

УДК 539.3:629.332

Д.В. Лазарева, спеціаліст,
А.М. Лимаренко, канд. техн. наук, доц.,
Одес. нац. політехн. ун-т,
М.А. Стариков, канд. техн. наук, Одес. нац. мор-
ської ун-т

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ НЕСУЩЕЙ РАМЫ ПОЛУПРИЦЕПА

Д.В. Лазарева, О.М. Лимаренко, М.А. Стариков. Дослідження можливості оптимізації несучої рами напівпричепа. На основі методу кінцевих елементів і експериментальних даних представлено дослідження напружено-деформованого стану рами напівпричепа з метою виявлення небезпечних вузлів та недовантажених елементів.

Ключові слова: рама напівпричепа, метод кінцевих елементів, натурний експеримент, напружено-деформований стан.

Д.В. Лазарева, А.М. Лимаренко, М.А. Стариков. Исследование возможности оптимизации несущей рамы полуприцепа. На базе метода конечных элементов и экспериментальных данных представлено исследование напряженно-деформированного состояния рамы полуприцепа с целью выявления опасных узлов и недогруженных элементов.

Ключевые слова: рама полуприцепа, метод конечных элементов, натурный эксперимент, напряженно-деформированное состояние

D.V. Lazareva, A.M. Limarenko, M.A. Starikov. Research of the possibility of optimizing of the bearing frame of the semitrailer. On the basis of finite element method and experimental data the stress-strain state of semitrailer frame is investigated to reveal the dangerous nodes and underloaded elements.

Keywords: frame of semitrailer, finite element method, natural experiment, stress-strain state.

Значительный рост грузоперевозок автомобильным транспортом требует создания оптимальных несущих систем транспортных машин, обеспечивающих безремонтный пробег до списания.

Проектирование и расчет этих конструкций в большей степени осуществлялся на основании расчетных формул сопротивления материалов, без учета взаимодействия элементов, особенностей, свойственных тонкостенным стержням, наличия накладок, косынок и т.д. Все это приводит к очевидному увеличению веса, и, как итог, отказу транспортных предприятий от отечественных полуприцепов. В связи с этим была поставлена задача исследования таких конструкций, выявление перегруженных и недогруженных зон.

Для проведения исследований использовались численный и экспериментальный методы.

Натурный эксперимент проводится для определения реального напряженного состояния отдельных точек металлоконструкции. Данные о напряженном состоянии металлоконструкции, полученные в результате измерений с помощью первичных преобразователей, являются ценной информацией, т.к. отображают реальную картину распределения деформаций и напряжений в результате эксплуатации полуприцепа. Существенным же недостатком измерений на основе первичных преобразователей является дискретность полученных данных — невозможность определения непрерывных полей перемещений и напряжений по всей металлоконструкции, т.к. определение перемещений происходит лишь в заранее определенных точках, где наклеены первичные преобразователи (розетки тензорезисторов). Вторым недостатком таких измерений состоит в следующем. Конечную информацию по результату обработки желательнее получить в виде напряжений в наиболее опасных местах, однако расположение этих мест заранее

неизвестно. Зачастую они определяются, основываясь на опыте эксплуатации полуприцепа. Неверное определение опасных зон в исследуемом объекте не дает необходимых данных (максимальных напряжений в исследуемом объекте) проектировщику, что приводит к бесполезности полученной информации применительно к расчетам. С другой стороны, расчет металлоконструкций с использованием современных расчетных программ, основанных на МКЭ [1], дает непрерывные поля деформаций и напряжений. Отрицательная особенность применения этих программ состоит в том, что среди нагрузок, действующих на металлоконструкцию, не все возможно заранее точно определить. В результате неопределенности при вычислении таких нагрузок, уже на стадии расчетной модели может быть заложена довольно значительная погрешность. Решение же задачи об определении напряженно-деформированного состояния металлоконструкции с использованием модели с ошибочным нагружением приводит к неправильному определению величин деформаций и напряжений. Совместное использование измерений с помощью первичных преобразователей и расчетных программ позволяет избежать описанных ошибок. Для этого предварительно определяют опасные места в металлоконструкции при действии на нее рабочих нагрузок [2], а затем в эти места устанавливаются первичные преобразователи и производится измерение деформаций и напряжений в течение рабочего цикла рамы полуприцепа. Затем происходит сравнение данных, полученных двумя способами. По результатам сравнения делается вывод об условиях эксплуатации рамы.

Предметом исследования является двухосный полуприцеп-платформа, предназначенный для перевозки одного 40-футового или двух 20-футовых контейнеров типа 1AA и 1CC или одного 20 футового контейнера (полной массой 30 тонн), по территории порта седельными тягачами: Терберг, Оттава, Мафи, МАЗ и др.

Рама полуприцепа является сварной конструкцией из низколегированной и углеродистой стали. Лонжероны выполнены из прокатного двутавра № 50. Поперечины цельные (неразрезные), выполнены из прокатного профиля, сдвоенные. Опорная плита в районе шкворня выполнена из листовой стали толщиной 10 мм.

