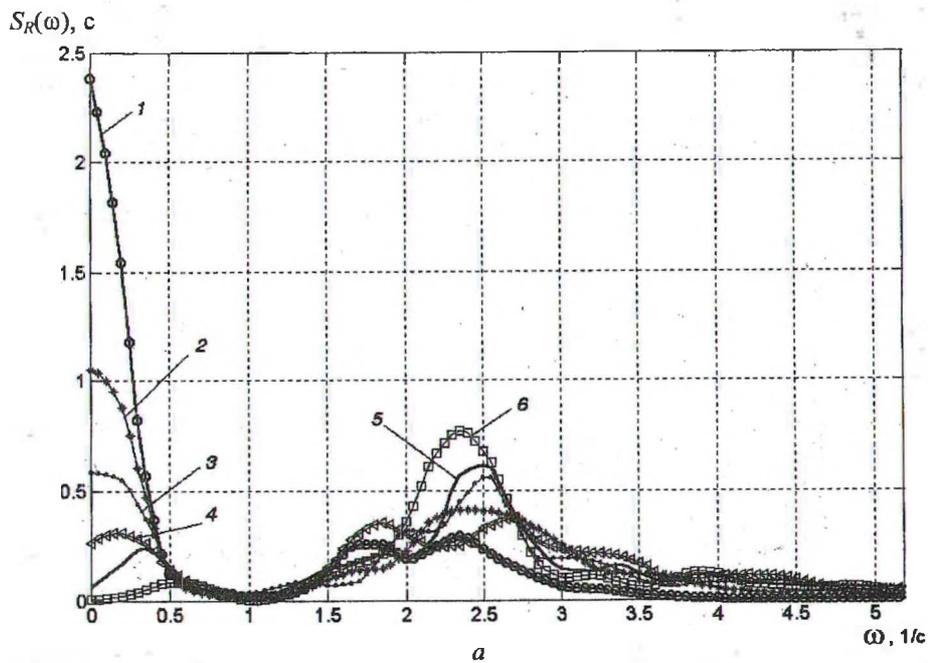


Рис. 2. Нормированные спектральные плотности динамических реакций задней полуоси тягового звена (а) и оси качания балансира прицепного звена (б) при движении двухзвенной погрузочно-транспортной машины (обозначения см. на рис. 1)

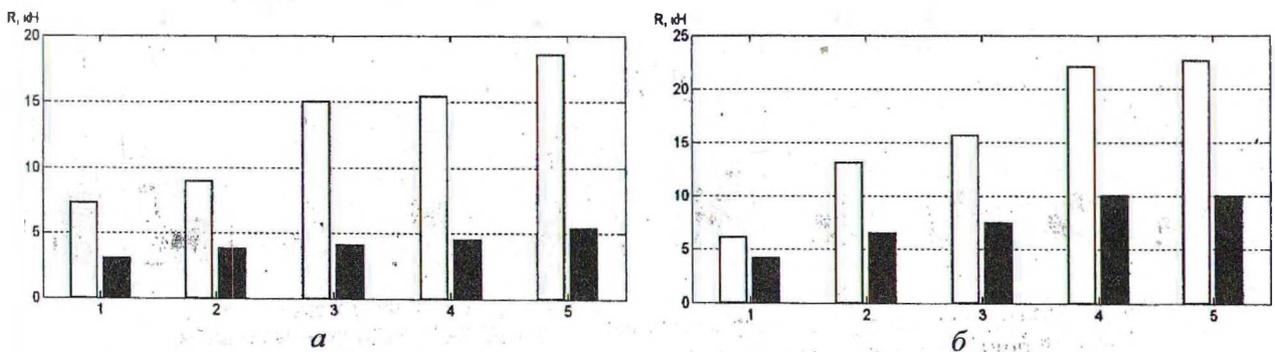


Рис. 3. Максимальные (  ) и среднеквадратичные (  ) динамические реакции задней полуоси тягового звена (а) и оси качания балансира прицепного звена (б) при движении машины по лесовозному усю: 1 – скорость 0,5 м/с; 2 – 1 м/с; 3 – 2 м/с; 4 – 3 м/с; 5 – 5 м/с

