

УДК 620.1.08

DOI: 10.22213/2413-1172-2026-1-78-84

Исследование режимов работы экспериментальной установки для магнитопорошкового контроля

Д. И. Школина, кандидат технических наук, Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

К. В. Власов, кандидат технических наук, Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

А. Л. Бобров, доктор технических наук, Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

М. А. Гуляев, Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

П. Е. Астахова, ПАО «Новосибирский завод химконцентратов», Новосибирск, Россия

Проблема автоматизации производственного процесса неразрушающего контроля является актуальной в настоящее время. Автоматизация позволяет не только увеличить производительность контроля, но и существенно повысить его достоверность, в том числе за счет снижения влияния человеческого фактора. Трудности автоматизации магнитопорошкового контроля заключаются в том, что в разрабатываемой системе необходимо реализовывать возможность комбинированного намагничивания или последовательного намагничивания в нескольких направлениях ввиду различной ориентации дефектов. Целью исследования является разработка механизированного стенда магнитопорошкового контроля для цилиндрических деталей с максимальным размером до 120 мм, имеющих центральную симметрию относительно оси детали. Экспериментальная установка для магнитопорошкового контроля представляет собой два соленоида, которые закреплены относительно друг друга на подставке из немагнитного материала. Для увеличения магнитного потока и локализации его в центре установки используется магнитопровод из электротехнической стали. В работе исследованы режимы намагничивания экспериментальной установки и определены значения входных параметров (входного тока и скважности) намагничивающего устройства для определения достаточной напряженности магнитного поля на поверхности объекта контроля и температуры катушек устройства. Полученные результаты позволили обеспечить выявляемость дефектов и уменьшить нагревание катушек соленоидов до допустимых значений 40 °С и могут быть применены при проектировании и создании установок для непрерывного контроля при крупносерийном производстве изделий из ферромагнитных материалов.

Ключевые слова: выявляемость дефектов, магнитопорошковый контроль, напряженность магнитного поля, параметры намагничивания.

Введение

Отсутствие поверхностных и подповерхностных дефектов в деталях крупносерийного производства является одним из ключевых показателей качества, который фигурирует в стандартах на стальные изделия, изготавливаемые различными способами [1–3]. При потоковом производстве серийных деталей, подлежащих сплошному выходному неразрушающему контролю (НК), для повышения эффективности и качества контроля неизбежно встает вопрос механизации и автоматизации процессов НК [4–6]. Автоматизация позволяет не только увеличить производительность контроля, но и существенно повысить его достоверность, в том числе за счет снижения влияния человеческого фактора [7–9], упрощает процедуры документирования результатов контроля [10, 11], дает возможность создания цифрового портрета проконтролированных изделий с дальнейшим мониторингом их технического состояния в течение жизненного цикла [12].

Для обнаружения поверхностных дефектов изделий из ферромагнитных материалов традиционно используется магнитопорошковый контроль (МПК) [13, 14]. Большую роль в оценке результатов контроля играет субъективный фактор (квалификация, опыт работы, физическое, психоэмоциональное состояние и др.). Разработка автоматизированных си-

стем направлена на уменьшение роли дефектоскописта в процессе НК, в том числе в принятии решения о годности изделия [15].

Существует проблема контроля и выявления дефектов на изделиях сложных форм, особенно на поверхностях, труднодоступных для осмотра [16, 17]. Это связано с тем, что потенциально различная направленность дефектов требует последовательной реализации нескольких направлений намагничивания или комбинированного намагничивания, существенно усложняющего устройство и увеличивающего стоимость оборудования, обеспечения равномерного нанесения индикатора на все поверхности, а также затрудняет автоматизацию процесса регистрации индикаторных рисунков дефектов на поверхности, так как для обеспечения освещения всех поверхностей деталь необходимо либо вращать в двух или трех осевых направлениях либо обеспечивать регистрацию с нескольких видеокамер высокого разрешения. Поэтому автоматизация МПК изделий сложной формы связана с преодолением вышеописанных трудностей и почти всегда откладывается в силу сложности и высокой стоимости внедрения методики и оборудования [18–20].

Задачу автоматизации МПК крупносерийных деталей целесообразно решать поэтапно.

Целью данного исследования является определение параметров работы экспериментальной установки МПК для цилиндрических деталей с максимальным размером до 120 мм для обеспечения заданного уровня напряженности.

Методы исследований

В работе исследовались режимы намагничивания экспериментальной установки. Намагничивающее устройство выполнено в виде двух соленоидов, стационарно закрепленных относительно друг друга на подставке из немагнитного материала с внутренним диаметром 120 мм. Внешняя оболочка катушек выполнена методом послойного нанесения пластика PETG.

