

РАЗРАБОТКА ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТИПОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВЕРТОЛЕТА МИ-8

М. С. Коваленко, Н. Н. Закаблукова, В.А. Новиков

В статье проанализированы типовые детали вертолета МИ-8, характерные их дефекты и применяемые методы неразрушающего контроля, выполнен расчет соленоида для намагничивания (и размагничивания) мелких деталей, описана разработанная установка для дефектоскопии типовых деталей вертолета МИ-8.

Ключевые слова: магнитопорошковый контроль, дефекты, ферромагнитные объекты, типовые детали, технические средства.

Вертолет МИ-8 является самым массовым в мире. Он эксплуатируется при низких температурах и в тропических условиях, неприхотлив в обслуживании и прост в управлении. Поэтому до настоящего времени он востребован и широко применяется во многих странах мира. При производстве, а также в процессе ремонта для дефектоскопии многих деталей вертолета используют магнитопорошковый метод. Однако существующие магнитопорошковые дефектоскопы не комплектуются средствами малой механизации, упрощающими выполнение операций контроля (жесткое закрепление и фиксацию объекта, его намагничивание с помощью электромагнита или пропусканием тока по объекту, нанесение суспензии или сухого магнитного порошка на объект контроля, обеспечение удобства при осмотре объекта и расшифровке индикаторных рисунков дефектов, размагничивание объектов). Это сдерживает широкое применение эффективного метода неразрушающего контроля. Поэтому тема настоящей работы является актуальной.

Характерными дефектами деталей вертолета МИ-8 являются поверхностные и подповерхностные трещины, флокены, скворечники, рванины, закаты. Для контроля их качества применяется магнитопорошковый метод. Этот метод обеспечивает высокую чувствительность, наглядность и достоверность контроля.

Одним из основных узлов установок для дефектоскопии мелких деталей является соленоид, который используют для намагничивания и размагничивания деталей. Конструктивно соленоид целесообразно выполнить с возможностью последовательного намагничивания нескольких деталей, что повысит производительность контроля. Для намагничивания объектов рационально применить катушку большого диаметра. Это позволит обеспечить обзор зоны контроля и механизировать процесс дефектоскопии объектов.

Расчет соленоида выполним по методике, изложенной в [1], применительно к намагничиванию цилиндрических деталей. Цель расчета – определить параметры соленоида.

При внесении в соленоид переменного тока ферромагнитной детали величина тока, а значит и напряженность магнитного поля в соленоиде, снижаются. На снижение тока влияют главным образом форма детали, ее размеры, число витков соленоида, марка стали и ее термическая обработка. Учет влияния этих факторов положен в основу расчета соленоидов переменного тока для намагничивания и размагничивания стальных деталей.

Исходные данные: напряжение сети $U=220$ В, напряженность поля при *внесенной детали* – $H=120 \cdot 10^2$ А/м.

Пусть соленоид предназначен для намагничивания и размагничивания валов диаметром $D=75 \cdot 10^{-6}$ м и длиной $l_{\partial}=0,3$ м.

Для вычисления размеров соленоида необходимо иметь следующие данные. Расчетное сечение контролируемой детали:

$$Q_{\partial} = 0,785 \cdot D^2, \quad (1)$$

где D – диаметр контролируемой детали.

$$Q_{\partial} = 0,785 \cdot (75 \cdot 10^{-6})^2 = 44,2 \cdot 10^{-4} [\text{м}^2]. \quad (2)$$

Основываясь на рекомендациях [1] и по кривым (рисунок 1), выбираем коэффициенты заполнения соленоида по сечению $c = 2$, по длине $b = 0,75$ и находим значение $a = 0,22$.

