

ОТЗЫВ

официального оппонента - Федосенкова Бориса Андреевича - на диссертацию Мещерякова Ярослава Евгеньевича, выполненную на тему «Автоматизация процессов мониторинга и позиционирования функциональных элементов горных технологических машин» по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)»

Актуальность выбранной темы

Кемеровская область – ведущий угольный регион России. Здесь добывается 75% всего российского и 2/3 всего коксуемого угля. При этом более 70% угля добывается в Кузбассе открытым способом. В условиях открытых горных работ к функционированию технологических машин предъявляются высокие требования, которые возможно контролировать непрерывным мониторингом.

Оппонируемая диссертация Мещерякова Я.Е. направлена на решение научной задачи, актуальной для развития угледобычи в Кузбассе. Одним из возможных способов решения данной задачи является разработка специализированной АСУ ТП в виде автоматизированной системы мониторинга и позиционирования (АСМП) функциональных элементов горных технологических машин. Таким образом, выбранная тема и направление научной работы ориентированы на решение актуальной научно-промышленной задачи.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность полученных результатов научного исследования подтверждена широким использованием научных работ зарубежных и отечественных исследователей в области автоматического и автоматизированного оптимального управления функциональными элементами экскаваторов и других видов карьерных агрегатов, разработки математических моделей функционирования горных технологических машин (ГТМ), микроэлектромеханических датчиков (МЭМС-датчиков) динамических переменных, промышленной элементной базы, алгоритмов комплексирования МЭМС-датчиков и оценки устойчивости их функционирования. Автором исследованы и критически проанализированы современные средства автоматизированного мониторинга и позиционирования элементов горных технологических машин в пространстве, разновидности МЭМС-датчиков и алгоритмов комплексирования, алгоритмов определения стабильности показаний МЭМС-датчиков, промышленной элементной базы.

Библиографический список содержит 150 литературных источников отечественных и зарубежных авторов, включающих, помимо научной, словарно-справочную литературу, а также документацию и руководства по экс-

плуатации. Достаточный уровень объективности и адекватности выводов соискателя **базируется на:**

- теоретических и натуральных исследованиях, выполненных с применением современных аппаратных и программных средств;

- использовании верифицированных методов исследований;

и подтверждается использованием в работе публикаций в периодических изданиях по близкой к исследуемой соискателем тематике, а также технических описаний и рекомендаций по применению из иностранных и отечественных источников.

Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность полученных результатов обеспечивается обоснованностью принятых допущений, используемыми классическими методами математической статистики, коррелируемостью теоретических исследований с результатами натуральных экспериментов в лабораторных и производственных условиях, а также валидativностью испытаний АСМП в промышленной среде.

Новизна проведенных научных исследований заключается в разработке:

1) метода идентификации и анализа состояния, а также оценки качества реализуемого технологического процесса экскавации горными технологическими машинами (на примере шагающих экскаваторов и мехлопат) на основе данных МЭМС-датчиков динамических переменных – угловых скоростей и ускорений; метода, отличающегося от известных тем, что при его использовании регистрируются геометрические и динамические параметры и углы ориентации функциональных элементов ГТМ;

2) комплекса алгоритмов повышения качества функционирования комплексирующего фильтра Маджвика, в частности, алгоритма коррекции посредством имитации функционирования магнетометра с помощью глобальной навигационной спутниковой системы – ГНСС, отличающегося от известных использованием сигналов ГНСС для коррекции работы фильтра по оси рысканья;

3) АСУ ТП, которая отличается от известных систем автоматизированного контроля тем, что имеет модульную, гибко настраиваемую архитектуру в зависимости от задач предприятия-заказчика, не требовательна к используемой элементной базе, унифицирована, может эксплуатироваться на различных типах ГТМ, не требует подключения к бортовой электронике технологической машины (последний аспект - особенно важен в условиях тяжелой эксплуатации ГТМ при наличии спорадического нарушения бортового электропитания).

Теоретическая и практическая значимость исследования

Теоретическая ценность научного исследования заключается в развитии алгоритмов комплексирования МЭМС-датчиков динамических переменных; способов стабилизации, горизонтирования, ориентации объектов в пространстве; идентификации технологических процессов ГТМ.

Разработанные алгоритмы повышения качества функционирования комплексизирующего фильтра Маджвика могут использоваться при решении задач захвата движения различных объектов, инерциальной навигации, регистрации динамических характеристик объекта; использованные методы горизонтирования и стабилизации технологических машин в пространстве применимы к системам стабилизации корабельных грузовых участков, горизонтирования различного технологического оборудования.