Для определения степени намагничивания по требованиям ГОСТ Р 56512–2015 «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Типовые технологические процессы» необходимо определить коэрцитивную силу материала и, исходя из полученных значений, установить диапазон значений напряженности магнитного поля, достаточный для выявления поверхностных дефектов.

Учитывая, что литые стальные детали из среднеуглеродистых и низколегированных сталей не имеют специализированной термической обработки, то их коэрцитивная сила, как правило, не превышает 8 А/см, диапазон необходимой и достаточной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля H_t находится в пределах от 20 до 50 А/см.

Для обеспечения однородности магнитного поля намагничивающее устройство установки выполнено в виде двух соосно расположенных катушек, между которыми находится вращающаяся платформа с контролируемым изделием. Для уменьшения размагничивающего фактора применялись удлинители из ферромагнитного материала.

Выбор рода тока намагничивания и его параметров является основной задачей при проектировании намагничивающих устройств, предназначенных для МПК, в режиме постоянного намагничивания в течение рабочей смены. Простейшим решением этой задачи виделось применение переменного тока с питанием от сети 220 В через лабораторный автотрансформатор, который позволил регулировать подаваемое на катушки напряжение и, как следствие, силу тока намагничивания. Достижение требуемых параметров происходило при напряжении 60 В, при этом ток намагничивания составлял 3,5 А. Данные значения не отвечают условиям безопасности при использовании магнитных порошков на основе водной суспензии с одной стороны, с другой – в течение 60...90 мин непрерывной работы температура катушек достигала недопустимых показателей по термостойкости изоляции обмотки и пластика, из которого изготавливался корпус. Распределение теплового поля на катушках, определенное с использованием тепловизора Testo 875-1i (номер в Государственном реестре средств измерений 51415-12), представлено на рисунке 1.

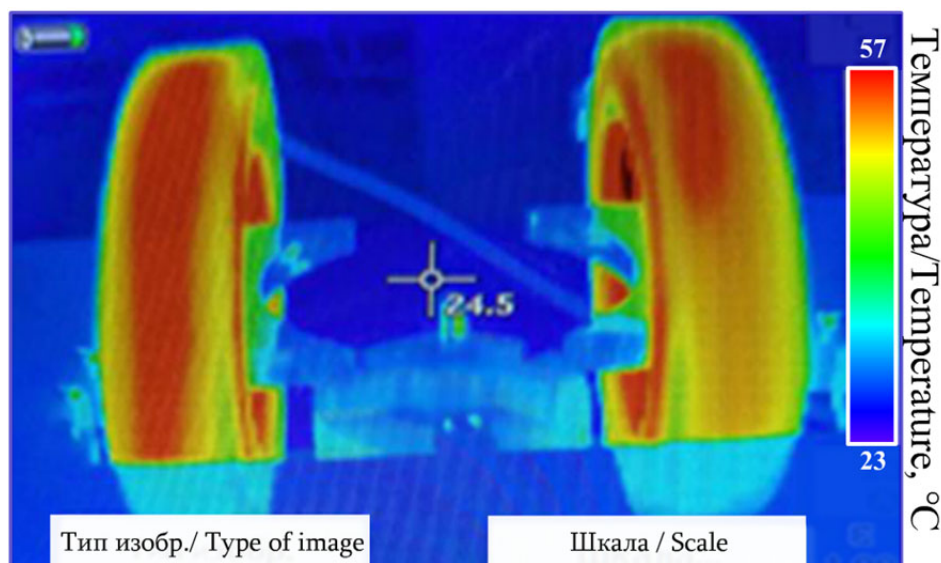


Рис. 1. Распределение температуры при работе установки в течение 60 мин

Fig. 1. Temperature distribution during installation operation for 60 min

Для решения возникших проблем было принято решение об использовании импульсного режима намагничивания. Для этого с применением технологий 3D-моделирования была полностью изменена архитектура намагничивающего устройства, включающая в себя замкнутый магнитопровод, изготовленный из листов электротехнической стали. Кроме

того, был разработан источник с регулируемыми параметрами импульсного тока намагничивания. Внешний вид системы показаны на рисунке 2. Применение аддитивных технологий позволяет создавать топологически оптимизированные конструкции с высоким соотношением прочности к массе, что позволяет объединять несколько компонентов в одну деталь.