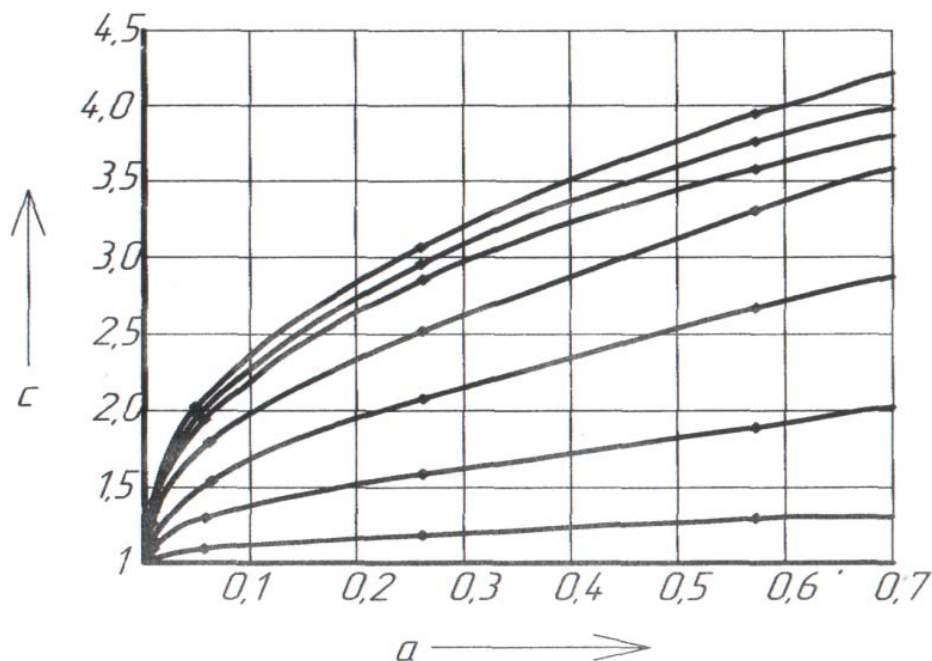


Рис. 1 – Зависимость коэффициента снижения тока c от размеров деталей ($b=l_{\partial}/l$)

Определим размеры соленоида:

-его сечение $Q = \frac{Q_{\partial}}{a} = \frac{44,2 \cdot 10^{-4}}{0,22} = 2 \cdot 10^{-2} [\text{м}^2]; \quad (3)$

-внутренний диаметр $D_1 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{3,14}} = 0,16 [\text{м}]. \quad (4)$

Длина соленоида: $l = \frac{l_{\partial}}{b} = \frac{0,3}{0,75} = 0,4 [\text{м}] \quad (5)$

Рачетную напряженность магнитного поля определяем по формуле $H'_0 = cH = 2 \cdot 120 \cdot 10^2 \text{ А/м} = 240 \cdot 10^2 \text{ А/м}.$

Отношение внутреннего диаметра к длине:

$$\frac{D_1}{l} = \frac{0,16}{0,4} = 0,4. \quad (6)$$

По кривой (рисунок 2) для $D_1=300$ мм определяем коэффициент формы p , который равен 0,98.

Тогда число витков:

$$w = \frac{pU10^8}{314H'_0Q}, \quad (7)$$

$$w = \frac{0,98 \cdot 220 \cdot 10^8}{314 \cdot 240 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 1115 \text{ ВИТКОВ.} \quad (8)$$

