

## РАЗРАБОТКА МАКЕТА ДАТЧИКА ДЛЯ ПРИБОРА ДИНАМИЧЕСКОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯ

© 2023 г. О.А. Колганов<sup>1,\*</sup>, А.Е. Хошев<sup>1,\*\*</sup>, Р. А. Егоров<sup>1,\*\*\*</sup>, А.В. Фёдоров<sup>1,\*\*\*\*</sup>,  
Г.Н. Лукьянов<sup>1,\*\*\*\*\*</sup>, В.В. Коняшов<sup>1,\*\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО, Россия 197101 Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49  
E-mail: \*kolganoff2014@yandex.ru; \*\*severenarwhal@gmail.com; \*\*\*roman1465@yandex.ru;  
\*\*\*\*afedor62@yandex.ru; \*\*\*\*\*gen-lukjanow@yandex.ru; \*\*\*\*\*konyashovslavaa@mail.ru

Поступила в редакцию 31.05.2023; после доработки 11.06.2023

Принята к публикации 13.06.2023

Представлены вопросы, связанные с конструированием датчика динамического индентирования, предложено использование магнитоиндукционного метода регистрации параметров движения ударника с дифференциальной схемой катушек индуктивности, а также разработан прототип первичного преобразователя и макет датчика с новым механизмом системы сброса ударника.

*Ключевые слова:* динамическое индентирование, контактное ударное взаимодействие, первичный преобразователь, датчик, приборная реализация, катушка индуктивности, магнит, ударник.

## DEVELOPMENT OF A SENSOR LAYOUT FOR A DYNAMIC INDENTATION DEVICE

© 2023 г. O.A. Kolganov<sup>1,\*</sup>, A.E. Khoshev<sup>1,\*\*</sup>, R.A. Egorov<sup>1,\*\*\*</sup>, A.V. Fedorov<sup>1,\*\*\*\*</sup>,  
G.N. Lukyanov<sup>1,\*\*\*\*\*</sup>, V.V. Konyashov<sup>1,\*\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>ITMO University, Kronverksky pr., 49, St. Petersburg, 197101 Russia  
E-mail: \*kolganoff2014@yandex.ru; \*\*severenarwhal@gmail.com, \*\*\*roman1465@yandex.ru,  
\*\*\*\*afedor62@yandex.ru; \*\*\*\*\*gen-lukjanow@yandex.ru, \*\*\*\*\*konyashovslavaa@mail.ru

Issues related to the design of a dynamic indentation sensor are presented in this paper. The use of a magnetic induction method for recording the motion parameters of a striker with a differential circuit of inductors is proposed. A prototype of the primary transducer and a sensor model with a new mechanism for the striker reset system are developed.

*Keywords:* dynamic indentation, contact impact interaction, primary transducer, sensor, device implementation, inductor, magnet, striker.

DOI: 10.31857/S0130308223090099, EDN: FOTQJK

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных методов безобразцового контроля механических свойств материалов является метод динамического индентирования (МДИ). Данный метод позволяет проводить безобразцовый контроль не только твердости материала, но и других его свойств. На сегодняшний день большинство исследований в области МДИ сосредоточено на решении вопросов перехода от значений характеристик контактно ударного взаимодействия (КУВ) индентора с испытываемым материалом к значениям конкретных механических характеристик. Применение МДИ в настоящее время регламентируется стандартом ГОСТ Р 56474—2015, в котором значения параметров первичного преобразователя и устройства его разгона не нормированы. Приборы реализующие МДИ имеют в своем составе первичный преобразователь (ПП) на основе магнитоиндукционного метода регистрации параметров движения ударника.

Цель работы заключалась в разработке макета датчика для прибора динамического индентирования с применением первичного преобразователя на основе магнитоиндукционного метода с дифференциальной катушкой индуктивности. Для достижения представленной цели были решены следующие задачи: разработан первичный преобразователь датчика динамического индентирования; разработан новый механизм системы сброса ударника; разработан макета датчика для прибора динамического индентирования.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Датчик динамического индентирования состоит из: первичного преобразователя, ударника, системы сброса ударника и блока обработки информации. Одним из основных элементов является первичный преобразователь, который выполняет функцию преобразования движения ударника в электрический сигнал. Основным требованием для получаемого первичного сигнала является линейность участков активной и пассивной фазы этапов КУВ, а именно линейного изменения скорости движения ударника от амплитуды сигнала. В настоящее время обеспечение вышеуказанных требований достигается путем подбора оптимальных конструктивных параметров ПП эмпирическим путем. Данный вопрос не получил должной проработки и конструктивной оптимизации. Применяемый магнитоиндукционный метод с одной катушкой индуктивности имеет существенный недостаток, который заключается в обеспечении оптимального расстояния между магнитом и верхней частью катушки индуктивности [1]. В настоящее время для повышения информативности получаемого сигнала при КУВ проводилась оптимизация только величины зазора.

