

## МАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ДАВЛЕНИЯ, ВОЗБУЖДАЕМЫЕ ИНДУКТОРОМ С ТОКОПРОВОДАМИ КОНЕЧНОЙ ШИРИНЫ, В УГЛОВЫХ ИЗГИБАХ ЗАГОТОВКИ

Сериков Г.С.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Украина, 61002, Харьков, ул. Петровского, 25, кафедра "Автомобильной электроники",

тел. 700-38-52

*В роботі теоретично розглянуто вплив поперечних розмірів струмопроводів на величину магнітного тиску в кутовому згібі металевого листа. Показано, що комбінування куту нахилу площини, в якій росташовані струмопроводи, та ширини "дальнього" струмопроводу дозволяє реалізувати досить високий рівень концентрації поля та сил магнітного тиску у зоні обробки.*

*В работе теоретически рассмотрено влияние поперечных размеров токопроводов на величину магнитного давления в угловом изгибе металлического листа. Показано, что комбинирование угла наклона плоскости, в которой расположены токопроводы, и ширины "дальнего" токопровода позволяет реализовать довольно высокий уровень концентрации поля и сил магнитного давления в зоне обработки.*

В предыдущем рассмотрении работы [1] токопроводы индукторной системы полагались достаточно тонкими, хотя из феноменологических соображений очевидно, что поперечные размеры источников поля должны влиять на процессы возбуждения индукторной системы. Очевидно, что должны измениться амплитуды полей и давлений, должны измениться формы распределений и т.д. Всё это требует дополнительных оценок.

На рис. 1 представлена модель расчёта, где токопроводы имеют заданную конечную протяжённость, но толщина их пренебрежимо мала. В учёте последнего геометрического параметра нет необходимости. Вследствие электромагнитной симметрии по отношению к проводящим поверхностям плоского угла, такая модель взаимодействия с горизонтальной плоскостью заготовки даст все ответы на поставленные вопросы.

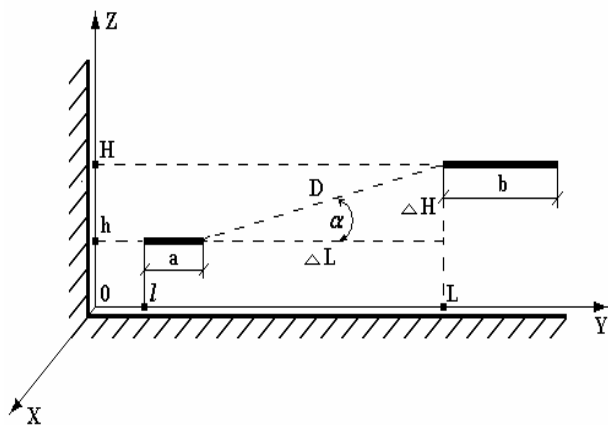


Рис. 1. Расчётная модель индукторной системы из одновиткового соленоида с токопроводами конечной ширины

Тангенциальная компонента напряжённости магнитного поля в плоскости  $z = 0$  может быть найдена из соответствующего выражения цитируемой выше работы, куда следует ввести Фурье-Бесселевы изображения  $y$ -распределения возбуждающего тока соответственно модели на рис. 1 (функции  $f_{1,2}(\lambda)$ , согласно обозначениям [1]).

Не останавливаясь на тривиальных процедурах вычисления Фурье-образов возбуждающих токов запишем в окончательном варианте аналитическое выражение для касательной компоненты напряжённости магнитного поля на горизонтальной поверхности изгиба листовой заготовки.

При  $l = h$  получаем формулу, пригодную для практических вычислений:

$$H_y^0(y, z = 0) = \int_0^{\infty} \frac{e^{-x}}{x} \cdot \left[ \sin \left( y \left( 1 + \frac{a}{2h} \right) \right) \cdot \sin \left( y \cdot \frac{a}{2h} \right) - \left( \frac{a}{b} \right) e^{-y \left( \frac{D}{h} \right) \sin \alpha} \sin \left( y \left( 1 + \frac{a+b}{2h} + \frac{D}{h} \cos \alpha \right) \right) \cdot \sin \left( y \cdot \frac{b}{2h} \right) \right] dx, \quad (1)$$

где 
$$H_y^0(y, z = 0) = \frac{H_y(t, y, z = 0)}{\left( \frac{I(t)}{\pi \cdot a} \right)}$$

Поскольку рассмотрение проводится для режима резкого поверхностного эффекта, магнитное давление на горизонтальную поверхность плоского угла легко определяется с помощью (1). Оно будет пропорционально квадрату касательной компоненты напряжённости магнитного поля на граничной поверхности.

