

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

Белорусского национального

технического университета,

доктор экономических наук, доцент



К.В. Якушенко

2023 г.

## ОТЗЫВ

ОППОНИРУЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ –  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

на диссертационную работу

Кутепова Алеся Юрьевича

**«Контроль механических напряжений в никелевых гальванических  
покрытиях магнитным пондеромоторным методом»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды,  
веществ, материалов и изделий

### **1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки**

Диссертация посвящена изучению влияния механических напряжений в гальванических никелевых покрытиях на магнитные характеристики покрытий, а также взаимодействия магнитных элементов с никелевыми покрытиями с различными величинами механических напряжений, установлению параметров этого взаимодействия, и разработке на этой основе первичных измерительных преобразователей, а также методов и средств контроля.

При проведении диссертационных исследований соискателем Кутеповым А.Ю. изучено влияние механических напряжений в гальванических никелевых покрытиях на силу отрыва магнитных элементов. На основе полученных данных выбрана оптимальная конструкция чувствительного элемента датчика. Разработан портативный прибор «НТ-800», предназначенный для контроля качества нанесения никелевых покрытий как в условиях производства, так и на протяжении жизненного цикла изделий с ними. Разработана методика измерения механических напряжений. Проведен анализ явлений, происходящих в датчике под воздействием мешающих факторов:



краевой эффект, шероховатость поверхности, радиус кривизны поверхности и остаточная намагниченность.

Анализ показал, что область исследований диссертационной работы, ее цель и полученные научно-практические результаты, полностью соответствуют отрасли «Технические науки» а также разделу III «Области исследования» паспорта специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» по п. 1 «Изучение физических эффектов в природной среде, веществах, материалах и изделиях, проявляемых при внешних воздействиях различной природы, для развития теории и принципов создания и проектирования первичных преобразователей средств контроля», п.2 «Разработка приборов, систем контроля и автоматизированных контрольно-измерительных комплексов, в том числе с применением комбинированных методов и средств контроля и технической диагностики», п.3 «Методики и программные средства идентификации исследуемых объектов и процессов» и п.4 «Эффекты и явления, происходящие в преобразователях под воздействием окружающей среды и определяющие чувствительность и помехоустойчивость измерений».

## **2. Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости**

Соискатель, несомненно, внес существенный вклад в решение поставленных в диссертационной работе научных задач. Экспериментальные исследования распределения магнитной индукции в пространстве над конструкцией из магнита и никелевой пластины позволило разработать магнитный элемент с оптимальными геометрическими параметрами, обеспечивающий высокую чувствительность магнитоотрывного усилия к величине внутренних напряжений. На основании проведенных исследований зависимости магнитоотрывного усилия от величин макро- и микронапряжений, толщины покрытия была разработана методика определения механических напряжений в никелевых покрытиях. Показана возможность использования магнитного пондеромоторного метода для оценки степени приближения к критическим величинам напряжений и сравнительные испытания между методом рентгеновской дифракции и магнитным пондеромоторным методом.

В целом, значимость полученных научных результатов не вызывает сомнений и заключается в теоретическом развитии основ магнитного пондеромоторного метода и его адаптации применительно к контролю механических напряжений в никелевых покрытиях, а также разработку



приборной техники, обеспечивающей проведение неразрушающего контроля качества нанесения никелевых покрытий.

### **3. Конкретные научные результаты, за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень**

Диссертационная работа содержит следующие научные результаты, за которые соискателю может быть присуждена ученая степень кандидата технических наук:

– **метод измерения механических напряжений** в никелевых гальванических покрытиях, **основанный** на установлении зависимости магнитноотрывного усилия от величины механического напряжения в покрытиях, **позволяющий** определять величину механических напряжений в никелевых гальванических покрытиях толщиной от 200 до 800 мкм;

– **методику измерения приложенных и остаточных механических напряжений** в никелевых гальванических покрытиях, основанную на предложенном аналитическом выражении, учитывающем величину магнитоотрывного усилия и толщину покрытия, **позволяющую** определять соотношение приложенных и остаточных напряжений в диапазонах до 450 МПа и до 150 МПа соответственно;

– **измерительный комплекс «НТ-800»**, реализующий метод контроля макро- и микронапряжений в никелевых гальванических покрытиях магнитным пондеромоторным методом в соответствии с разработанной методикой, **характеризующийся** обоснованным выбором конструкции чувствительного элемента и прошедший сравнительные испытания приборов, реализующих метод рентгеновской дифракции и магнитный пондеромоторный метод, **позволяющий** измерять механическое напряжение в никелевых гальванических покрытиях в диапазоне от 0 до 450 Мпа для толщин от 200 до 800 мкм, производящий статистическую обработку результатов измерений и позволяющий строить карты распределения напряжений и толщин по области измерений;

что в совокупности позволило расширить область применения магнитного пондеромоторного метода и создать на его основе уникальное средство измерения для решения задачи контроля механических напряжений в никелевых гальванических покрытиях, а также разработать метрологическое обеспечение прибора, реализующего магнитный пондеромоторный метод.

