

# ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

*Шубочкин А.Е.*

ЗАО "НИИИН МНПО "СПЕКТР", г. МОСКВА

В последние годы все большее применение для контроля поверхности железнодорожных колес, надрессорных балок, боковых рам и других частей железнодорожного подвижного состава на наличие поверхностных дефектов находит вихретоковый контроль.

Для проведения контроля во многих локомотивных и вагонных депо применяются хорошо зарекомендовавший себя вихретоковый дефектоскоп ВД-12НФМ и новый вихретоковый дефектоскоп ВД-12НФП, отличающийся от своего предшественника процессорной обработкой сигнала, его визуализацией и возможностью документирования результатов контроля.

Внедрение данных приборов привело к значительному росту количества обнаруживаемых дефектов. Так, например, статистика контроля железнодорожных колес показала рост числа обнаруживаемых трещин, как на колесах продолжительное время находящихся в эксплуатации, так и на практически новых изделиях металлургических заводов. Сложилась ситуация, при которой периодический контроль стал более качественным, чем выходной контроль предприятий-изготовителей.

Для улучшения выходного контроля ЗАО "НИИИН МНПО "Спектр" совместно с ОАО "Выксунский металлургический завод" была разработана установка для автоматического контроля железнодорожных колес на наличие поверхностных дефектов (закалочные трещины, волосовины, плены и расслоения). Предъявляемые требования к контролю (малая длина обнаруживаемого дефекта и ограничение по времени контроля) поставили перед разработчиками сложную инженерную задачу. Необходимо было максимально увеличить зону контроля преобразователя, не потеряв при этом чувствительность к трещинам малой протяженности.

Разработка средств дефектоскопии для оценки глубины дефекта в зависимости от его протяженности.

В требованиях к неразрушающему контролю ответственных деталей и узлов в качестве критерия разбраковки нередко указывается длина дефекта. Поэтому на практике

наибольший интерес представляет зависимость выходного сигнала преобразователя от протяженности дефекта при изменении рабочего зазора.

Рассматриваемая модель дефекта представляет собой однослойный прямоугольный соленоид (Рис. 1) шириной намотки  $2b$ , по которому протекает ток с поверхностной плотностью  $i_n$ . Расположим его в плоскости  $Z=0$  прямоугольной системы координат так, чтобы его стороны, равные протяженности дефекта  $2l$  были параллельны оси  $Oy$ , стороны, равные глубине дефекта  $h$ , были параллельны оси  $Oz$ , а центр первого витка совместим с координатами  $O(x=0; y=h/2; z=0)$

На основании теоретических расчетов с использованием токовой модели дефекта была рассчитана зависимость электромагнитного поля дефекта при его минимальной длине от диаметра преобразователя.

$$H(x, y, z) = \frac{H_0}{\pi} \cdot P \cdot [z \cdot F(x, y, z) - (z + h) \cdot F(x, y, z + h)] \cdot (h + 2 \cdot b) \cdot \exp\left(\frac{-3z}{r}\right)$$

$$\text{где } F(x, y, z) = \frac{1}{x^2 + z^2} \cdot \left[ \frac{y+1}{\sqrt{x^2 + y^2 + (y+1)^2}} - \frac{y-1}{\sqrt{x^2 + y^2 + (y-1)^2}} \right]$$

Топография магнитного поля дефекта без учета диаметра преобразователя представлена на Рис. 2, а с учетом диаметра преобразователя на Рис. 3.

Результаты моделирования показали, что с увеличением зазора при том же диаметре преобразователя поле дефекта распределяется более широко, что приводит к увеличению длины порогового дефекта. Зависимость нормальной составляющей магнитного поля  $H_z$  от протяженности дефекта представлена на Рис. 4,5.

На практике представляют интерес зависимости минимальных по протяженности выявляемых дефектов в зависимости от рабочего зазора и диаметра преобразователя (Рис. 6,7).

Полученные теоретические результаты были подтверждены экспериментально, что и позволило в дальнейшем применить их на новой автоматической системе контроля внутренних и наружных боковых поверхностей железнодорожных колес на основе вихретокового дефектоскопа ВД-12НФМ, удовлетворив все поставленные требования производителя.