Численные оценки.

На рис. 2÷рис. 3 представлены графические иллюстрации результатов вычислений пространственного распределения напряжённости и давления на обрабатываемую поверхность в экспериментальной индукторной системе, предложенной для формовки угловых профилей автомобильных кузовов ( $a = 0.005$ ,  $D = 0.02$ ,  $b = \text{var}$ ,  $\alpha = \text{var}$ ).

При построении графиков значения напряжённости нормировались на величину её расчётного максимума для тангенциальной компоненты поля "ближнего" токопровода То есть, на графиках приведены зависимости для  $H_{y,z}^0 = \frac{H_{y,z}}{H_{m1}}$ . В настоящих вычислениях

$$H_{m1} \approx 0.665 \cdot \frac{I(t)}{(\pi \cdot a)}$$

Для амплитуды тока  $\approx 100$  кА -  $H_{m1} \approx 0.423 \cdot 10^7 \frac{\text{А}}{\text{м}}$ , соответствующая ве-

личина магнитного давления будет равна  $P_{m1} \approx 11.3$  МПа.

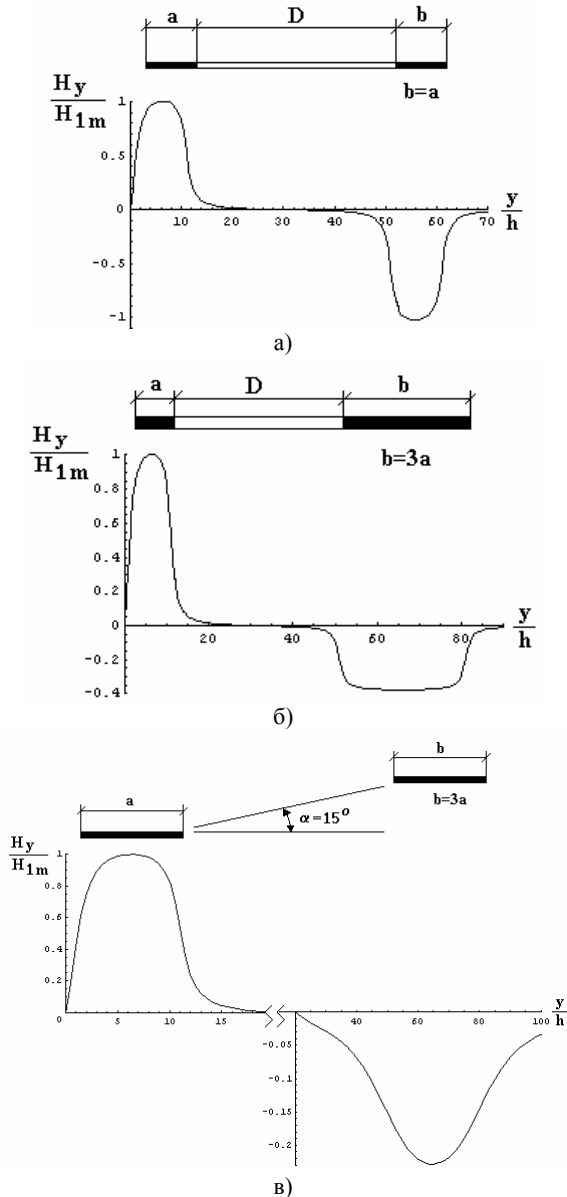


Рис. 2. Распределение тангенциальной компоненты напряжённости магнитного поля по горизонтали углового изгиба листовой заготовки, а)  $\alpha = 0^\circ$ ,  $b = a$ ; б)  $\alpha = 0^\circ$ ,  $b = 3 \cdot a$ ; в)  $\alpha = 15^\circ$ ,  $b = 3 \cdot a$ .

