

*Пустовойт Б.А., Михайлов С.Р.* Биомеханическое обоснование фронтальной остеотомии костей голени при диспластической патологии // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2000. – № 3. – С. 20-25. *Бреславский Д.В., Конкин В.Н., Сукиасов В.Г., Пустовойт Б.А., Баха В.Ф. Яхья.* Моделирование большой берцовой кости и численный анализ влияния фронтальной деформации на ее напряженное состояние // Вісник НТУ «ХП». Збірник наукових праць. Тематичний випуск «Динаміка і міцність машин». – 2006. – № 32. – С. 33-38.

*Поступила в редколлегию 15.03.2007*

УДК 669.018.29:620.16

**А.Ю.ДЕНЬЩИКОВ; С.В.ПОДЛЕСНЫЙ**, канд.техн.наук;  
ДГМА, Краматорск  
**С.Н.ШИЛЮК; К.П.ШАПОВАЛОВ**; ЗАО «НКМЗ», Краматорск

### **ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ МЕТОДАМИ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРОСКОПИИ**

У статті проведена оцінка достовірності результатів вимірювання внутрішніх напружень методом вимірювання коерцитивної сили. Дослідження проведено на різних марках сталі. Виконана оцінка величини нев'язки визначення напружень, для додаткового контролю виконано порівняння точності вимірювань з результатами, одержаним тензометричним методом.

The estimation of authenticity of results of measuring of internal stress by the method of measuring of coercitivity is conducted in the article. Research is conducted on different brands became. The estimation of size of error of determination of stress is executed, for the additional control, comparing of exactness of measuring is executed to the results, got tensiometer.

В основе существующих методов определения внутренних напряжений лежит исследование физических свойств материалов при воздействии на них рентгеновских, инфракрасных, ультрафиолетовых и гамма-лучей, радиоволн, ультразвуковых колебаний, магнитного и электростатического полей и др. Основными методами, применяемыми в настоящее время, являются рентгенографический, ультразвуковой и магнитные методы.

Принцип действия приборов основанных на магнитных методах состоит в намагничивании контролируемого участка детали до технического насыщения накладным преобразователем, размагничивания его ступенчато нарастающим полем, фиксации магнитных характеристик (коэрцитивной силы, индукции, остаточной намагниченности, магнитной проницаемости). Существенным недостатком магнитного метода является его чувствительность к локальным изменениям толщины стенки, создающая дополнительные трудности в интерпретации результатов контроля.

Достаточно часто, при проведении исследований по измерению внутренних напряжений, зависимость между изменением магнитной характеристики

и величиной напряжений полагают линейной. В данной работе проведено исследование по оценке степени достоверности результатов измерения внутренних напряжений, получаемых при таком подходе.

Для контроля напряженно-деформированного состояния металлоконструкций магнитным методом использовался структуроскоп КРМ-Ц-К2М (разработчик и изготовитель – фирмы «Специальные Научные Разработки» г. Харьков).

Для проведения исследований изготовлены образцы прямоугольного поперечного сечения из различных сталей, которые нагружались одноосной силой на машине ГМС-100 с остановками для замеров. Измерение показаний приборов производилось через каждые 30 МПа. Производилось по три замера для каждой силы и вычислялось среднее значение коэрцитивной силы.

Результаты измерений представлены в виде табл. 1.

Таблица 1

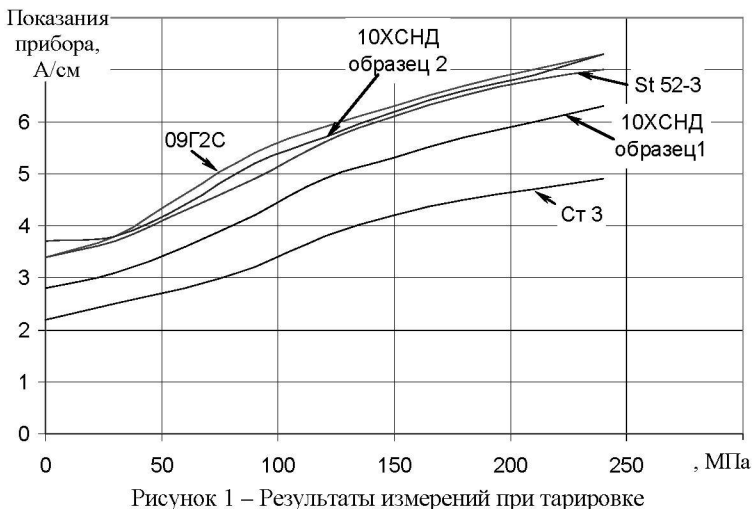
Марка стали	Величина нагрузки (кН)/ напряжения в образце (МПа)									
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	
Ст. 3	2,2	2,5	2,8	3,2	3,8	4,2	4,5	4,7	4,9	
09Г2С	3,4	3,8	4,6	5,4	5,9	6,3	6,7	7,0	7,3	
St 52-3	3,4	3,7	4,3	4,9	5,6	6,1	6,5	6,8	7,0	
10ХСНД	№ 1	2,8	3,1	3,6	4,2	4,9	5,3	5,7	6,0	6,3
	№2	3,7	3,8	4,4	5,2	5,7	6,2	6,6	6,9	7,3