Для повышения точности регистрации параметров движения ударника предлагается использовать магнитоиндукционный метод с дифференциальной схемой включения катушек индуктивности. Отличительной особенностью данного метода является наличие двух последовательно соединенных катушек индуктивности с одинаковыми параметрами, но разнонаправленными витками намотки. На выходе регистрируется возникающее напряжение при внедрении магнита. Обоснование применимости и апробация прототипа первичного преобразователя для датчика на основе дифференциальных катушек индуктивности описана в работах [2, 3].

Для выполнения сброса и разгона ударника используют специальные механизмы, которые обеспечивают необходимую кинетическую энергию удара при КУВ. Выполнив анализ существующих систем сброса и разгона ударника, было выявлено что данный механизм основан на магнитоотрывном принципе. Особенность данного механизма заключается в том, что сброс производится выталкиванием ударника. Использование такого механизма сброса влечет за собой отсутствие постоянного значения скорости ударника при КУВ. Для минимизации потери энергии и повышения повторяемости скорости движения ударника был разработан механизм сброса, принцип работы которого заключается в следующем: в начальном положении ударник примагничен к стержню. При нажатии на рычаг сброса происходит увеличение расстояния между стержнем и ударника, тем самым уменьшая магнитную силу между этими элементами. Однако отличительной особенностью является то, что для уменьшения магнитной силы между ударником и стержнем происходит движение стержня в обратном направлении относительно предполагаемого движения ударника. В момент времени, когда сила, которая действует на ударник, превысит магнитную силу, произойдет падение ударника. Использование такого механизма сброса позволяет нам обеспечить высокую повторяемость значений энергии при КУВ. Иллюстрация работы спускового механизма датчика приведена на рис. 1в.

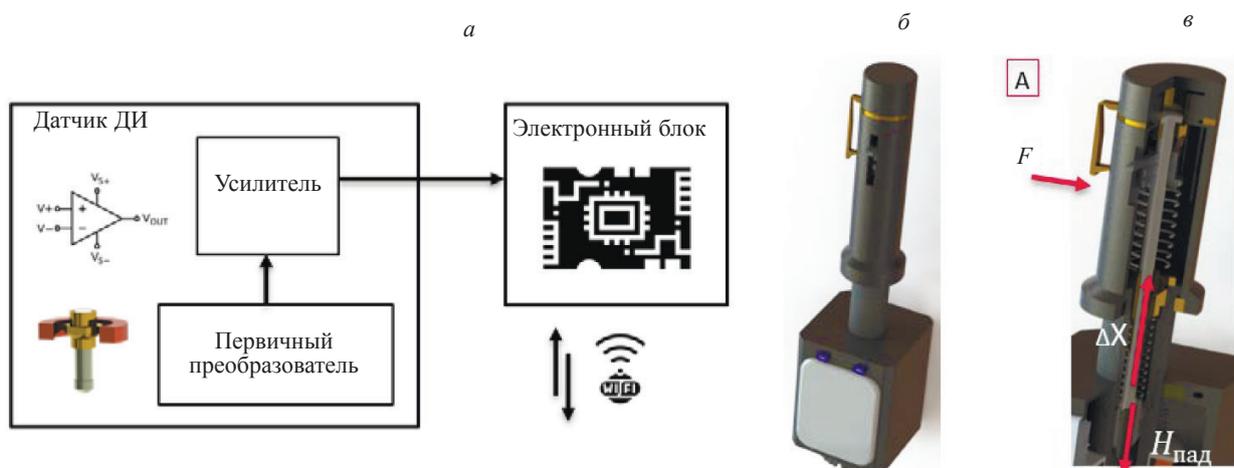


Рис. 1. Приборная реализация макета датчика для прибора ДИ: схема макета прибора ДИ (а); конструкция датчика для прибора ДИ (б); система сброса ударника (в).

На основе полученных результатов был разработан макет датчика динамического индентирования (рис. 1а). На рис. 1б представлена 3D-модель датчика ДИ. После КУВ ударника с испытуемым материалом с помощью блока обработки информации выполняется регистрация параметров движения ударника (скорости движения). Полученная информация обрабатывается, значение твердости материала и другие его свойства выводятся на дисплей датчика.

## ВЫВОД

Таким образом, предложено использование магнитоиндукционного метода с дифференциальным включением катушки индуктивности для регистрации параметров движения ударника при КУВ. Показана актуальность и применимость решения задачи оптимизации системы регистрации параметров движения ударника. А также был разработан макет датчика для прибора динамического индентирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колганов О.А., Лукьянов Г.Н., Федоров А.В. Обоснование выбора метода регистрации параметров движения ударника при динамическом индентировании // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. 2022. Т. 2. С. 54—57.
2. Kolganov O., Egorov R., Ilyinsky A., Khoshev A., Kinzhagulov I., Fedorov A. Development of the Design of the Sensor and the Elements of Software Data Processing of the Dynamic Indentation Device / 2022 International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT) — 2022. P. 1—5.
3. Колганов О.А., Ильинский А.В., Егоров Р.А., Хошев А.Е., Федоров А.В. Дифференциальное включение катушек индуктивности для регистрации параметров движения ударника при динамическом индентировании // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2023. Т. 66. № 1. С. 74—80.