

УДК 669.013.002.5

Д.З. Шматко, Е.В.Кочнева

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАГРУЖЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ ПОРТАЛЬНОЙ МАШИНЫ НА ПНЕВМОКОЛЕСНОМ ХОДУ

Научно-технический прогресс во многих отраслях промышленности тесно связан с разработкой и внедрением новых технологических линий, для которых обязательными являются транспортные операции. В условиях реконструируемых и вновь строящихся цехов необходимы компактные, маневренные машины, не требующие больших производственных площадей, способных работать в автономном режиме. Этим требованиям вполне удовлетворяют порталные машины на пневмоколесном ходу, которые благодаря своей компоновке приспособлены для транспортирования контейнеров, поддонов, термосов в зависимости от вида груза и его температуры. Это все характеризует порталные подъемно-транспортные машины как машины напольного безрельсового транспорта (МНБТ), которые относятся к погрузочно-разгрузочным машинам циклического действия и производят следующие операции: захват груза, его подъем и опускание, транспортирование, освобождение груза с захвата. МНБТ обладают универсальностью вследствие возможности применения широкой номенклатуры быстро заменяемых грузозахватных приспособлений в сочетании с мобильностью, автономностью привода и отсутствия привязки к определенному месту.

В ряде работы [1,2,3] были задачи по созданию математической модели расчета реальных нагрузок в процессе эксплуатации порталных подъемно-транспортных машин, которая базируется на существующих методах их оценки и учитывает динамическое нагружение несущей системы при преодолении дорожных препятствий и неровностей технологических дорог металлургических заводов.

Поскольку некоторые параметры разработанной математической модели можно определить только экспериментальным путем, была поставлена задача экспериментального исследования в лабораторных

условиях прототипа подъемно-транспортной порталной машины на пневмоколесном ходу.

В разработанной математической модели [2,3] получены расчетные нагрузки на лонжероны в продольной вертикальной плоскости, на поперечины вертикальной плоскости, динамическая нагрузка, направленная на складывание рамы в своей плоскости. Поэтому целью экспериментальных исследований ставилась проверка адекватности математической модели и расчетных схем действительным режимам нагружения машины при ее работе.

В качестве прототипа подъемно-транспортной порталной машины на пневмоколесном ходу при проведении экспериментального исследования была создана лабораторная установка, представляющая собой сварную раму с поддоном на четырёх штангах, при этом вся конструкция на пневмоколесном ходу (рис. 1). Для нашего случая были приняты колёса с покрышками типа 185/70 R14

В качестве метода экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния силовых элементов конструкций, в частности прочностных испытаний, был принят электротензометрический метод.

Для проведения экспериментального исследования использовалась стандартная тензометрическая аппаратура, а именно: усилитель «Топаз – 3» и осциллограф К12 – 22.

Указанная аппаратура позволяет регистрировать процессы в диапазоне частот 0...500 Гц.

Для замера напряжений в силовых элементах конструкции использовались проволочные тензорезисторы и специальные гибкие месдозы.

Тарировка тензорезисторов производилась косвенным способом с использованием балочки равного сопротивления. Гибкие месдозы в рабочее положение устанавливались при помощи точечной сварки по контуру.

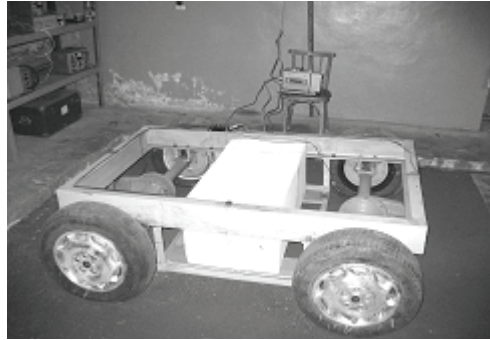


Рисунок 1 - Лабораторная установка на пневмоколесном ходу

Тарировка тензорезисторов производилась косвенным способом с использованием балочки равного сопротивления. Гибкие месдозы в рабочее положение устанавливались при помощи точечной сварки по контуру.

Нагружение силовых элементов портальной несущей системы производилось при трех характерных режимах: 1) движении по неровностям горизонтального участка дороги завода (расчетный случай для лонжеронов рамы); 2) косом наезде на препятствия (расчетный случай для поперечины рамы и стоек несущей системы в поперечной вертикальной плоскости; 3) фронтальном наезде на бордюр высотой 100 мм одним колесом со скоростью 5км/ч (расчетный случай для рамы против складывания в своей плоскости).