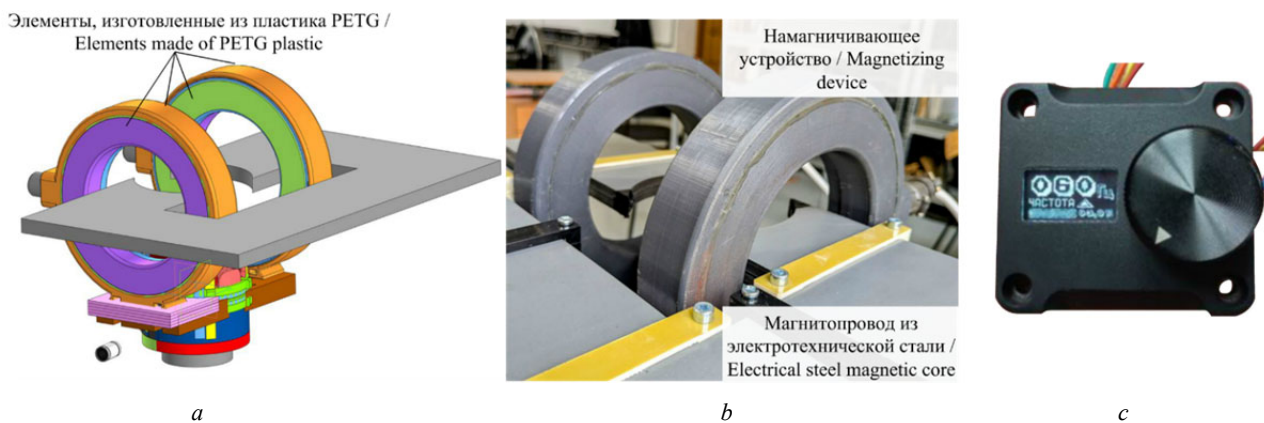


Рис. 2. Намагничивающее устройство для контроля серийных деталей:
 а – 3D-модель намагничивающего устройства; б – элементы установки; в – панель управления параметрами тока намагничивания

Fig. 2. Magnetizing device for monitoring serial parts:
 a - 3D model of the magnetizing device; b - installation elements; c – control panel for magnetization current parameters

Анализ результатов

В работе исследовались различные режимы намагничивания, которые регулировались амплитудой и скважностью импульсного тока (см. таблицу). Параметры работы установки определялись исходя из двух условий: температура корпуса катушек, из-

готовленных из пластика PETG, была меньше верхнего предела температуры эксплуатации изделий, которая составляет плюс 70 °С, для сохранения целостности установки, но при этом сохранялся уровень напряженности для выявления поверхностных и подповерхностных дефектов.

Входные параметры намагничивающего устройства

Input parameters of the magnetizing device

Номер эксперимента / Experiment number	Входной ток, $I_{вх}$, А / Input current, I_{in} , А	Скважность, S , % / Duty cycle, S , %	Мощность источника питания, P , Вт / Power supply capacity, P , W	Амплитуда напряжения питания, U , В / Amplitude of the supply voltage, U , V	Частота, Гц / Frequency, Hz
1	1,30	10,0	50	60	60
2	0,83	8,0			
3	0,60	7,0			

В ходе экспериментов проводилось измерение тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля в трех точках: в центре катушки № 1 (H_1), между двумя катушками (H_2), в центре катушки № 2 (H_3) (рис. 3, а). Измерение проводилось в два

этапа – без объекта контроля и непосредственно в момент намагничивания детали. В первом случае обеспечивалось магнитное поле со значением напряженности в центре установки от 80 до 230 А/см (рис. 3, б).

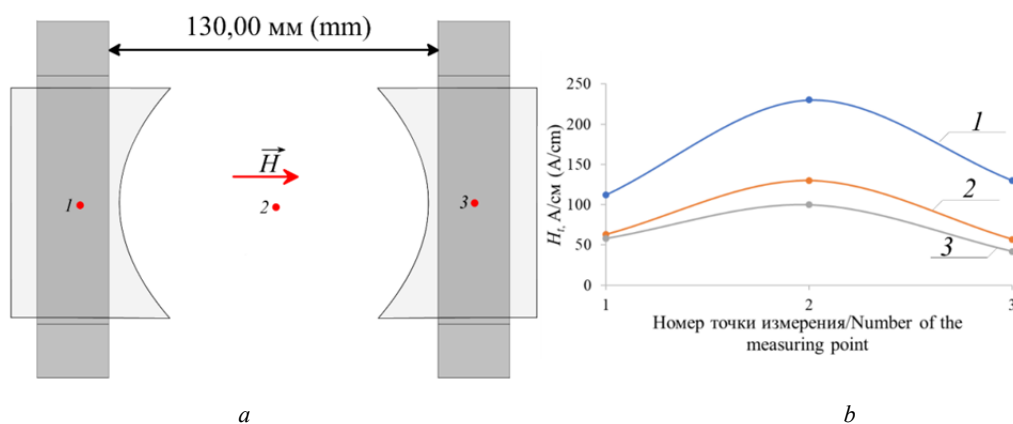


Рис. 3. Схема эксперимента (а) и результаты измерений тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля при разных входных параметрах (б): 1 – при параметрах эксперимента № 1; 2 – при параметрах эксперимента № 2; 3 – при параметрах эксперимента № 3