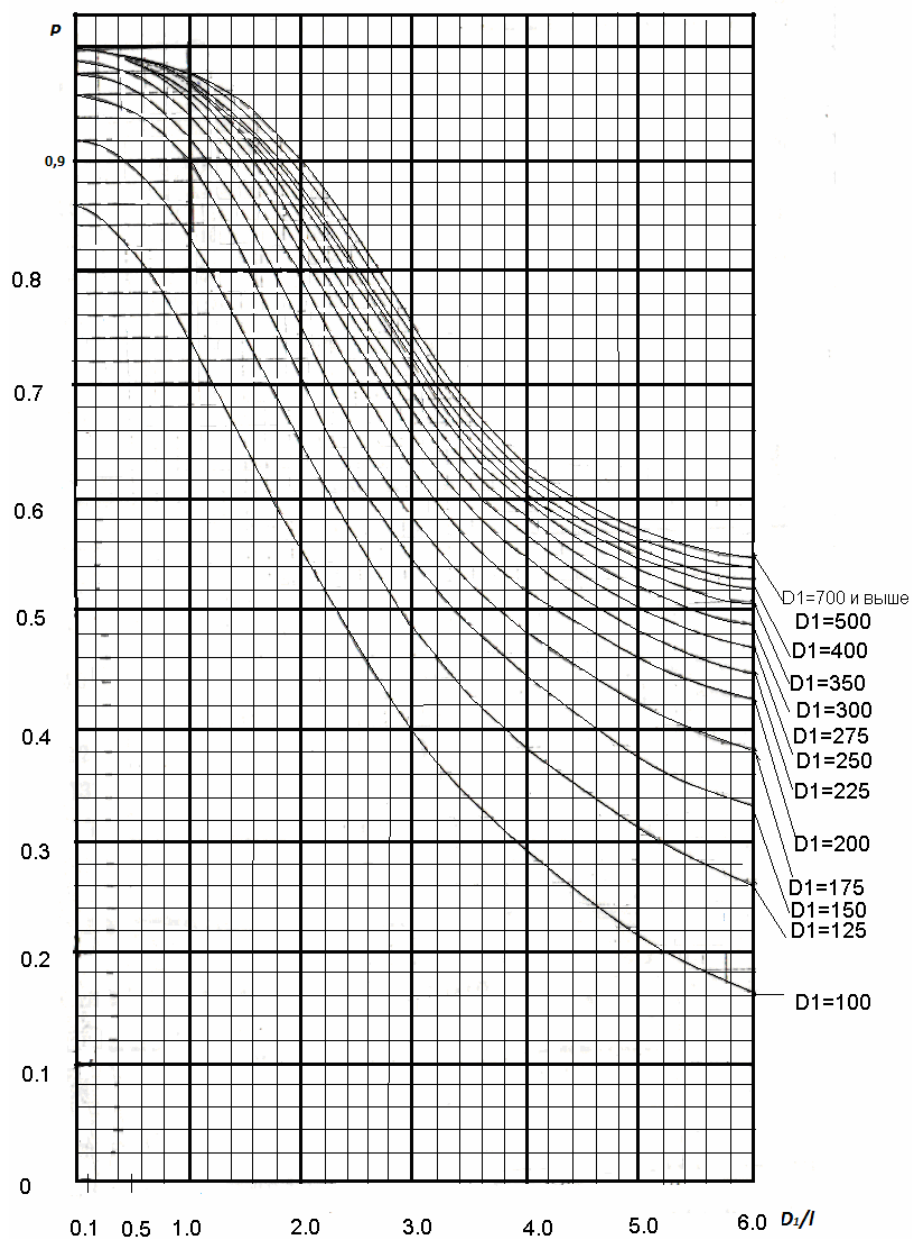


Рис. 2 – Зависимость поправочного коэффициента p от формы соленоида

Поправочный коэффициент g , учитывающий снижение тока в зависимости от числа витков, выбираем из таблицы 1: $g = 1,0565$.

Таблица 1. Поправочный коэффициент g для соленоидов с числом витков w от 500 до 800

Число витков w	Коэффициент g
500	1,005
600	1,015
700	1,025
800	1,035

Тогда можем найти действительный коэффициент снижения тока:

$$c' = gc = 1,015 \cdot 2 = 2,12. \quad (9)$$

Число витков

$$w_1 = \frac{wc}{c'} = \frac{1115 \cdot 2}{2,12} = 1050. \quad (10)$$

Действительная напряженность магнитного поля

$$H_0 = \frac{H'_0 c'}{c} = \frac{240 \cdot 10^2 \cdot 2,12}{2} = 254 \cdot 10^2 \text{ [А/м]}. \quad (11)$$