По полученным значениям построены графики, представленные на рис. 1. При этом вдоль горизонтальной оси откладывались действующие напряжения, вычисленные согласно формулы:  $\sigma = P/F$ , где  $P$  – величина растягивающей силы,  $F$  – площадь поперечного сечения образца. Вдоль вертикальной оси – показания коэрцитивной силы, А/см.

Как можно увидеть из полученных графиков, зависимость между значениями напряжений и коэрцитивной силой близка к линейной. Следует обратить внимание, что три кривые (для сталей 09Г2С, St 52-3 и 10ХСНД, образец 2) находятся очень близко друг относительно друга, а разница между показаниями коэрцитивной силы для двух образцов из одной стали 10ХСНД составляет около 20 % при практически полном их совпадении при наложении.

Такая ситуация объясняется тем, что на абсолютное изменение коэрцитивной силы влияют различные факторы, среди которых: температура и влажность окружающей среды, качество поверхности, структурные неоднородности и нарушения сплошности металла, и т.п.

Но для нас принципиально важным является то, что прибор качественно достаточно точно зафиксировал изменения внутренних напряжений во всех образцах.



Для оценки величины погрешности определения напряжений проведен был дополнительный анализ. Учитывая, что на каждом шаге значение напряжений изменялось на одинаковую величину (30 МПа), то может быть определен средний коэффициент пропорциональности  $K_m$  между изменением напряжений и показаниями прибора. Тогда напряжения могут быть вычислены согласно формуле  $\sigma = K_m \cdot \Delta P_k$ , где  $\Delta P_k$  – изменение величины коэрцитивной силы.

Как альтернативный метод, для второго образца применялся тензометрический метод измерения напряжений. При этом использовалась тензостанция ИДЦ-1, в качестве датчиков для измерения напряжений использовались проволоочные тензорезисторы на пленочной основе 2ПКП-30-200 с сопротивлением 199÷199,49 Ом, активной базой 30 мм и известным коэффициентом тензочувствительности. Тензодатчики были подключены по несбалансированной мостовой схеме, симметричной относительно питающей диагонали.

После определения значений коэффициентов пропорциональности были вычислены изменения напряжений за один шаг измерений. Полученные значения представлены в табл. 2.

По полученным данным были построены графики изменения напряжений. При этом вдоль горизонтальной оси откладывались значения действующих напряжений, вдоль вертикальной – расчетное изменение напряжений согласно показаниям приборов при изменении напряжений на 30 МПа. Таким образом, погрешность определения напряжений может быть определена как разность, между вычисленным значением и действительным изменением напряжений (30 МПа). Сплошными линиями показаны результаты измерений, полученные при помощи метода магнитной индукции, штриховой – тензометрии.

Таблица 2

На- грузка	Магнитным методом (образец 1/образец 2)			Методом тензометрии (образец 2)		
	Показания прибора	Разность		Показания прибора	Разность	
		А/см	МПа		ЕОД	МПа
0	2,8/3,7			1015		
30	3,1/3,8	0,3/0,1	20,28/6,76	1029	14	30,80
60	3,6/4,4	0,5/0,6	33,81/40,57	1043	14	30,80
90	4,2/5,2	0,6/0,8	40,57/54,09	1056	13	28,60
120	4,9/5,7	0,7/0,5	47,33/33,81	1068	12	26,40
150	5,3/6,2	0,4/0,5	27,04/33,81	1082	14	30,80
180	5,7/6,6	0,4/0,4	27,04/27,04	1095	13	28,60
210	6/6,9	0,3/0,3	20,28/20,28	1109	14	30,80
240	6,3/7,3	0,3/0,4	20,28/27,04	1123	14	30,80

