

Таблица 1. Показатели поперечно-угловых кренов полуприцепа от скорости движения автопоезда

Скорость движения, км/ч	Статистические характеристики	
	максимальное значение, рад	среднеквадратическое отклонение, рад
30	0,00414	0,001622
45	0,00897	0,003799
60	0,01863	0,004141

ному. Кривая 1, соответствующая перемещению задних осей тягача, с повышением v возрастает интенсивнее. Так, при $v = 45$ км/ч $\sigma = 2,92$ мм, а при $v = 60$ км/ч σ достигает 3,8 мм, т.е. становится больше в 1,3 раза. Кривая 2, соответствующая перемещению осей полуприцепа, с увеличением скорости движения уменьшается по мере роста кривой. Так, при увеличении v от 45 до 60 км/ч она возрастает в 1,16 раза.

При заданных параметрах "переставки" и траектории "поворот" среднеквадратичное значение отклонений деформации рессор полуприцепа и тягача существенно зависит от скорости движения. Существенное различие наблюдается при маневре "поворот". При $v = 45$ км/ч $\sigma_{\text{пер}}$ в 1,26 и $\sigma_{\text{пов}}$ в 1,32 раза больше, чем при $v = 30$ км/ч.

В результате анализа результатов экспериментальных исследований длиннобазного автопоезда установлено, что с увеличением скорости при движении по прямой среднеквадратичные значения усилий в опорных местах фермы на тележке полуприцепа и тягача интенсивно возрастают. Подвеска полуприцепа удовлетворительно работает во всем диапазоне рабочих скоростей движения автопоезда. Коэффициент динамичности, возникающий в процессе эксплуатации, не превышает значений, установленных техническими условиями на проектирование полуприцепа.

УДК 629.113.001

А.И.СМЕЯН, канд. техн. наук,
О.В.ПЕТРОВИЧ (БТИ)

ОЦЕНКА НАГРУЖЕННОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ПРИЦЕПНЫХ СРЕДСТВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Современный уровень развития лесной промышленности требует от автотранспортных средств высокой надежности. Основным несущим элементом конструкции лесотранспортных средств является рама, долговечность и прочность которой в значительной мере определяют работоспособность автопоезда в целом.

Оценка нагруженности и долговечности несущей конструкции прицепных средств, используемых в лесной промышленности, была одной из основных

задач в проведенных лабораторных и дорожных тензометрических исследованиях.

Испытания проводились в различных эксплуатационных условиях на дорогах с асфальтобетонным, булыжным и гравийным покрытиями. Были получены данные напряженного состояния отдельных элементов рамы полуприцепа грузоподъемностью 264 кН.

Для последующих расчетов на долговечность рамы полуприцепа случайный процесс нагружения был заменен эквивалентным по воздействию упорядоченным процессом с постоянным коэффициентом асимметрии $r = -1$, для которого построена кривая усталости [1]

$$\sigma_{a(r=-1)} = \frac{\sigma_b \sigma_a}{\sigma_b - \sigma_m},$$

где σ_b — предел прочности материала при статической нагрузке; σ_a, σ_m — амплитудное и среднее значения напряжений для каждого полуцикла процесса; $r = -1$ — коэффициент асимметрии симметричного цикла напряжений.

Приведенный предел выносливости σ'_{-1} материала рамы полуприцепа при симметричном цикле напряжений определяется с учетом технологических и эксплуатационных особенностей, а также масштабного фактора по формуле

$$\sigma'_{-1} = \epsilon \sigma_{-1}, \quad (1)$$

где ϵ — коэффициент снижения предела выносливости.

Для стали 10ХСНД по справочным данным [2] имеем: предел прочности $\sigma_b = 540$ МПа, предел выносливости при изгибе для симметричного цикла напряжений $\sigma_{-1} = 270$ МПа.

Коэффициент снижения предела выносливости

$$\epsilon = \epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon_3 \epsilon_4,$$

где ϵ_1 — коэффициент, учитывающий влияние механической обработки детали, принимаемый для необработанной после прокатки поверхности, $\epsilon_1 = 0,68$; $\epsilon_2 - \epsilon_4$ — соответственно коэффициент, учитывающий масштабный эффект ($\epsilon_2 = 0,7$); влияние коррозии ($\epsilon_3 = 0,56$); технологические факторы сборки, принимаемые для сварных соединений ($\epsilon_4 = 0,58$); $\epsilon = 0,68 \cdot 0,56 \cdot 0,7 \times 0,58 = 0,15$.