На рис.2 представлена схема портальной несущей системы, указаны места, где устанавливаются тензорезисторы. Тензорезисторы 1, 2 устанавливались на верхней полке лонжерона и фиксировали напряжения чистого изгиба в продольной вертикальной плоскости по первому режиму нагружения. Тензорезисторы 3, 4 устанавливались на верхней полке поперечины и фиксировали напряжения при изгибе в поперечной вертикальной плоскости по второму режиму нагружения. Тензорезисторы 5, 6 устанавливались в корневых сечениях стоек и фиксировали напряжения при изгибе стоек в поперечной вертикальной плоскости по второму режиму нагружения. Тензорезистор 7, 8 устанавливался в корневом сечении стойки, которая наезжала на бордюр и фиксировала напряжения при изгибе стойки в продольной вертикальной плоскости по третьему режиму нагружения. Тензорезистор 9 устанавливался на боковой стенке лонжерона рамы и фиксировал напряжения по первому режиму нагружения.

Первый режим нагружения. Запись напряжений производилась на характерном горизонтальном участке дороги протяженностью 10 м на котором перевозился груз. Эксперимент повторялся трижды.

Второй режим нагружения. Нагружение производилось при преодолении бордюра дороги высотой 100 мм. Номинально груженная лабораторная установка подъезжала к бордюру под углом до 5°. Эксперимент повторялся трижды.

Третий режим нагружения. Запись напряжений производилась при фронтальном наезде левым передним колесом на бордюр высотой 100 мм со скоростью $v_0 = 0,5$ м/с.

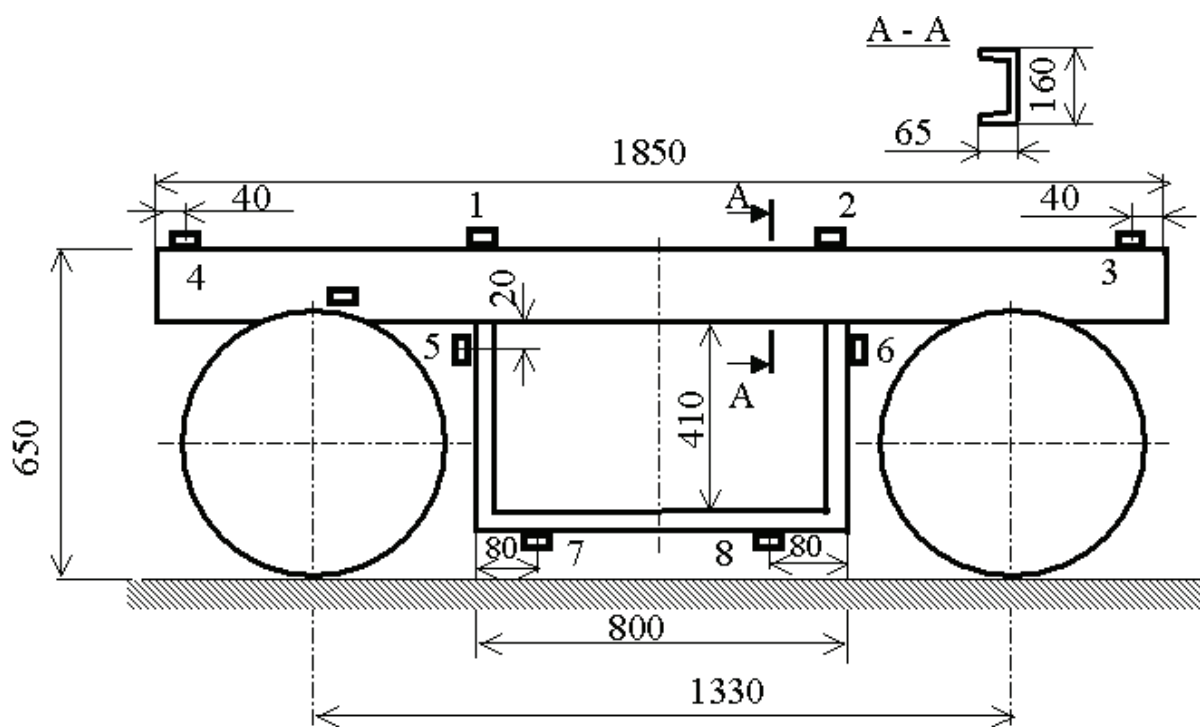


Рисунок 2 - Схема расположения тензорезисторов на лабораторной установке

Экспериментальное исследование нагружения portalной несущей системы выполнено в соответствии с приведенной выше программой и методикой. Кривые, построенные по характерным осциллограммам напряжений в точках 1 и 2 лонжерона (рис. 2), представлены на рис.3, где приняты следующие обозначения: σ_{ci} – статическое напряжение в сечении установки i – го тензорезистора; σ_{di} – динамическое напряжение в сечении установки i – го тензорезистора. Коэффициент динамичности

$$K_d = \frac{P_d}{P_c}, \text{ или } K_d = \frac{\sigma_d}{\sigma_c}. \quad (1)$$

Оценка адекватности математической модели производилась по формуле

$$\delta = \frac{K_{\partial T} - K_{\partial \partial}}{K_{\partial T}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где δ – показатель адекватности;

$K_{\partial T}$ – теоретический коэффициент динамичности;

$K_{\partial \partial}$ – экспериментальный коэффициент динамичности.