Разработанный информационно-измерительный комплекс «НТ-800» внесен в Реестр средств измерений Республики Беларусь и внедрен в предприятие АО «НПО «Энергомаш им. академ. В.П. Глушко».



#### **4. Замечания по диссертации**

При положительной общей оценке диссертации следует отметить следующие замечания:

1. при определении оптимальных параметров магнитных элементов автором не были указаны уровни внутренних напряжений, а лишь степень прокатки (раздел 2.2);

2. в диссертации встречаются выводы опирающиеся на неверно приведенные таблицы и рисунки, что затрудняет восприятие текста (стр. 45 «Как видно из таблицы 4, влияние внутренних напряжений на величину поля, создаваемого постоянным магнитом, максимально при внесении в него пластинки с толщиной 400 мкм со степенью прокатки 40%» – в данной таблице нет величины характеризующей «влияние». Для приведения подобного комментария следует ссылаться на последующий рисунок 2.8, а «влияние» высчитывать читателю самостоятельно);

3. при оценке влияния кривизны поверхности (раздел 4.2) неясен механизм изменения радиуса кривизны поверхности, ни рисунок 4.10, ни дальнейший текст не вносят ясности в этот вопрос.

4. в диссертации имеются ошибки, касающиеся оформления работы, в частности, на стр. 53 рис. 2.19 приведена «лишняя» кривая, на стр. 66 в тексте приведено значение силы без единиц измерения, в списке библиографических источников не для всех источников указано количество страниц.

#### **5. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует**

Анализ содержания диссертационной работы Кутепова А.Ю. и большой объем проведенных теоретических и экспериментальных исследований, результаты которых опубликованы в рецензируемых научных журналах и апробированы на международных научных конференциях (4 статьи в журналах из перечня ВАК, 7 тезисов докладов, 2 патента), свидетельствуют о том, что научная квалификация соискателя соответствует искомой ученой степени кандидата технических наук.

#### **6. Рекомендации по практическому применению результатов работы**

Работа Кутепова А.Ю. соответствует актуальным потребностям предприятий, занимающихся нанесением гальванических никелевых покрытий, поскольку посвящена оценке механических напряжений данного класса материалов.



Информационно-измерительный комплекс «НТ-800», разработанный на основе результатов диссертационной работы и прошедший Государственные приемочные испытания, может быть использован на всех предприятиях, заинтересованных в контроле качества нанесения никелевых покрытий, и оценки текущего технического состояния деталей и сборочных единиц, находящихся в эксплуатации.

Разработанная методика оценки приложенных макронапряжений и остаточных микронапряжений можно рекомендовать для неразрушающего контроля механических напряжений в никелевых покрытиях.

Предложенная методика отбраковки некачественно изготовленных пондеромоторных датчиков с использованием характеристик прецизионности может быть использована для контроля качества оборудования при производстве комплексов НТ-800 и других приборов, в основе которых лежит пондеромоторный метод.

### **Заключение**

Диссертация Кутепова Алеся Юрьевича «Контроль механических напряжений в никелевых гальванических покрытиях магнитным пондеромоторным методом», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» полностью соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь, предъявляемым к кандидатским диссертациям, содержит новые научно-обоснованные результаты исследований в области контроля механических напряжений магнитным пондеромоторным методом и разработанные на их основе методики и технические средства неразрушающего контроля механических напряжений в никелевых гальванических покрытиях, а Кутепов А.Ю. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

Доклад Кутепова А.Ю. по диссертационной работе и проект отзыва оппонировавшей организации, подготовленный экспертом кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры «Информационно-измерительная техника и технологии» Ризноокой Н.Н., назначенным приказом БНТУ от 29.09.2023 № 745, заслушаны и обсуждены на научном собрании кафедры «Информационно-измерительная техника и технологии», протокол № 3 от 12 октября 2023 года.

На заседании присутствовало 14 человек, в том числе: 1 доктор и 10 кандидатов наук.


Отзыв оппонировающей организации утвержден открытым голосованием. В голосовании принимало участие 11 человек, имеющих ученые степени. Результаты открытого голосования:

«за» – 11, «против» – нет, «воздержалось» – нет.


Председатель  
заведующий кафедрой «Информационно-измерительная техника и технологии» приборостроительного факультета БНТУ, к.т.н., доцент

 Р.И. Воробей

Эксперт  
доцент кафедры «Информационно-измерительная техника и технологии» приборостроительного факультета БНТУ, к.т.н., доцент

 Н.Н. Ризноокая

Секретарь  
доцент кафедры «Информационно-измерительная техника и технологии» приборостроительного факультета БНТУ, к.т.н., доцент

 А.К. Тявловский

*Отзыв поступил в совет 17.10.2023г.*

 М.В. Журав

*С отзывом ознакомлен 18.10.2023г.*

 А.Н. Кутенов