Толщину h обмотки соленоида примем равной $1,3 \cdot 10^{-2}$ м, тогда средний диаметр

$$D_0 = D_1 + h = 0,16 + 0,013 = 0,17 \text{ [м]}. \quad (12)$$

Определим необходимое число ампер-витков

$$Iw = \frac{H_0 \sqrt{D_0^2 + l^2}}{0,4\pi} = \frac{254 \cdot 10^2 \sqrt{0,17^2 + 0,4^2}}{0,4 * 3,14} = 8800 \text{ [А]} \quad (13)$$

Определим расчетный ток

$$I_0 = \frac{Iw}{w} = \frac{8800}{1115} = 8 \text{ [А]} \quad (14)$$

Плотность тока по рекомендациям примем 5 А/мм^2 , тогда сечение провода

$$q = \frac{I_0}{\delta_0} = \frac{8}{5} = 1,6 \text{ [А/мм}^2\text{]} \quad (15)$$

Согласно сортаменту, используем провод марки ПБД (алюминий) диаметром 1,62 мм, диаметр с изоляцией 1,89 мм.

Число витков в слое:

$$n_g = \frac{\Delta \cdot l}{d_{уз}} - 1 = \frac{0,98 \cdot 0,4}{1,89 \cdot 10^{-3}} - 1 = 206. \quad (16)$$

Число слоев:

$$n_c = \frac{w}{n_g} = \frac{1115}{206} = 6. \quad (17)$$

После изоляции отдельных слоев получим толщину обмотки:

$$h = \frac{n_c d_{уз}}{\gamma} = \frac{6 \cdot 1,89}{0,9} = 12,6 [\text{мм}] \quad (18)$$

Рассчитанный соленоид использован в разработанной установке для размагничивания мелких деталей. Она состоит из ленточного конвейера, двух электромагнитов, закрепленных на стойках, соленоида, установленного на скате. Электромагниты служат для размагничивания деталей средней величины и при размагничивании мелких деталей отключены. Для размагничивания мелких деталей на скат устанавливают соленоид, запитывают его переменным током.

Размагничивание деталей происходит следующим образом: мелкие детали укладываются на ленту конвейера. В конце конвейера детали попадают на скат, проходят через размагничивающий соленоид и поступают в накопительный бункер.

Аналогичный расчет, ориентируясь на большие размеры внутреннего диаметра соленоида, выполнен для намагничивания мелких объектов переменным полем. Этот соленоид использован в разработанной установке для намагничивания мелких деталей.

Установка для магнитопорошкового контроля мелких деталей состоит из намагничивающего соленоида переменного тока, передвигающегося по раме. Рама со шкафом, в котором расположена емкость для сбора суспензии, установлены на опорах. Ванна для рабочей суспензии находится на стойке. Контроль осуществляется способом приложенного поля (СПП) и способом остаточной намагниченности (СОН).

При контроле СПП детали укладывают на неферромагнитную горизонтальную балку, поливают их суспензией, а затем намагничивают переменным полем (при этом запитанный от источника переменного тока соленоид перемещается с помощью роликов по раме вдоль балки). Балка вместе с деталями располагаются внутри соленоида. Суспензия с деталями стекает в емкость, помещенную в шкаф. Далее детали укладывают на сетку вспомогательного приспособления. Их осмотр и фиксация индикаторных рисунков дефектов производятся после стекания основной массы суспензии с объектов контроля.

Контроль СОН осуществляется следующим образом. Детали для контроля намагничиваются, устанавливаются на сетку приспособления, а затем с его помощью погружаются в ванну с суспензией. После чего укладываются на сетку вспомогательного приспособления, либо вывешиваются на крючки для стекания лишней суспензии с деталей.

Литература

1. РТМ 1.2.020-81. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод контроля авиационных деталей: Из-во ВИАМ, 1981.

Коваленко Мария Сергеевна

Магистрантка электротехнического факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Тел.: (029) -710-37-00

Закаблукова Наталья Николаевна

Студентка электротехнического факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Тел.: (029) 245-57-79

E-mail: natalya_zakablukova@mail.ru

Новиков Владимир Алексеевич

Профессор кафедры «Физические методы контроля», д-р техн. наук.
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Тел.: (029) 245-26-19

E-mail: novikovva@tut.by