При определении значений теоретического коэффициента динамичности $K_{\partial T}$, значения динамической нагрузки P_{∂} , определялись по выражению расчетной вертикальной нагрузки для лонжеронов портальной машины [3].

$$P_p = \frac{m_r g}{4} \left\{ 1 + \frac{16 C_{\text{ш}} m_r \Omega^2 h_0}{m_r g [m_r m_k (\Omega^2)^2 / C_k - (m_r + m_k) \Omega^2 + 4 C_{\text{ш}}]} \right\} \quad (3)$$

Значения статической нагрузки P_c принимаются из характерных осциллограмм напряжений статического нагружения рамы несущей системы лабораторной установки

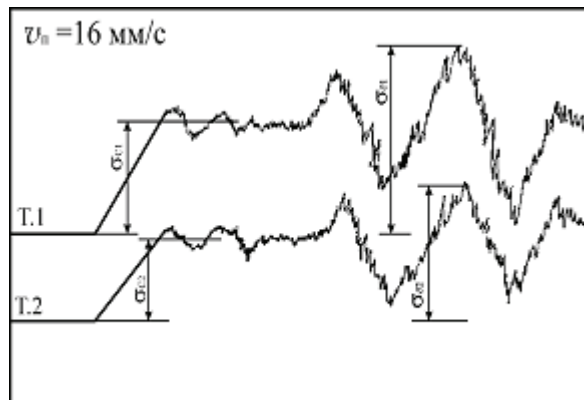


Рисунок 3 - Кривые по осциллограммам напряжений в лонжеронах по первому режиму нагружения

На рис.4 представлены кривые, построенные по характерным осциллограммам напряжений в штангах и поперечине несущей системы по второму режиму нагружения.

Показатель адекватности

$$\delta = \frac{\sigma_T(i) - \sigma_{\partial}(i)}{\sigma_T(i)} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где $\sigma_T(i)$ – теоретическое значение напряжения в i -й точке;

$\sigma_{\partial}(i)$ – экспериментальное значение напряжения в i -й точке.

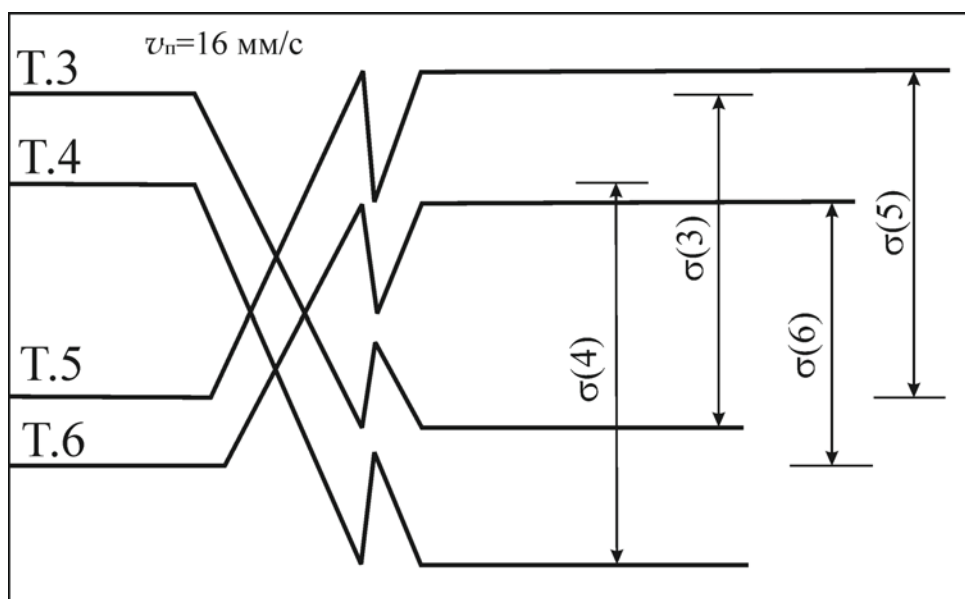


Рисунок 4 - Кривые по осциллограммам напряжений в стойках поддона и поперечине по второму режиму нагружения

На рис. 5 представлены кривые, построенные по осциллограммам напряжений в раме поддона, воспринимающей удар при наезде на бордюр, и в примыкающем к стойке лонжероне. По третьему режиму нагружения.

Усредненные по трем замерам значения напряжений, а также оценка адекватности математической модели сведены в таблице 1.