Шубочкин А.Е.

Тел. 245-56-18

Факс 933-02-95

Передано в редакцию

## ЛИТЕРАТУРА

1. Беда П.И. Исследование сигнала накладного датчика в зависимости от изменения размеров и расположения дефектов типа трещин. – Дефектоскопия, 1970, №1, с. 62-67.
2. Бизюлев А.Н., Калинин Ю.С., Мужичкий В.Ф., Сосницкая Т.А. Вихретоковый дефектоскоп ВД-12НФМ. – Контроль. Диагностика, 2003, №4, с. 29-30.
3. Бизюлев А.Н., Мужичкий В.Ф., Загидулин Р.В. О влиянии конечных размеров преобразователя на измерение магнитного поля поверхностного дефекта. – Контроль. Диагностика, 2001, №10, с. 8-11
4. Зацепин Н.Н. Исследование магнитного поля вихревых токов над поверхностными дефектами. – Дефектоскопия, 1969, №4, с. 104-112.
5. Мужичкий В.Ф. Развитие теории и создание электромагнитных средств дефектоскопии изделий сложной формы. – Докт. дисс. – М., 1986.
6. Мужичкий В.Ф. Модель поверхностного дефекта при нормальном намагничивании и расчет топографии его магнитоэстатического поля. – Дефектоскопия, 1988, №7, с. 3-7.

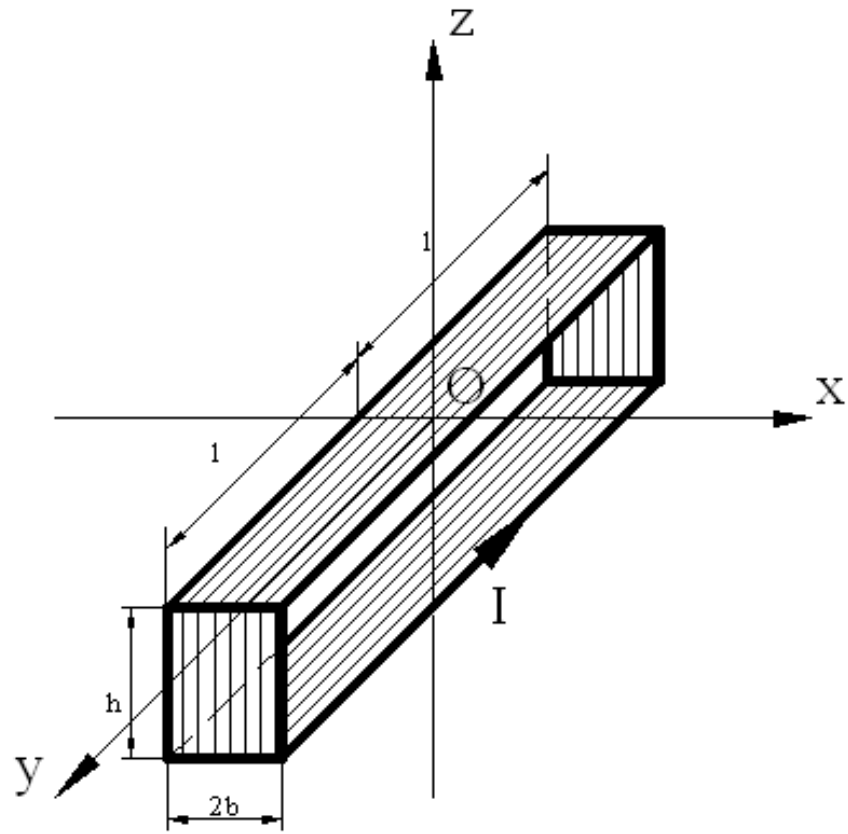


Рис. 1. Модель дефекта в виде однослойного прямоугольного соленоида.

## ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

*Шубочкин А.Е.*

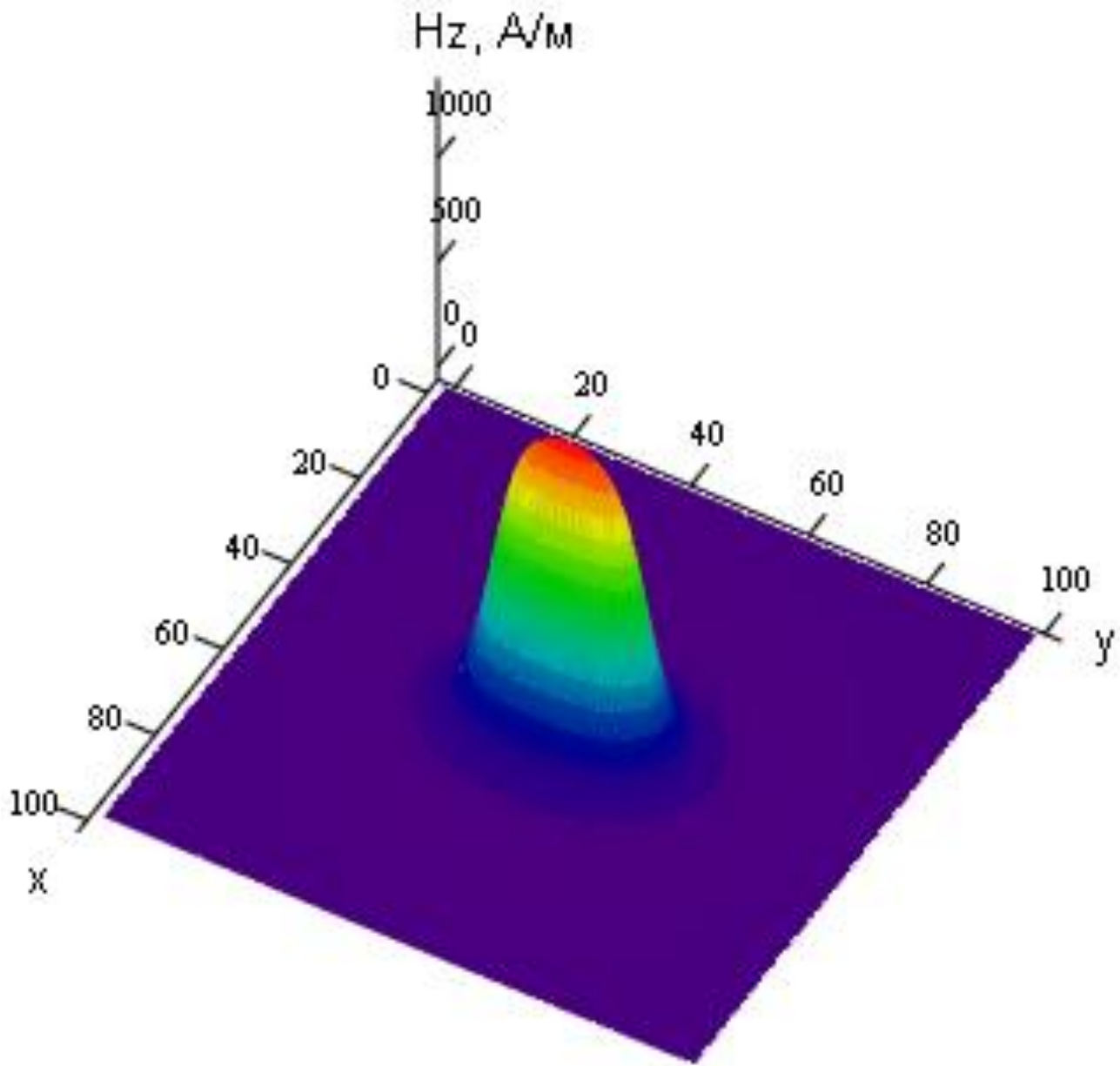


Рис. 2. Топография магнитного поля дефекта без учета диаметра преобразователя.

## ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

*Шубочкин А.Е.*

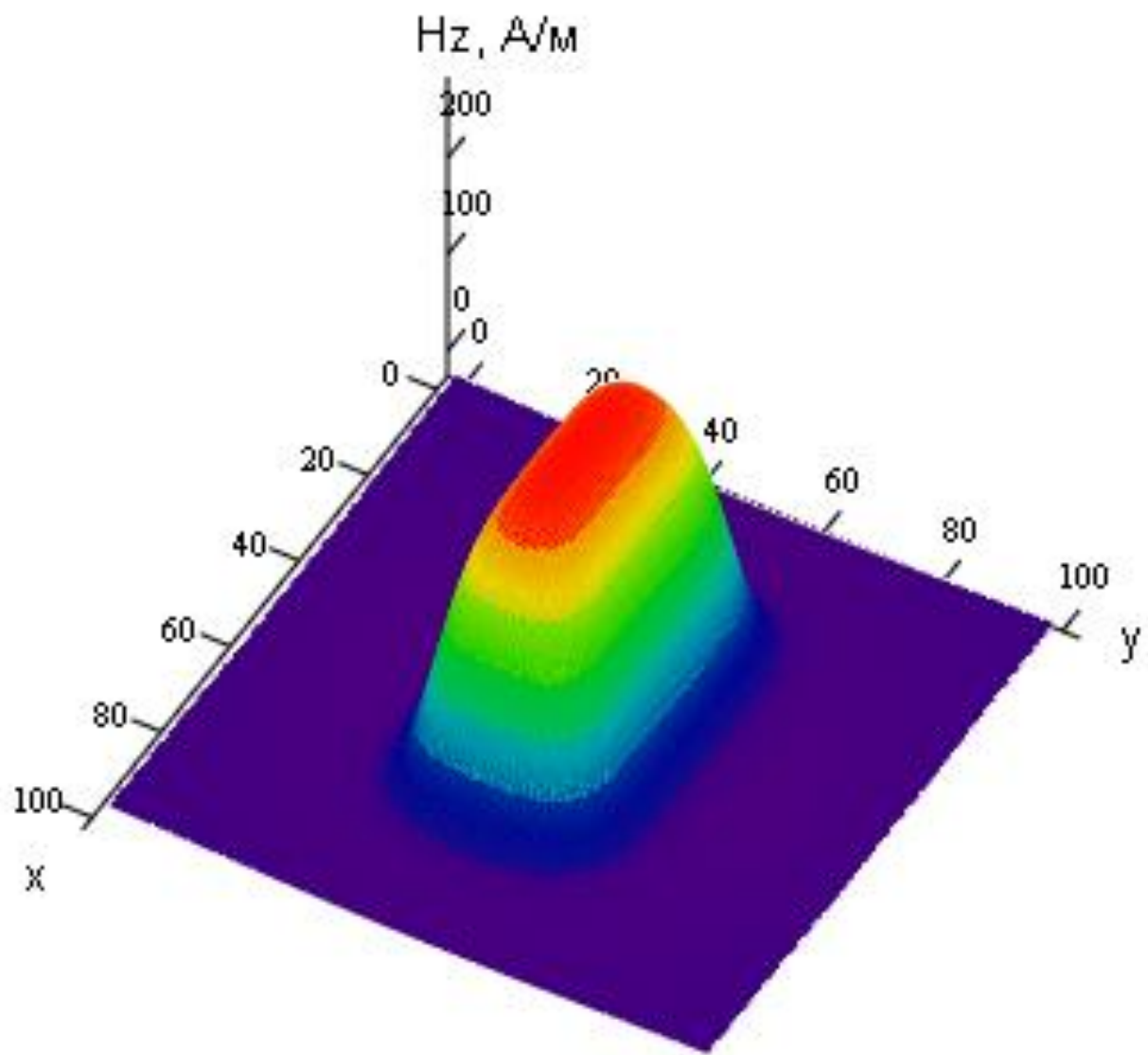




Рис. 3. Топография магнитного поля дефекта с учетом диаметра преобразователя.

## ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

*Шубочкин А.Е.*

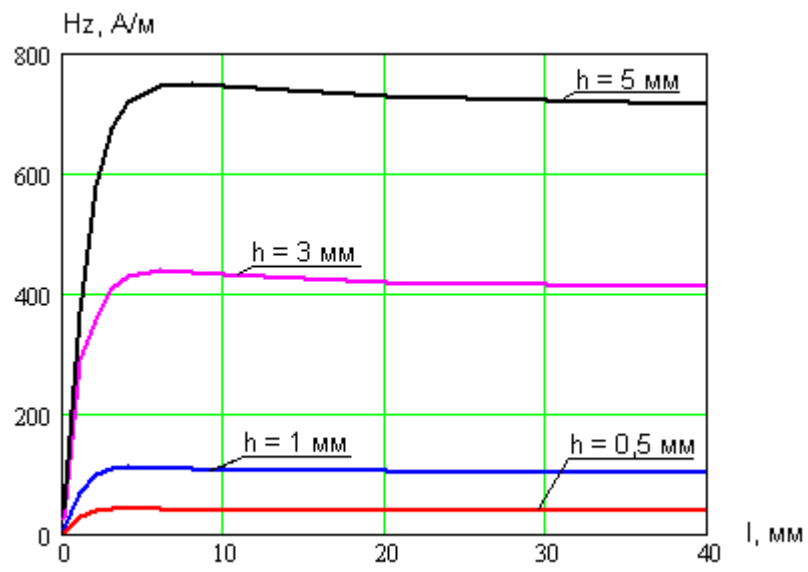


Рис. 4. Зависимость нормальной составляющей магнитного поля  $H_z$  от протяженности дефекта без учета диаметра преобразователя.

## ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

*Шубочкин А.Е.*

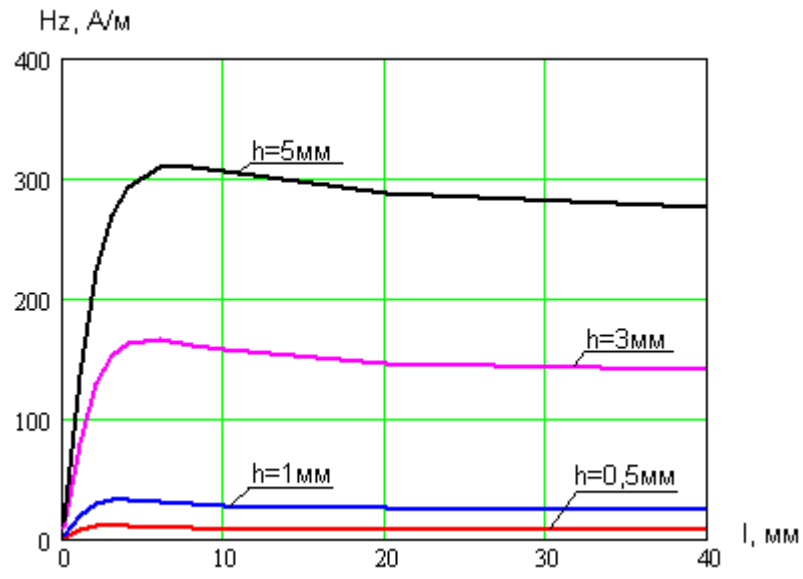


Рис. 5. Зависимость нормальной составляющей магнитного поля  $H_z$  от протяженности дефекта без учета диаметра преобразователя с учетом диаметра преобразователя.

## ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

*Шубочкин А.Е.*

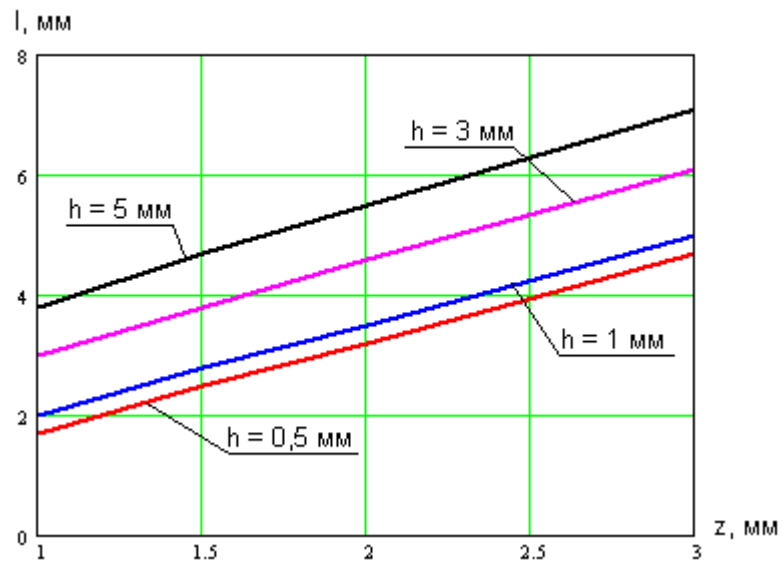


Рис. 6. Минимальный выявляемый дефект без учета диаметра преобразователя, где  
 $h$  – глубина дефекта,  
 $l$  – протяженность дефекта,  
 $z$  – рабочий зазор.

## ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

*Шубочкин А.Е.*

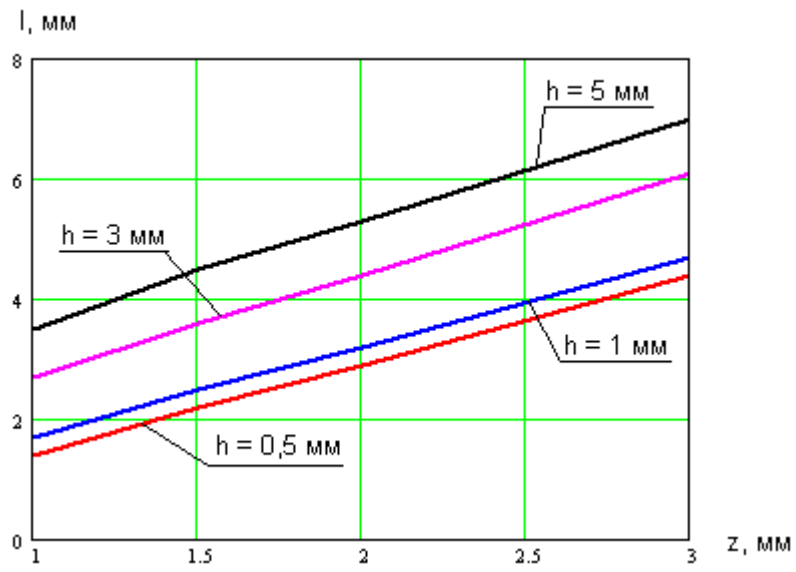




Рис. 7. Минимальный выявляемый дефект с учетом диаметра преобразователя, где  
 $h$  – глубина дефекта,  
 $l$  – протяженность дефекта,  
 $z$  – рабочий зазор.

## ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

*Шубочкин А.Е.*

## ПОДРИСУНОЧНЫЕ ПОДПИСИ

Рис. 1. Модель дефекта в виде однослойного прямоугольного соленоида.

Рис. 2. Топография магнитного поля дефекта без учета диаметра преобразователя.

Рис. 3. Топография магнитного поля дефекта с учетом диаметра преобразователя.

Рис. 4. Зависимость нормальной составляющей магнитного поля  $H_z$  от протяженности дефекта без учета диаметра преобразователя.

Рис. 5. Зависимость нормальной составляющей магнитного поля  $H_z$  от протяженности дефекта без учета диаметра преобразователя с учетом диаметра преобразователя.

Рис. 6. Минимальный выявляемый дефект без учета диаметра преобразователя, где  
 $h$  – глубина дефекта,  
 $l$  – протяженность дефекта,  
 $z$  – рабочий зазор.

Рис. 7. Минимальный выявляемый дефект с учетом диаметра преобразователя, где  
 $h$  – глубина дефекта,  
 $l$  – протяженность дефекта,  
 $z$  – рабочий зазор.

## РЕФЕРАТ

Выведена зависимость минимального выявляемого дефекта с учетом диаметра преобразователя и рабочего зазора, подтвержденная практически на новой автоматической линии контроля качества железнодорожных колес.