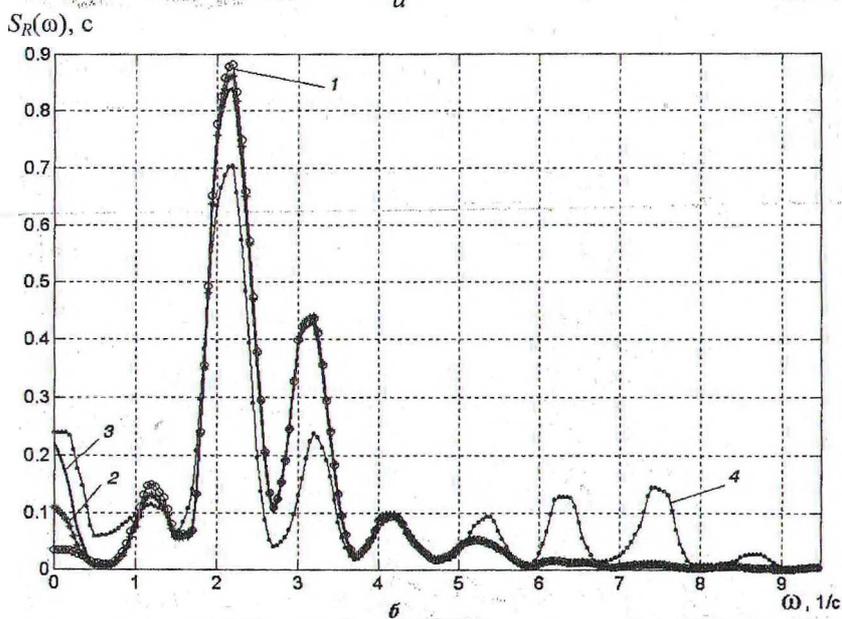
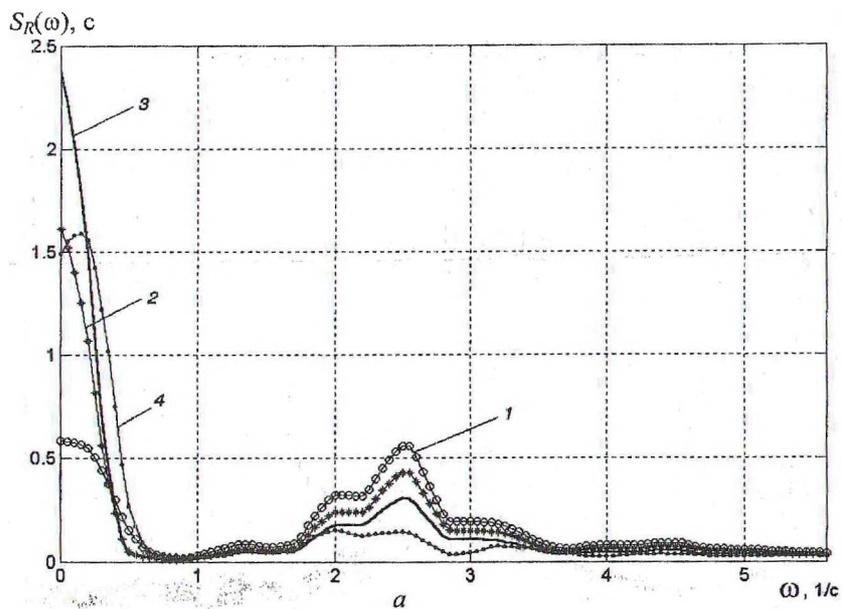


Рис. 4. Нормированные спектральные плотности динамических реакций задней полуоси тягового звена (а) и оси качания балансира прицепного звена (б) при движении двухзвенной погрузочно-транспортной машины с грузом 8 т по участкам лесовозных дорог и волоков, скорость 1,5 м/с: 1 – лесовозный ус; 2 – магистральный волок; 3, 4 – пасечный волок

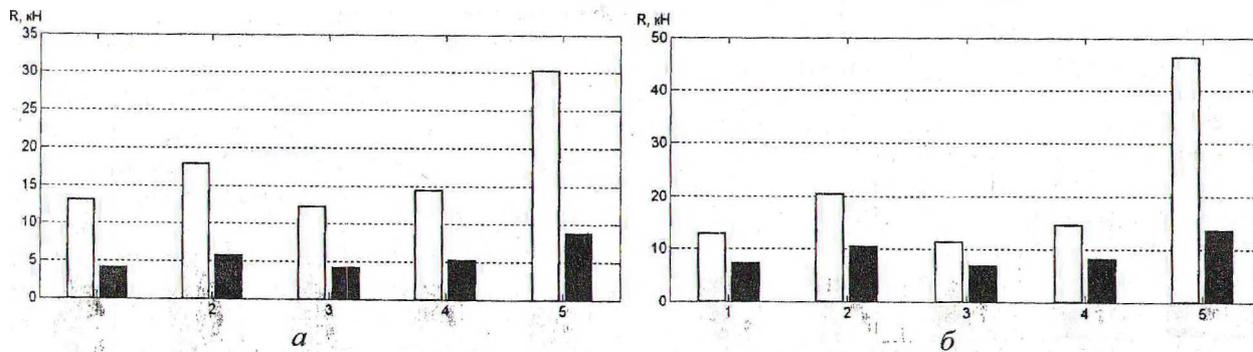


Рис. 5. Максимальные (□) и среднеквадратичные (■) динамические реакции задней полуоси тягового звена (а) и оси качания балансира прицепного звена (б) при движении машины по участкам лесовозных дорог и волоков: 1 – лесовозный ус; 2, 3 – магистральный волок; 4, 5 – пасечный волок