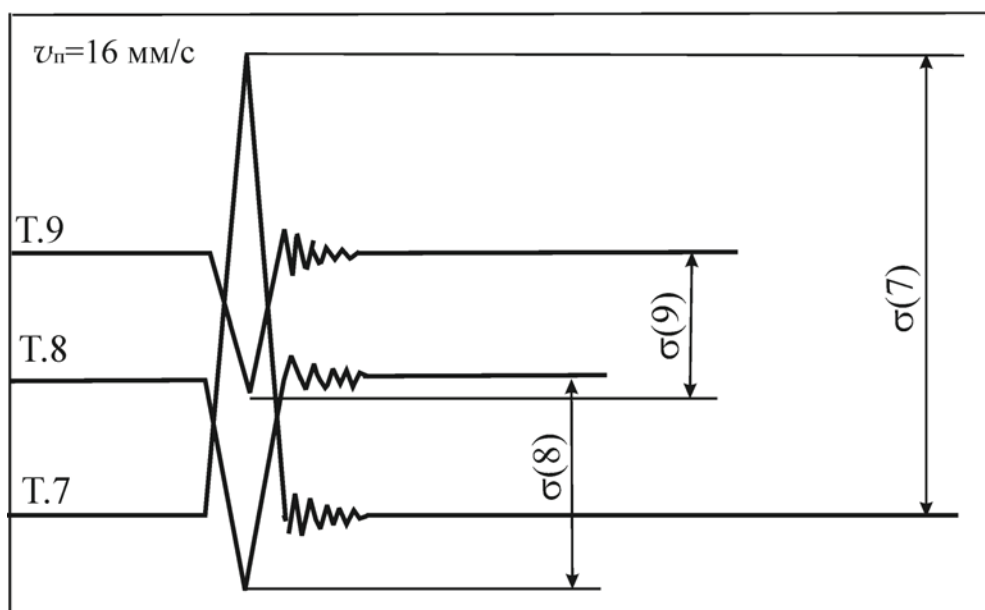


Рисунок 5 - Кривые по осциллограммам напряжений в стойке, поддоне и лонжероне по третьему режиму нагружения

Таблица 1

Оценка адекватности математической модели по трем режимам нагружения

Параметр	Номер тензорезистора								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N_T	8,56	8,56	8,56	8,56	10,32	10,32	12,5	12,5	8,42
σ_{c1} , МПа	10	10,4	10,7	10,6	12,7	12,8	15,6	15,3	10,1
σ_{g1} , МПа	1,2	1,21	1,25	1,24	1,23	1,24	1,25	1,22	1,2
$K_{гэ}$	1,29	1,27	1,32	1,32	1,29	1,29	1,32	1,32	1,3
δ , %	5,6	3,7	6,4	6,4	6,8	5,8	7,0	7,0	5,8

Экспериментальные исследования на лабораторной установке подтвердили правильность разработанной математической модели формирования величин нагрузок и принятой расчетной схемы несущей системы. Расхождение между теоретическим и экспериментальным значениями профилирующих нагрузок по первому расчетному случаю не превышает - 5,6%, по второму – 6,8%, по третьему – 7,0%, причем экспериментальные значения ниже теоретических.

Такое соотношение приемлемо, поскольку идет в запас прочности несущих систем и в запас надежности порталной машины в целом.

Напряжения в т. 1 т. 2 лонжероне (рис. 2) на первом режиме нагружения (рис. 3) свидетельствуют о том, что максимальные вертикальные нагрузки на несущую конструкцию реализуются во время колебаний “подпрыгивания”, что подтверждает правильность аналитического выражения (3) расчетной вертикальной нагрузки. Это явление объясняется компоновкой порталной машины, когда присутствуют колебания “галопирования”, которые продуцируют существенные линейные перемещения в продольной плоскости.

Таким образом, проведенные лабораторные исследования позволяют сделать следующий вывод.

Результаты экспериментов подтвердили адекватность разработанной математической модели, описывающей нагруженность порталной несущей системы, принятым расчетным схемам. Точность результатов экспериментов находится в пределах точности стандартной измерительной аппаратуры при использовании тензометрического метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шматко Д.З. Разработка инженерной методики проектирования несущих систем металлургических порталных машин на пневматическом ходу // Системні технології. – Регіон. міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДНВП “Системні технології”, 2002. – Вип. 5 (22). – С. 119–127.
2. Шматко Д.З. Исследование поперечных колебаний несущей системы технологического порталного автомобиля // Системні технології. – Регіон. міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДНВП “Системні технології”, 2002. – Вип. 2(19). – С. 82-86.
3. Бейгул О.О., Шматко Д.З., Коробочка О.М., Лепетові Г.Л. Технологічні і конструктивні параметри несучих систем порталних підйомно-транспортних машин: Монографія. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 167 с.

Получено 03.09.2007 г.