Физическая интерпретация полученных решений должна проводиться с обязательным соотносением к состояниям, естественно адекватным математическому описанию протекающих процессов.

Таким образом, проведенные вычисления позволяют сделать следующие выводы.

- Поперечная протяжённость токопровода – его ширина значительно снижает амплитуды возбуждаемых полей и давлений. Так, при переходе от точечной к полосовой модели в рамках выполненных расчётов зафиксировано понижение максимума напряжённости магнитного поля на  $\approx 33\%$  и давления на  $\approx 89\%$ . Данный факт легко объясним. Точечная модель и, следовательно, более высокие напряжённости имеют место, когда соотношение ширины и расстояния до проводящей плоскости стремится к нулю.

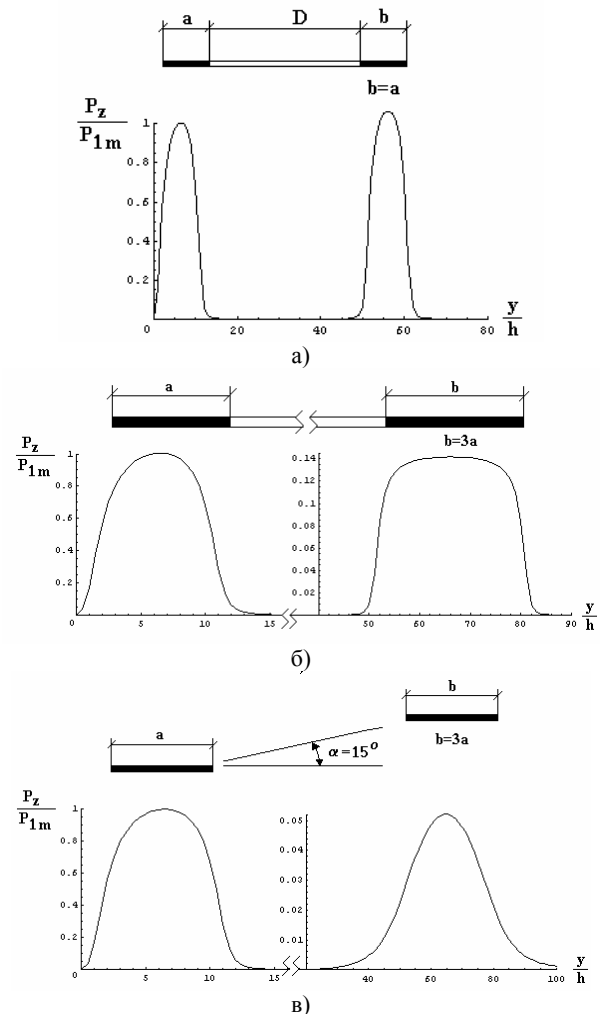


Рис. 3. Распределение нормальной компоненты магнитного давления на горизонтальную поверхность углового изгиба, а)  $\alpha = 0^\circ$ ,  $b = a$ ; б)  $\alpha = 0^\circ$ ,  $b = 3 \cdot a$ ; в)  $\alpha = 15^\circ$ ,  $b = 3 \cdot a$ .

- В случае конечной ширины токопроводов превышение второго максимума над первым как для напряжённости, так и давления существенно ниже, чем в случае тонких проводников (рис. 2а, рис. 3а).

- При неизменной ширине "ближнего" токопровода увеличение ширины "дальнего" приводит к весьма ощутимому снижению напряжённости и сил давления с его стороны (рис. 2б, рис. 3б).

- Комбинирование угла наклона плоскости, в которой расположены токопроводы, и ширины "дальнего" токопровода позволяет реализовать довольно высокий уровень концентрации поля и сил магнитного давления в угловой зоне изогнутого металлического листа (рис. 2в, рис. 3в).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Батыгин Ю.В., Сериков Г.С., Головащенко С.Ф., Магнитное поле и давления, возбуждаемые одновитковым индуктором в угловом изгибе листовой заготовки. // Электротехника і електромеханіка. Харків. 2006. №6, С. 66-71.

Поступила 26.02.2008