Для выявления опасных узлов построена конечно-элементная модель, наиболее приближенная к реальной. При моделировании использовался трехмерный пластинчатый элемент, имеющий шесть степеней свободы в каждом узле, который позволяет учитывать мембранное растяжение-сжатие и изгиб [3].

В результате расчета по эпюрам эквивалентных напряжений выявлены наиболее опасные точки, в которых были наклеены датчики. Максимальные напряжения, составляющие 25 МПа, расположены в нижней полке лонжерона передней части рамы.

Затем в наиболее нагруженных узлах были наклеены розетки первичных преобразователей. В соответствии с предположением о плосконапряженном состоянии листа металла необходимо наличие трех активных преобразователей, наклеенных под углом 45° друг к другу. Для измерения деформаций в металлоконструкции использовались первичные преобразователи КФ 5П1-5-20-Б-12 с номинальным сопротивлением 200 Ом. Всего исследовались три узла (рис. 1): стенка поперечины в месте примыкания к лонжерону (точка 1); нижняя полка лонжерона, где возникают максимальные напряжения (точка 2); стенка лонжерона в месте крепления задней подвески (точка 3). Соединение датчиков производилось по мостовой схеме, состоящей из рабочего, компенсационного и двух балластных тензодатчиков.

Сигналы с датчиков усиливаются нормализаторами и фиксируются на ПЭВМ. Замеры деформаций производились для характерного цикла работы рамы. В таблице представлены результаты конечно-элементного анализа и эксперимента при полном

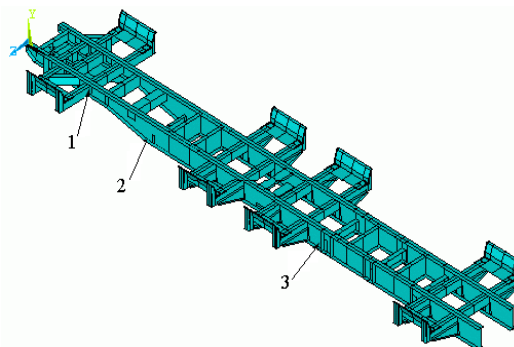


Рис. 1. Компьютерная модель рамы

цикле работы рамы, при погрузке, транспортировке и снятии контейнера. В результате проведения натурного эксперимента данные с первичных преобразователей были записаны с помощью программы PowerGraph 3.3 на ПЭВМ (рис. 2).