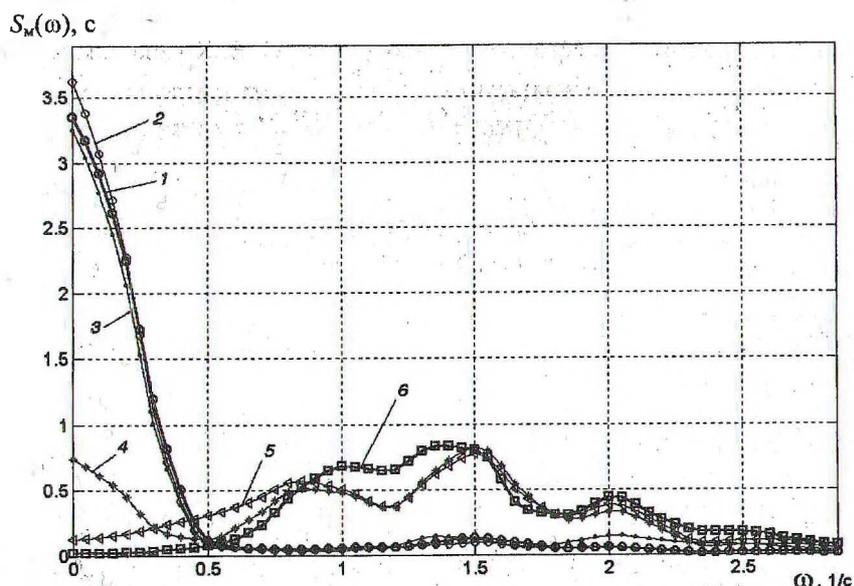


Рис. 6. Нормированные спектральные плотности крутящих моментов на элементах трансмиссии при движении машины по волоку с различным сочетанием приводных осей: 1, 2, 3 – соответственно передняя и задняя полуоси тягового звена и приводной ролик осей прицепного звена, привод на все оси машины; 4, 5 – передняя и задняя полуоси тягового звена, привод осей прицепного звена отключен; 6 – приводной ролик осей прицепного звена, привод только на оси прицепного звена

Среднеквадратичные значения динамических реакций на осях качания балансира прицепного звена машины на 30–40% больше, чем на полуоси тягового звена, что свидетельствует о соответствующих требованиях к их прочности и долговечности. Максимальные значения динамических реакций на оси качания балансира прицепного звена составляют 47 кН при движении машины по пасечному волоку.

В процессе движения двухзвенной по трелевочному волоку погрузочно-транспортной машине необходимо преодолевать часто встречающиеся единичные неровности поверхности движения: валежник, неровности рельефа. Установлено, что длина и высота неровности взаимосвязаны между собой и увеличение высоты неровности сопровождается увеличением ее длины. Однако нередки случаи, когда машина преодолевает единичные препятствия, длина которых меньше высоты: пень, лежащее дерево и т. д. Такие препятствия оказывают более существенное влияние на нагруженность ходовой системы и машины в целом. Максимальные значения динамических реакций задней полуоси тягового звена и оси качания балансира прицепного звена при переезде машиной через пороговую неровность зависят как от скорости движения машины, так и параметров неровности. Установлено, что при малых скоростях движения машины максимальные значения динамических реакций задней полуоси тягового звена линейно возрастают при увеличении вы-

соты неровности и уменьшении ее длины, а при скорости движения машины выше 2 км/ч наблюдается резкое возрастание динамических реакций (в 2,25...2,7 раза по сравнению с переездом неровности длиной 1,0 м). Изменение динамических реакций оси качания балансира прицепного звена имеет сходный характер: при скорости движения машины 1...3 км/ч указанные динамические реакции возрастают в 3,25...3,56 раза при уменьшении длины неровности до 0,5 м, а при скорости движения 4 км/ч эти реакции возрастают в 4,22...4,25 раза. Указанное обстоятельство объясняется не только критично малой длиной неровности, в результате чего происходит удар колеса о неровность при наезде и отрыв колеса от неровности при съезде, но и частотами собственных колебаний системы, низшие из которых находятся в диапазоне 1,65...1,75 Гц.

Проведенные исследования позволили выявить количественные и качественные значения параметров динамической нагруженности элементов трансмиссии и ходовой части двухзвенной погрузочно-транспортной машины с активным приводом прицепного звена в типичных условиях и режимах работы. Полученные данные необходимо учитывать при проектировании лесозаготовительных машин для предотвращения усталостных разрушений элементов шасси и технологического оборудования, достижения заданных показателей надежности и долговечности.