Тогда приведенный предел выносливости при симметричном цикле напряжений, согласно формуле (1), будет равен 40 МПа.

Принимая во внимание, что рама во время эксплуатации подвергается не чистому изгибу, а находится в сложнапряженном состоянии, а также ввиду значительного рассеивания усталостных характеристик, снижаем приведенный предел выносливости σ'_{-1} до 20 МПа [2, 4].

Расчет на надежность производился по тем элементам, напряжения $\sigma_{a(r=-1)}$ в которых превышают приведенный предел выносливости $\sigma'_{-1} = 20$ МПа.

Результаты исследований рамы полуприцепа показали, что наиболее нагруженными при движении автопоезда по всем типам дорожных покрытий

являются сечения лонжерона в районе опорного устройства (датчик 5) и переднего кронштейна (датчик 7) в средней части лонжерона. Экстремальные значения напряжений в указанных сечениях лонжеронов и частоты их появления представлены в табл. 1.

По данным табл. 1 построены гистограммы нагрузочного режима, которые представляют собой законы распределения плотности вероятности амплитудных значений напряжений в рассматриваемых сечениях (рис. 1, а, б).

Данные табл. 1 и гистограммы нагрузочного режима показывают, что напряжения большинства циклов не превышают 30 МПа для обоих датчиков, причем усталостное разрушение в сечении датчика 5 будет незначительным. Поэтому дальнейший расчет на долговечность производится для сечения датчика 7.

Используя гистограмму нагрузочного режима, методами численного интегрирования на ЭВМ "ЕС-1033" были получены математическое ожидание

Таблица 1. Экстремальные значения напряжений и их плотности вероятности

Уровни напряжений, МПа	Датчики			
	7		5	
	число циклов	$q(\sigma_a)$	число циклов	$q(\sigma_a)$
20-25	51	$9,53 \cdot 10^{-2}$	7	$9,33 \cdot 10^{-2}$
25-30	22	$4,11 \cdot 10^{-2}$	5	$6,67 \cdot 10^{-2}$
30-35	17	$3,18 \cdot 10^{-2}$	1	$1,33 \cdot 10^{-2}$
35-40	13	$2,43 \cdot 10^{-2}$	0	0
40-45	3	$0,56 \cdot 10^{-2}$	1	$1,33 \cdot 10^{-2}$
45-50	0	0	1	$1,33 \cdot 10^{-2}$
50-55	1	$0,19 \cdot 10^{-2}$	0	0
	107		15	

Таблица 2. Значения вероятности безотказной работы рамы полуприцепа

Пробег автопоезда, тыс. км	Показатель надежности P(T)
	датчик (7)
100	1
200	1
250	1
300	0,99
400	0,95
500	0,88
600	0,80
700	0,75
800	0,20
900	0,16
1000	0,12