Полученные в ходе исследований наработки могут использоваться в проектах по созданию систем полномасштабного автоматизированного управления технологическими машинами, в частности, в проектировании технологий «безлюдных карьеров».

В целом, практическая значимость научного исследования заключается в возможности применения собственно АСМП, а также метода функционирования подобных систем в стройиндустрии, военно-промышленных и общеиндустриальных комплексах со стабилизируемыми платформами. Отметим, в частности, что предмет исследования - созданная автором АСУ ТП - была разработана для угольной компании «Кузбассразрезуголь» с целью повышения надежности и достижения эффективных режимов работы горной техники, синхронизации нескольких технологических машин, увеличения эффективного рабочего времени, повышения качества выполняемых работ, ресурсо- и энергосбережения.

Также следует отметить, что разработка и исследование АСМП проводились при финансовой поддержке программы «УМНИК–2014» (договоры № 0003972, 0019133, 0021603), Министерства науки и высшего образования РФ на 2017–2019 гг. (проект № 8.9628. 2017/8.9), II Всероссийского конкурса научно-технических работ «Инновационная радиоэлектроника», организованного Департаментом радиоэлектронной промышленности Минпромторга России. Разработка аппаратного обеспечения проводилась при поддержке фирм National Instruments и Murata, УК «Кузбассразрезуголь» (повторно замечу, что данное научное исследование является контрактной разработкой по заказу подразделения концерна «УГМК» для УК «Кузбассразрезуголь»).

Оценка содержания диссертации, её завершённость

Основные результаты диссертации изложены в четырех главах, в которых описываются этапы по разработке и исследованию автоматизированной

системы мониторинга и позиционирования (АСМП) основных функциональных элементов горных технологических машин, а также по созданию алгоритмического, программного и технического обеспечения АСМП.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы его цель и задачи, представлены выносимые на защиту положения, научная новизна, практическая значимость результатов исследования, сведения об апробации работы, публикациях и структуре диссертации.

В первой главе автором проведен обзор существующих систем автоматизированного мониторинга и позиционирования функциональных узлов технологических машин; выполнен анализ алгоритмов комплексирования, в частности, научно обоснован выбор комплексирующего фильтра Маджвика, который был использован при разработке программного обеспечения АСМП; рассмотрены методы анализа стабильности МЭМС-датчиков динамических переменных; проанализированы возможности рынка и обоснованы условия выбора МЭМС-датчиков для аппаратного обеспечения АСМП.

Во второй главе автором описаны и конкретизированы экспериментальные исследования технологического процесса экскавации, в частности, проанализированы основные технологические состояния драглайнов и мехлопат с применением различных наборов регистрируемых динамических и пространственных данных: угловых скоростей, ускорений, пространственных координат (долготы и широты). На основе связного ориентированного графа процесса экскавации разработаны методы идентификации текущего состояния и оценки эффективности функционирования ГТМ на основе применения ансамбля алгоритмов: алгоритма оценки геометрических и динамических параметров; оценки пространственных и временных параметров; алгоритма идентификации технологических состояний.

Здесь же обоснованы архитектура, состав и иерархия аппаратно-программного обеспечения, обоснованы и представлены основные режимы работы автоматизированной системы и регистрируемые ею данные.

Помимо этого, автором разработан метод оценки эффективности работы ГТМ на основе МЭМС-гироскопов (МГ) и акселерометров (МА).

В третьей главе представлен процесс разработки автоматизированной системы сбора и обработки данных для компьютерной симуляции комплексирующих фильтров, являющейся ядром аппаратно-программного обеспечения АСМП. Далее автором сформулированы требования к функционированию системы, на их основе разработаны структура и функциональные блоки и устройства АСМП. В частности, сформировано аппаратное обеспечение основного (телеметрического) и информационного блоков, а также блока глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) в составе АСМП.

В заключительной части главы с целью решения проблемы дрейфа МЭМС-гироскопа автором описана разработка специального алгоритмического обеспечения АСМП, также здесь представлены оригинальные алгоритмы повышения качества функционирования комплексирующего фильтра Маджвика на основе ГНСС.

В четвертой главе проанализированы результаты испытаний автоматизированной системы мониторинга и позиционирования ГТМ в производственных условиях, дана оценка характеристик разработанной автоматизированной системы, описана методика калибровки датчиков в процессе сборки и настройки системы, выполнено сравнение разработанной АСМП с существующими аналогами и приведены перспективы развития подобных систем.