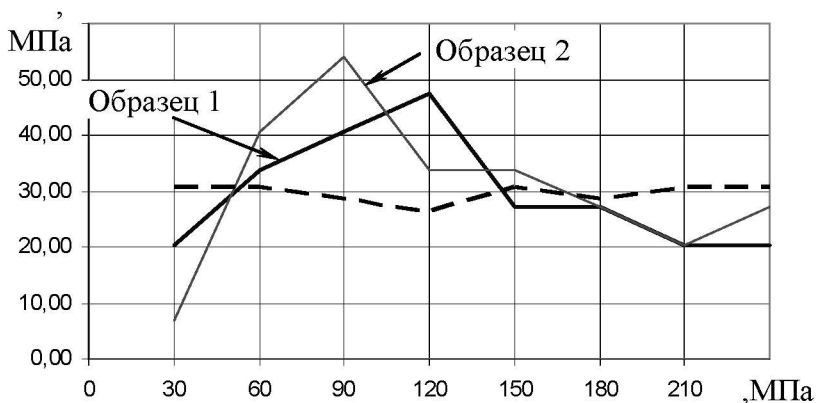


Рисунок 2 – Погрешность измерений при тарировке

Как можно увидеть используемая аппаратура показывает удовлетворительные результаты при высоком уровне напряжений (для данного материала выше 120 МПа), при этом для низких остаточных напряжений погрешность может составлять порядка 60 %.

**Список литературы:** 1. Касаткин В.С. и др. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений. – Киев, 1981. – 381 с. 2. Иванов С.Ю. и др. Производство сертифицированных рабочих средств измерения остаточных напряжений в металлах и сплавах // Металлообработка. – 2001. – № 1. – С. 67-72. 3. Власов В.Т., Дубов А.А. Физические основы метода магнитной памяти металла. – М.: ЗАО «ТИССО», 2004. – 424 с. 4. Паныковский Ю.П. Аппаратная реализация некоторых магнитных методов неразрушающего контроля // Мир измерений. – 2005. – № 5. – С. 9-12. 5. Безлюдько Г.Я. и др. Оценка текущего состояния остаточного ресурса прокатных валков на основе магнитного (по коэрцитивной силе) метода неразрушающего контроля // Кон-

троль. Диагностика. – 2002. – № 1. – С. 45-48. 6. Горкунов Э.С. и др. Моделирование диаграммы деформирования на основе измерения ее магнитных характеристик //Дефектоскопия. – 1997. – № 4. – С. 87-95.

*Поступила в редколлегию 23.07.2007.*

УДК 539.4:629.7.02

**В.А.ЖОВДАК**, докт. техн. наук; **А.Б.БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ**,  
канд. техн. наук; **М.М.СМИРНОВ**, канд. техн. наук; **Ю.Н.УЛЬЯНОВ**,  
канд. техн. наук; НТУ «ХПИ»; **С.И.ЯЦЬКО**, канд. техн. наук, УкрГ АЖТ;  
**О.В. ЧЕРНЫХ**, ГП «Харьковский метрополитен»

## **ВИБРОИЗМЕРЕНИЯ РАМ ТЕЛЕЖЕК ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ**

Розглядається методика проведення вібровимірювань рам візків вагонів метрополітену в умовах експлуатації. Обробка осцилограм здійснювалась за допомогою дискретного перетворення Фур'є. Використовувалася програма Microsoft Excel. Отримано спектр зовнішнього навантаження, що викликане нерівностями шляху. Також визначено спектр власних коливань рам візків, що підтверджується експериментальними даними. Результати статті будуть використані для вирішення задачі статистичної динаміки рам візків з урахуванням запізнювання зовнішнього навантаження на колісні пари візків та прогнозування безвідмовності рам візків.

The article represents the vibration-survey technique of bogie frames of transit vehicles under service conditions. The oscillogram processing was carried out by discrete Fourier transform. For this purpose program Microsoft Excel was used. The spectrum of external loading is defined. This loading is caused by track irregularities. Also the natural vibration spectrum of bogie frames is obtained and confirmed by experimental data. The results of this article will be used for solving the statistical dynamics problem and reliability prediction of bogie frames. The delay of external loading on the wheel pairs of bogie frames is taken into account.

**Введение.** Железнодорожный транспорт занимает ведущее место среди видов транспорта по объемам грузовых и пассажирских перевозок Украины. Неотъемлемой частью подвижного состава железнодорожного транспорта являются электропоезда метрополитенов, которые предназначены для обеспечения массовых перевозок пассажиров в транспортных системах больших городов. Однако во время эксплуатации вагонов электропоездов наблюдается большое количество отказов, значительный процент которых имеет механическое происхождение. Отдельно необходимо выделить возникновение усталостных трещин в сварных конструктивных элементах тележек вагонов. Указанные причины приводят к тому, что экономическая эффективность, а также показатели эксплуатации вагонов снижаются, что приводит к значительным расходам и возможности возникновения аварийных ситуаций. В связи с этим,