Fig. 3. Experimental scheme (a) and measurement results of the tangential component of the magnetic field strength at different input parameters (b): 1 - at the parameters of experiment no. 1; 2 - at the parameters of experiment no. 2; 3 - at the parameters of experiment no. 3

Важным параметром эксплуатации намагничивающего устройства являются температурные характеристики, так как пластик PETG имеет ограничения по температуре эксплуатации, составляющей от минус 40 до плюс 70 °С, а при температуре свыше плюс 80 °С происходит размягчение материала. При длительной работе устройства со значением тока намагничивания 1,30 А наблюдается резкое увеличение температуры катушек и достижение критического значения температуры за 90 мин (рис. 4). В третьем эксперименте максимальная температура составила $T \approx 40$ °С, начиная с 50 мин работы изменение температуры не пре-

вышало 0,4 °С за каждые 10 мин работы, что говорит о выходе установки на установившийся режим работы.

Уменьшение входного тока на 54 % и скважности на 30 % позволило уменьшить нагревание катушек на 30 °С, при этом увеличить время непрерывной работы установки.

Значения напряженности магнитного поля при поперечном намагничивании объекта контроля, измеренные в соответствии с рисунком 5, а, представлены на рисунке 5, б. Все режимы обеспечивают необходимый уровень напряженности магнитного поля на объекте контроля H_t от 20 до 50 А/см.

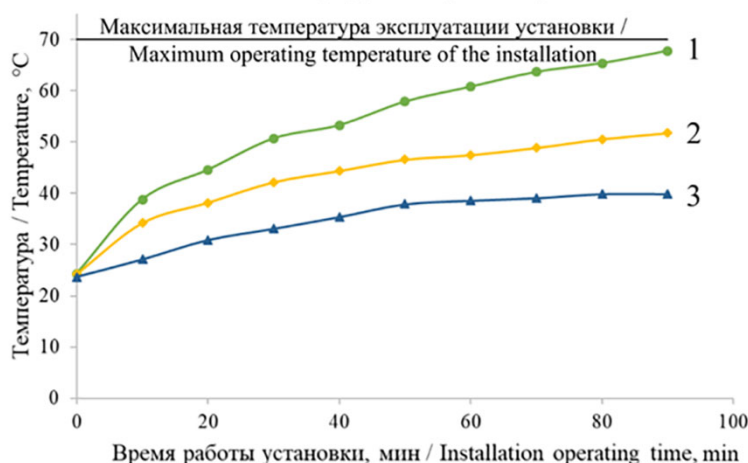


Рис. 4. Графики зависимости температуры снаружи катушки от времени работы при разных режимах работы: 1 – при параметрах эксперимента № 1; 2 – при параметрах эксперимента № 2; 3 – при параметрах эксперимента № 3

Fig. 4. Graphs of the dependence of the temperature outside the coil on the operating time under different operating modes: 1 - for the parameters of experiment no. 1; 2 - for the parameters of experiment no. 2; 3 - for the parameters of experiment no. 3

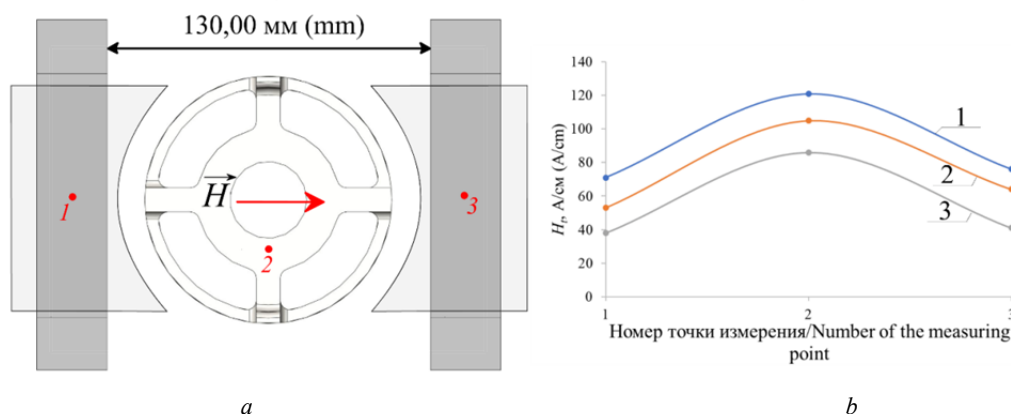


Рис. 5. Схема эксперимента (а) и результаты измерений тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля при разных входных параметрах (б): 1 – при параметрах эксперимента № 1; 2 – при параметрах эксперимента № 2; 3 – при параметрах эксперимента № 3