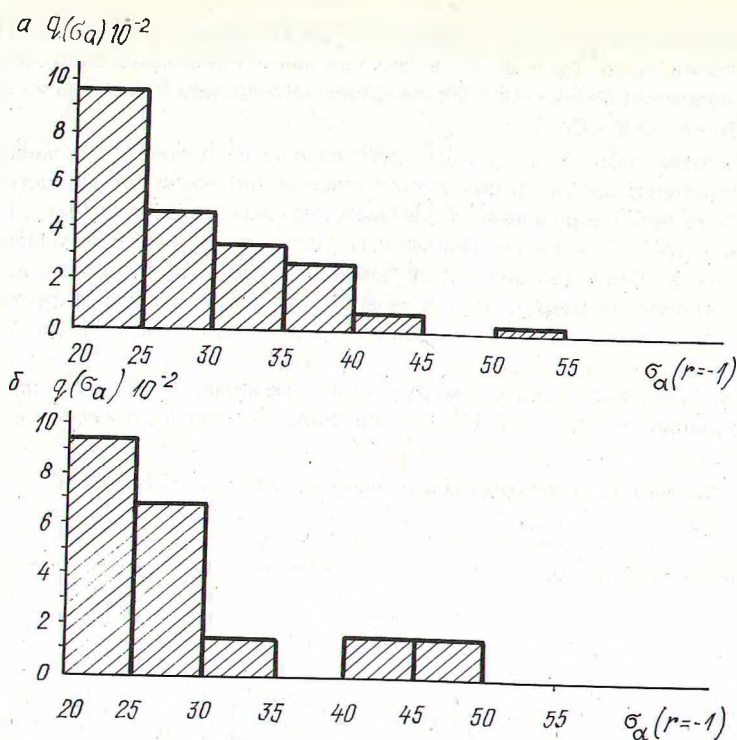


Рис. 1. Гистограммы нагрузочного режима для седьмого (а) и пятого (б) датчиков.

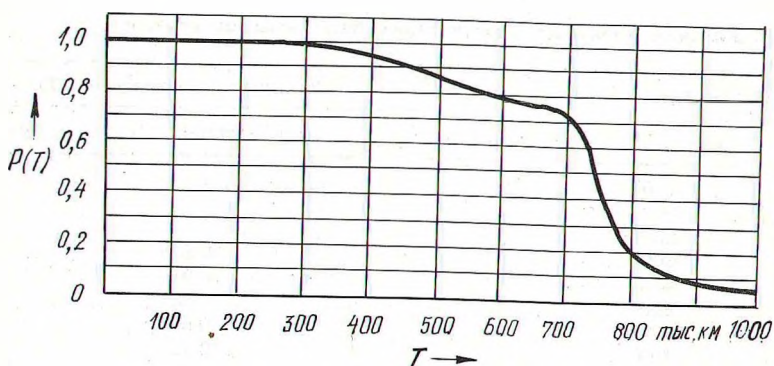


Рис. 2. Зависимость вероятности безотказной работы рамы полуприцепа от расстояния пробега.

меры повреждения $\langle I \rangle$, ее среднеквадратическое отклонение σ_1 и определен показатель надежности рамы $P(T)$ – вероятность безотказной работы в зависимости от расстояния [1]

$$P(T) = 1 + H/2 \left(\Phi \left(\frac{T_1/T - \langle I \rangle}{\sigma_1 \sqrt{2}} \right) - 1 \right), \quad (4)$$

где T – длительность реализации; T_1 – долговечность детали; $\Phi \left(\frac{T_1/T - \langle I \rangle}{\sigma_1 \sqrt{2}} \right)$ –

– табулированное значение интеграла Лапласа; H – нормируемый множитель,

$$H = \frac{2}{1 + \Phi(\langle I \rangle / \sigma_1 \sqrt{2})}$$

По результатам этого показателя надежности $P(T)$ была составлена табл. 2 и построена зависимость, приведенная на рис. 2.

Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что при заданных условиях эксплуатации рама полуприцепа может действовать без отказов около 300 тыс. км., после чего вероятность безотказной работы будет постепенно уменьшаться до 0,75 при 700 тыс. км пробега. Дальнейшая эксплуатация прицепа приводит к резкому снижению показателя надежности.

Полученные данные были использованы при доводке опытного образца полуприцепа. Результаты исследований также могут быть использованы при анализе надежности конструкций рам полуприцепов аналогичной конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. П р о с к у р я к о в В.Б. Динамика и прочность рам и корпусов транспортных машин. – Л.: Машиностроение, 1972. – 227 с. 2 А н у р ь е в В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1980, т. 1. – 728 с. 3. В е н т ц е л ь Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.

УДК 629.114.2

А.И.АРАБЕЙ, С.П.МОХОВ,
М.К.АСМОЛОВСКИЙ (БТИ),
В.П.ШИШЛО (МАЗ)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕХОСНОГО ПОЛУПРИЦЕПА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 250 кН*

В настоящее время в лесной промышленности наряду со специализированными автопоездами находят широкое применение автопоезда общего назначения, используемые для перевозки короткомерных лесоматериалов и различного лесозаготовительного оборудования. Перспективные модели прицепных

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук А.В.Жукова.