Следует отметить, что автором выполнено экспериментальное исследование характеристик функционирования АСМП на драглайне ЭШ 10/50 в условиях разреза «Кедровский», произведена оценка точности угловой ориентации платформы ГТМ по оси рысканья, а также точности идентификации рабочих циклов. Кроме того, описаны процесс предварительной калибровки МЭМС-датчиков и разработка калибровочных стендов.

Результаты испытаний в производственных условиях разработанной автором АСМП показали, что абсолютная погрешность угловой ориентации по истечению 60 минут работы системы с функционирующим алгоритмом коррекции посредством ГНСС составила не более 5° для гироскопа ADIS16265 и не более 9° для инерциального модуля SCC2230 с гироскопом и акселерометром относительно триангуляционной точки.

В результате корреляционного анализа циклограмм установлено, что АСМП может идентифицировать рабочие циклы с точностью до 92 % – в комплектации с гироскопом и до 86 % – в комплектации с ИИМ SCC2230.

В приложениях, в частности, представлены: акты промышленных испытаний по результатам диссертационной работы, проведенных в компании «Кузбассразрезуголь»; титульный лист и лист согласования технического задания на разработку и внедрение автоматизированной системы; обоснование целесообразности ее внедрения в производственный цикл филиала "Кедровский угольный разрез" (от имени руководства и технических специалистов филиала) открытого акционерного общества ОАО "Угольная компания "Кузбассразрезуголь"; акты внедрения разработанной системы автоматизации в учебный процесс Кузбасского государственного технического университета (КузГТУ) и Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР).

Замечания по диссертационной работе

Информационные:

- диссертация перегружена излишне подробным описанием характеристик МЭСМ-датчиков (гироскопов, акселерометров, магнетометров), фильтров и методик оценки точности и погрешностей различного рода;
- стр. 33-35: следовало бы несколько подробнее пояснить использование тензорных произведений Зеффуса-Кронекера для описания функционирования фильтра Маджвика (в составе схемы на рис. 1.10);
- стр. 143: отсутствует пояснение того, по какому параметру или переменной возможен переход АСМП в неустойчивый режим;
- там же: нет пояснений, почему реакция АСМП и точность идентификации параметров рабочего цикла ГТМ зависят от конкретного экипажа (как устранить влияние этого фактора?) и внешних условий (каких?);

Соответствие диссертации паспорту специальности

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 05.13.06 - "Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)".

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Введение, основная часть, все этапы проделанной научной работы, а также заключение (результаты работы и выводы) представлены в автореферате. Таким образом, содержание диссертации адекватно отражено в тексте автореферата.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011

В целом оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, однако рекомендуемый объем автореферата слегка превышен, и составляет 20 страниц.

Заключение

Диссертация Мещерякова Ярослава Евгеньевича является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной силами автора-соискателя на высоком научно-техническом уровне и содержащей новые научные результаты. Рассмотренная проблема автоматизации процессов мониторинга и позиционирования функциональных элементов горных технологических машин соответствует пунктам 2, 6, 10 специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)». В работе представлены научные результаты, позволяющие их квалифицировать как имеющие существенное значение для развития автоматизации в угольной промышленности страны.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключение обоснованы. Работа базируется на достаточном количестве исходных данных, требований, обоснований, примеров, отечественных и зарубежных научных публикаций.

Диссертация написана хорошим техническим, семантически ясным научным языком, аккуратно оформлена. В конце каждой главы представлены *выводы* (правда, в Главах 2 и 3 они оформлены в виде *результатов*), в завершающем разделе диссертации приведено заключение, содержащее результаты и выводы по проделанной работе.

Тем не менее, указанные замечания не являются определяющими.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 17 печатных работах. Из них три работы опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, две работы - в изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных SCOPUS, 11 работ - в изданиях базы данных РИНЦ, в том числе 2 работы опубликованы в рамках международных интернет-конференций, 1 публикация представляет собой свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Таким образом, оппонируемая диссертационная работа полностью отвечает требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ, а ее автор - Мещеряков Ярослав Евгеньевич - заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)».

Официальный оппонент – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры "Информационные и автоматизированные производственные системы", ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева»



Б.А. Федосенков

Подпись Федосенкова Бориса Андреевича удостоверяю: начальник отдела управления делами Кузбасского государственного технического университета Карнадуд Олеся Сергеевна, к.т.н.




О.С. Карнадуд

19/11/2018.