Fig. 5. Experimental scheme (a) and measurement results of the tangential component of the magnetic field strength at different input parameters (b): 1 - at the parameters of experiment no. 1; 2 - at the parameters of experiment no. 2; 3 - at the parameters of experiment no. 3

Проверка работоспособности установки проведена на настроечном образце, изготовленном из забракованной ранее детали. Настроечный образец содержит естественный дефект длиной $(10,0 \pm 0,5)$ мм и шириной раскрытия $(5,0 \pm 1,0)$ мкм (рис. 6). Естественный дефект соответствует требованиям

критериев браковки, установленным требованиями конструкторской документации на изготовление детали. Аттестация настроечного образца проведена в соответствии с разработанной методикой в действующей нормативной документации. Все три режима работы намагничивающего устройства позво-

лили выявить дефект. Длина индикации дефекта, полученная при работе установки при режиме с параметрами 3, при котором соблюдены температур-

ные параметры, составляет $(9,5 \pm 0,5)$ мм, погрешность измерения длины индикаторного рисунка не превышает 5 %.

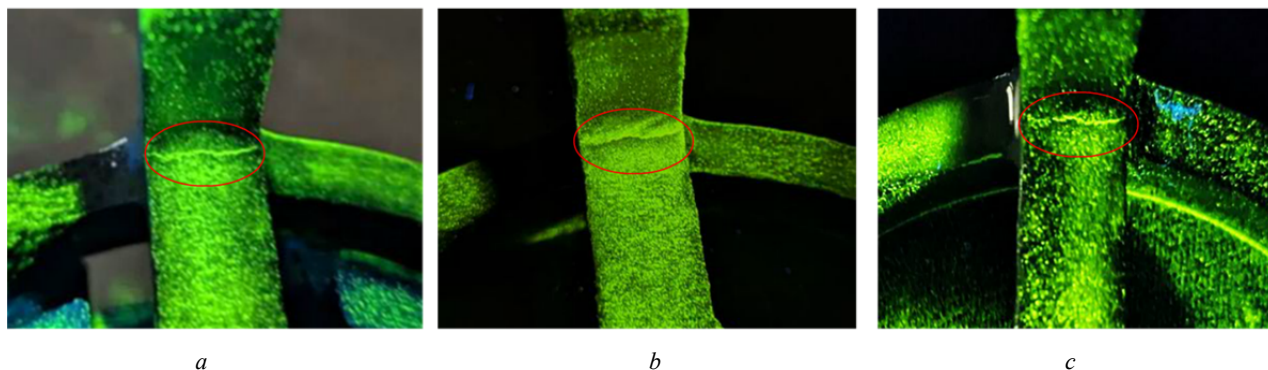


Рис. 6. Индикаторный рисунок на настроечном образце (масштаб 2:1):

a – при параметрах эксперимента № 1; *b* – при параметрах эксперимента № 2; *c* – при параметрах эксперимента № 3

Fig. 6. Indicator drawing on the tuning sample (scale 2:1):

a - for the parameters of experiment no. 1; *b* - for the parameters of experiment no. 2; *c* - for the parameters of experiment no. 3

Выводы

В работе представлены результаты исследования режимов разработанной установки для контроля литых цилиндрических изделий. В ходе исследования определены входные параметры $I_{вк} = 0,6$ А, $S = 7$ %, которые обеспечили достаточную напряженность поля намагничивания на поверхности изделия во всех зонах контроля в различных направлениях в диапазоне от 20 до 50 А/см, обеспечили выявляемость дефектов, а также позволили уменьшить нагревание катушек соленоидов до допустимых значений.

Полученные результаты были использованы при проектировании и создании установки для непрерывного контроля при серийном производстве изделий из ферромагнитных материалов.