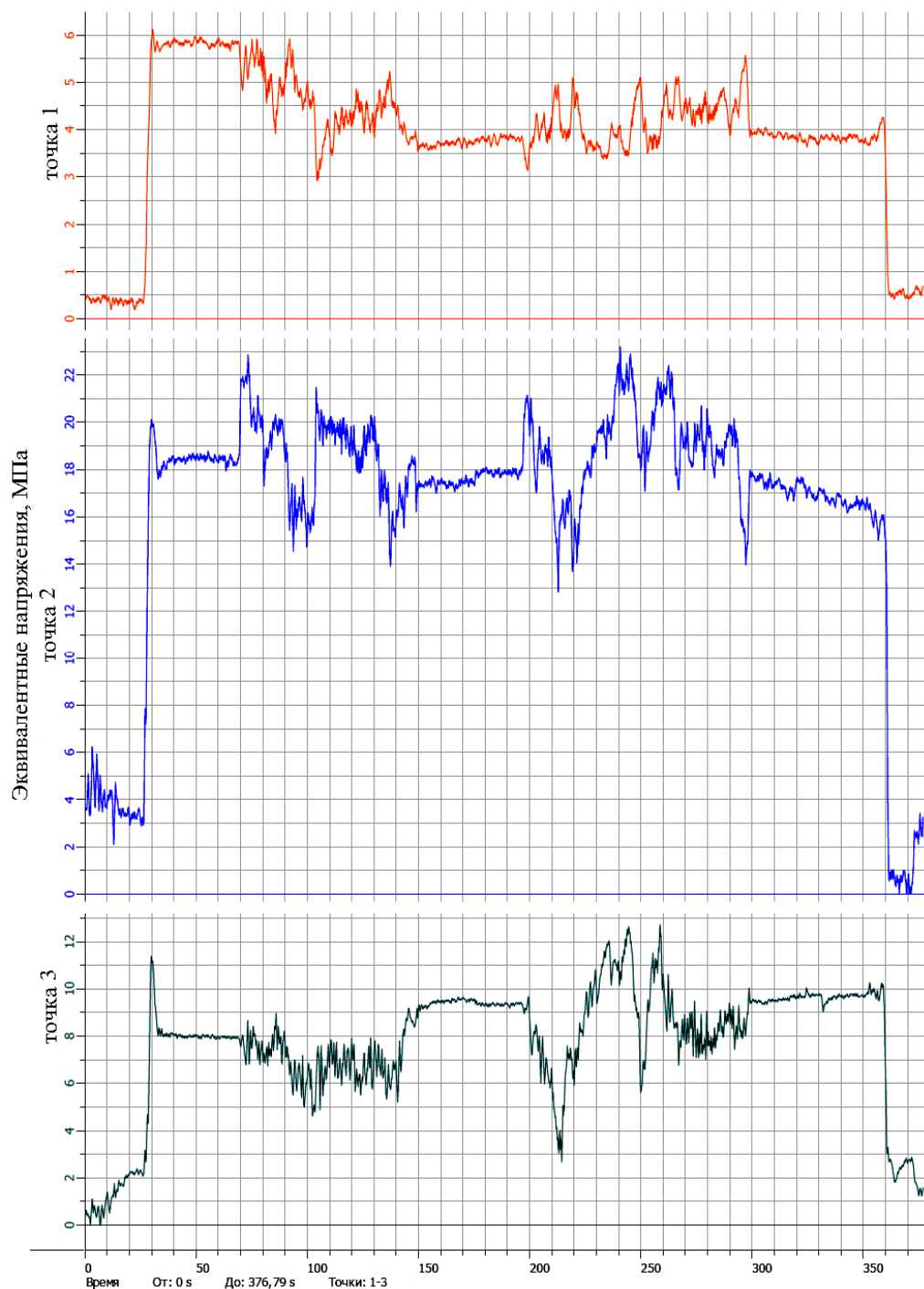


Рис. 2. Изменение эквивалентных напряжений при полном цикле работы рамы

Значение максимальных эквивалентных напряжений в характерных сечениях

	Эквивалентные напряжения в характерных сечениях, МПа					
	МКЭ			Эксперимент		
	т.1	т.2	т.3	т.1	т.2	т.3
Начало загрузки	-	-	-	0,4	3	2,3
Удар	6,3	21,6	12	6,1	20,2	11,3
Конец загрузки	6	19,1	9,4	5,8	18	8
Старт	-	-	-	5	21,8	7,8
Правый поворот на 180°	4,1	15,9	5	3	14,5	4,6
Остановка	-	-	-	4,3	16,3	6
Старт	-	-	-	3,5	21,1	9,7
Правый поворот на 180°	-	-	-	5	12,8	2,7
Левый поворот на 180°	4,8	25,1	13,8	4,1	23,2	12,7
Левый поворот на 180°	-	-	-	5	22,4	12,9
Остановка	-	-	-	5,6	18	10
Снятие контейнера	-	-	-	0,5	1	3

Анализ полученных результатов свидетельствует об адекватности конечно-элементной модели, граничных условий и нагрузок.

На базе данной модели проведен расчет при внешней нагрузке 30,8 т, при наиболее опасном режиме нагружения — кручении рамы, что соответствует левому повороту. Полученные эквивалентные напряжения не превышают 40 МПа, в результате чего можно сделать вывод о неполной загрузке рамы, что, в свою очередь, свидетельствует о возможности проведения оптимизации. Уменьшение массы прицепа позволяет снизить затраты на изготовление, давление на причал, а также стоимость ГСМ за весь период эксплуатации прицепа.

Литература

1. Дашченко, А.Ф. ANSYS в задачах инженерной механики / А.Ф. Дашченко, Д.В. Лазарева, Н.Г. Сурьянинов; под ред. Н.Г. Сурьянинова. — Одесса: Астропринт, 2007. — 484 с.
2. Козак, З.Н. К расчету автомобильных рам и тормозных барабанов / З.Н. Козак // Тр. МАДИ. — М., 1940. — Вып. 9. — С. 41 — 52.
3. Лазарева, Д.В. Конечно-элементный анализ несущей рамы контейнеровоза / Лазарева Д.В. — Холодил. техніка і технологія ОДАХ. — Одеса, 2007. — № 3(107). — С. 77 — 78.

References

1. Dashchenko, A.F. ANSYS v zadachakh inzhenernoy mekhaniki [ANSYS in the Tasks of Engineering Mechanics] / A.F. Dashchenko, D.V. Lazareva, N.G. Suryaninov. Edited by N.G. Suryaninov. — Odesa, 2007. — 484 p.
2. Kozak, Z.N. K raschetu avtomobilnykh ram i tormoznykh barabanov [To the Calculation of Motor-Car Frames and Brake Drums] / Z.N. Kozak — trudi MADY [Proc. of MARI], # 9, 1940. — P. 41 — 52.
3. Lazareva, D.V. Konechno-elementnyy analiz nesushchey ramy konteynerovoza [Finite-Element Analysis of Container Bearing Frame] / of D.V. Lazareva — Refrigeration Equipment and Technology: Odesa, 2007. — #3(107). — pp.77 — 78.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Оробей В.Ф.

Поступила в редакцию 14 марта 2012 г.