Библиографические ссылки

1. Долгов В. А., Никишечкин П. А., Долгов Н. В. Обоснование применения метода литья по выплавляемым моделям в позаказном многономенклатурном производстве // Вестник Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана. Серия: Машиностроение. 2023. – № 2 (145). С. 47–60. DOI: 10.18698/0236-3941-2023-2-47-60. EDN JPIBUF
2. Идентификация внутренних дефектов в поковке роторного вала из стали марки 35XH1MA / Ю. М. Шелухина, Д. В. Руцкий, Н. А. Зюбан [и др.] // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2024. № 7 (290). С. 31–34. DOI: 10.35211/1990-5297-2024-7-290-31-34. EDN FOOFMQ
3. Gupta M. (2022) Advances in applications of Non-Destructive Testing (NDT): A review. *Advances in Materials and Processing Technologies*, vol. 8, is. 2, pp. 2286-2307.
4. Леднев И. С., Ходакова Е. А. Перспективы развития магнитопорошкового контроля деталей авиационной техники // Труды ВИАМ. 2023. № 9(127). С. 132–144. DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-9-132-144. EDN MYEXTX
5. Отока А. Г., Икака Р. Р., Холодильников О. В. Применение нейронных сетей в распознавании индикаций при магнитопорошковом контроле деталей железнодорожного

транспорта // Наука и техника транспорта. 2025. № 1. С. 98–108. EDN AEOTJK

6. Mariani S., Rendu Q., Urbani M., Sbarufatti C. (2021) Causal dilated convolutional neural networks for automatic inspection of ultrasonic signals in non-destructive evaluation and structural health monitoring. *Mechanical Systems and Signal Processing*. Elsevier, p. 21. DOI: 10.1016/j.ymssp.2021.107748

7. Сухих Н. Н., Рукавишников В. Л., Соколов О. А. Методы и средства снижения влияния человеческого фактора в гражданской авиации с использованием информационно-управляющих систем // Автоматика на транспорте. 2022. Т. 8, № 1. С. 7–16.

8. Разработка алгоритма движения измерительного модуля автоматизированной установки неразрушающего контроля / В. В. Мальй, М. С. Губин, А. С. Костюхин [и др.] // Автометрия. 2024. Т. 60, № 3. С. 120–128. DOI: 10.15372/AUT20240312. EDN YPARMN

9. Kanzler D., Bertovic M. (2025) Human-in-the-Loop: Decision Making in AI-Supported Non-Destructive Testing. *Research and Review Journal of Nondestructive Testing*, no. 3. DOI: 10.58286/31937

10. Шэнь Ц., Цяплин А. Е. Применение технологии неразрушающего контроля на подвижном составе и перспективы ее развития // Бюллетень результатов научных исследований. 2025. № 1. С. 31–44. DOI: 10.20295/2223-9987-2025-1-31-44. EDN VPQIAM

11. Musial K., Xavier M.A., Butdee S., Burduk A. (2025). Machine Learning Approach in Quality Control Problem. In: *Innovations in Mechatronics Engineering IV*. iCieng 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. Machado J., Trojanowska J., Soares F., Rea P., Butdee S., Gramescu B. (eds.). DOI: 10.1007/978-3-031-94223-5_2

12. Краснояров Н. А., Дмитриева Т. Л. Современное состояние методов неразрушающего контроля и возможности их автоматизации // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2022. № 3 (59). С. 35–42. DOI: 10.17084/20764359-2022-59-35. EDN DCYHAN

13. Шелихов Г. С., Глазков Ю. А., Клейзер П. Е. Дефекты, обнаруживаемые при магнитопорошковом контроле // Контроль. Диагностика. 2022. Т. 25, № 3(285). С. 34–44. DOI: 10.14489/td.2022.03.pp.034-044. EDN XEGYLD

14. Возможности идентификации дефектов в массивных литых конструкциях методами неразрушающего контроля / С. П. Шляхтенков, М. А. Гуляев, В. С. Выплавень [и др.] // *Контроль. Диагностика*. 2022. Т. 25, № 8 (290). С. 36–43. DOI: 10.14489/td.2022.08.pp.036-043. EDN CJCJPQ

15. Бобров В. Т., Сляднев А. М. Роботизированные системы неразрушающего контроля и технической диагностики промышленных объектов // *Контроль. Диагностика*. 2018. № 2. С. 16–31. DOI: 10.14489/td.2018.02.pp.016-031. EDN YQNJSL

16. Реутов Ю. Я. О комплексном применении постоянного и переменного полей при магнитной дефектоскопии толстостенных стальных изделий // *Дефектоскопия*. 2022. № 12. С. 46–58. DOI: 10.31857/S0130308222120053. EDN BUYAОб

17. Tout K. (2021) Automated vision system for magnetic particle inspection of crankshafts using convolutional neural networks. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 112, is. 11-12, pp. 3307-3326. EDN: JQLRDQ

18. Qi Gao, Mengwu Wu, Xunpeng Qin, Lin Hua (2026) Machine vision driven magnetic particle inspection technology: principles, applications and trends. *Measurement Science and Technology*, no. 37(3). DOI: 10.1088/1361-6501/ae2d81

19. Игнатьев М. А. Применение машинного обучения и интеллектуального анализа данных в автоматизированной системе неразрушающего вихретокового контроля поверхностного слоя деталей подшипников // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика*. 2024. № 3. С. 26–34. DOI: 10.24143/2072-9502-2024-3-26-34. EDN YLIXKC

20. Русс Н., Линк Р. НК 4.0 и его роль и применение на примере автоматического магнитопорошкового контроля // *В мире неразрушающего контроля*. 2019. Т. 22, № 1. С. 55–58. DOI: 10.12737/article_5ca32c4a796141.37575932. EDN ZBNZDV

References

1. Dolgov V.A., Nikishechkin P.A., Dolgov N.V. (2023) [Justification of the application of the lost-wax casting method in order-based multi-nomenclature production]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni N.E. Baubana. Seriya: Mashinostroenie*, no. 2 (145), pp. 47-60. DOI: 10.18698/0236-3941-2023-2-47-60. EDN JPIBUF (in Russ.).

2. Shelukhina Yu.M., Rutskiy D.V., Zyuban N.A. (2024) [Identification of internal defects in the forging of a rotor shaft made of grade 35XH1MA steel]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, no. 7(290), pp. 31-34. DOI: 10.35211/1990-5297-2024-7-290-31-34. EDN FOOFMQ (in Russ.).

3. Gupta M. (2022) Advances in applications of Non-Destructive Testing (NDT): A review. *Advances in Materials and Processing Technologies*, vol. 8, is. 2, pp. 2286-2307.

4. Lednev I.S. Khodakova E.A. (2023) [Prospects for the development of magnetic particle inspection of aircraft parts]. *Trudy VIAM*, no. 9(127), pp. 132-144. DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-9-132-144. EDN MYEXTX (in Russ.).

5. Otoka A.G., Ikaka R.R., Kholodilov O.V. (2025) [Application of neural networks in recognition of indications in magnetic powder inspection of railway transportation parts]. *Nauka i tehnologii v transporte*, no. 1, pp. 98-108. EDN AEOTJK (in Russ.).

6. Mariani S., Rendu Q., Urbani M., Sbarufatti C. (2021) Causal dilated convolutional neural networks for automatic inspection of ultrasonic signals in non-destructive evaluation and structural health monitoring. *Mechanical Systems and Signal Processing*. Elsevier, p. 21. DOI: 10.1016/j.ymssp.2021.107748

7. Sukhoi N.N., Rukavishnikov V.L., Sokolov O.A. (2022) [Methods and means of reducing the influence of the human factor in civil aviation using information management systems]. *Avtomatizatsiya v transporte*, vol. 8, no. 1, pp. 7-16 (in Russ.).

8. Malyy V.V., Gubin M.S., Kostyukhin A.S. (2024) [Development of an algorithm of motion of the measuring module of the automated non-destructive testing system]. *Avtometriya*, vol. 60, no. 3, pp. 120-128. DOI: 10.15372/AUT20240312. EDN YPARMN (in Russ.).

9. Kanzler D., Bertovic M. (2025) Human-in-the-Loop: Decision Making in AI-Supported Non-Destructive Testing. *Research and Review Journal of Nondestructive Testing*, no. 3. DOI: 10.58286/31937

10. Shen' C., Caplin A. (2025) [Application of non-destructive testing technology on rolling stock and prospects for its development]. *Byulleten' rezul'tatov nauchnykh issledovaniy*, no. 1, pp. 31-44. DOI: 10.20295/2223-9987-2025-1-31-44. EDN VPQIAM (in Russ.).

11. Musiał K., Xavier M.A., Butdee S., Burduk A. (2025). Machine Learning Approach in Quality Control Problem. In: *Innovations in Mechatronics Engineering IV*. iCieng 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. Machado J., Trojanowska J., Soares F., Rea P., Butdee S., Gramescu B. (eds.). DOI: 10.1007/978-3-031-94223-5_2

12. Krasnoyarov N.A., Dmitrieva T.L. (2022) [Current state of non-destructive testing methods and possibilities of their automation]. *Scientific notes of Komsomolsk-on-Amour state technical university*, no. 3 (59), pp. 35-42. DOI: 10.17084/20764359-2022-59-35. EDN DCYHAH (in Russ.).

13. Shelikhov G.S., Glazkov Yu.A., Kleyzer P.E. (2022) [Defects detected by magnetic particle testing]. *Kontrol'. Diagnostika*, vol. 25, no. 3(285), pp. 34-44. DOI: 10.14489/td.2022.03.pp.034-044. EDN XEGYLD (in Russ.).

14. Shlyakhtenkov S.P., Gulyev M.A., Vyplaven V.S. (2022) [Possibility of identifying defects in massive cast structures by non-destructive testing methods]. *Kontrol'. Diagnostika*, vol. 25, no. 8 (290), pp. 36-43. DOI: 10.14489/td.2022.08.pp.036-043. EDN CJCJPQ (in Russ.).

15. Bobrov V.T., Slyadnev A.M. (2018) [Robotic systems of non-destructive testing and technical diagnostics of industrial objects]. *Kontrol'. Diagnostika*, no. 2, pp. 16-31. DOI: 10.14489/td.2018.02.pp.016-031. EDN YQNJSL (in Russ.).

16. Reutov Yu.Ya. (2022) [On the complex application of constant and alternating fields in magnetic flaw detection of thick-walled steel products]. *Russian Journal of Nondestructive Testing*, no. 12, pp. 46-58. DOI: 10.31857/S0130308222120053. EDN BUYAОб (in Russ.).

17. Tout K. (2021) Automated vision system for magnetic particle inspection of crankshafts using convolutional neural networks. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 112, is. 11-12, pp. 3307-3326. EDN: JQLRDQ

18. Qi Gao, Mengwu Wu, Xunpeng Qin, Lin Hua (2026) Machine vision driven magnetic particle inspection technology: principles, applications and trends. *Measurement Science and Technology*, no. 37 (3). DOI: 10.1088/1361-6501/ae2d81

19. Ignatiev M.A. (2024) [Application of machine learning and data mining in an automated system of non-destructive eddy current control of the surface layer of bearing parts]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Menedzhment, Informatika i komp'yuternye nauki*, no. 3, pp. 26-34. DOI: 10.24143/2072-9502-2024-3-26-34. EDN YLIXKC (in Russ.).

20. Riess N., Link R. (2019) [NDT 4.0 - Significance and implications to NDT: automated magnetic particle testing as an example]. *V mire nerazrushayushchego kontrolya*, vol. 22, no. 1, pp. 55-58. DOI: 10.12737/article_5ca32c4a796141.37575932. EDN ZBNZDV (in Russ.).

Investigation of the Operating Modes of an Experimental Installation for Magnetic Powder Control

D.I. Shkolina, PhD in Engineering, Siberian State Transport University, Novosibirsk, Russia

K.V. Vlasov, PhD in Engineering, Siberian State Transport University, Novosibirsk, Russia

A.L. Bobrov, DSc in Engineering, Siberian State Transport University, Novosibirsk, Russia

M.A. Gulyaev, Siberian State Transport University, Novosibirsk, Russia

P.E. Astakhova, PAO “Novosibirsk Chemical Concentrates Plant”, Novosibirsk, Russia

The problem of non-destructive testing production process automation is currently relevant. Automation allows not only control productivity increasing, but also significantly increases its reliability, owing to the influence of human factor reduction. The difficulties in magnetic powder control automation lie in the fact that it is necessary to realize the possibility of combined magnetization or sequential magnetization in several directions due to the different orientation of defects in the developed system. The aim of the work is to develop a mechanized magnetic powder control stand for cylindrical parts with a maximum size of up to 120 mm, having a central symmetry with respect to the axis of the part. The experimental stand for magnetic powder control consists of two solenoids that are fixed relative to each other on a base made of non-magnetic material. A magnetic core made of electrical steel is used to increase the magnetic flux and localize it in the center of the stand. The magnetization modes of the experimental stand are investigated and the input parameter values (input current and borehole) of the magnetizing device are determined to define sufficient magnetic field strength on the surface of the control object and the coil temperature of the device. The results obtained made it possible to provide for defect detection and reduce the solenoid coil heating up to acceptable values of 40° C and can be used to design and manufacture of stands for continuous monitoring of products made of ferromagnetic materials in the large-scale production.

Keywords: detection of defects, magnetic powder control, magnetic field strength, magnetization parameters.

Получено 09.02.2026

Образец цитирования

Исследование режимов работы экспериментальной установки для магнитопорошкового контроля / Д. И. Школина, К. В. Власов, А. Л. Бобров, М. А. Гуляев, П. Е. Астахова // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2026. Т. 29, № 1. С. 78–84. DOI: 10.22213/2413-1172-2026-1-78-84

For Citation

Shkolina D.I., Vlasov K.V., Bobrov A.L., Gulyaev M.A., Astakhova P.E. (2026) [Investigation of the Operating Modes of an Experimental Installation for Magnetic Powder Control]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, vol. 29, no. 1, pp. 78-84. DOI: 10.22213/2413-1172-2026-1-78-84 (in Russ.).