

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Шигиной Анны Александровны «Интеллектуальная автоматизированная система управления процессом шарошечного бурения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)

Структура и объем работы

Диссертационная работа полным объемом 128 страниц включает в себя 28 рисунков, 5 таблиц, 1 приложение. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка источников из 149 наименований.

Актуальность темы диссертации

Развитие промышленного комплекса страны, в том числе горнодобывающей, нефтегазовой и строительной отраслей, напрямую связано с необходимостью решения проблем повышения эффективности процесса разрушения породного массива. Одним из перспективных направлений увеличения производительности работ, связанных с разработкой природных ресурсов, к которым относятся буровые работы по сооружению шпуров и скважин, является применение машин, оснащенных интеллектуальными автоматизированными системами управления процессами бурения.

Для процесса бурения горной породы шарошечными долотами свойственна высокая степень неопределенности информации, обусловленная случайным изменением свойств породы, что требует выбора оптимальных решений при бурении и может привести к непредсказуемым результатам, например, преждевременному отказу бурового инструмента. На этом основании становится актуальной разработка и внедрение адекватных моделей и методов управления технологическим процессом бурения.

В связи с этим диссертационная работа А.А. Шигиной, посвященная разработке и обоснованию интеллектуальной автоматизированной системы управления процессом шарошечного бурения, оперирующей в постоянном режиме косвенной информацией о текущих изменениях свойств породы, обеспечивающей корректировку характеристик системы в соответствии с происходящими изменениями свойств буримой породы, представляется несомненно актуальной.

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

Сформулированные в диссертационной работе научные положения соответствуют поставленной цели. Основная идея работы Шигиной А.А. заключается в определении и корректировке режимных параметров процесса шарошечного бурения в соответствии с изменяемыми свойствами разрушаемой породы с помощью интеллектуальной автоматизированной системы управления, позволяющей повысить эффективность технологического процесса. Научные положения, выводы и рекомендации обоснованы результатами теоретических и

экспериментальных исследований, определяемых поставленными задачами и содержанием диссертации. Степень достоверности результатов подтверждается применением известных положений теории автоматического управления технологическими процессами, удовлетворительной сходимостью теоретических и экспериментальных результатов.

Первое научное положение связано с установлением функциональных зависимостей между режимными параметрами, отдельными характеристиками породного массива, конструктивными параметрами долота, его ресурсом и производительностью буровых работ.

Выбор и обоснование теоретических подходов к управлению процессом шарошечного бурения излагаются в первой главе диссертации. Проведенный анализ подходов показал, что в условиях случайного изменения свойств породы при бурении наиболее эффективным является метод адаптивного управления. Для своевременного реагирования на непрогнозируемые нагрузки на буровой инструмент автором рекомендуется использовать адаптивный вращательно-подающий механизм, выполняющий функции датчика в системе управления шарошечным бурением. Соискателем предлагается введение в интеллектуальную систему управления регулятора, формирующего исходную информацию, положенную в основу разработанной математической модели процесса шарошечного бурения, позволяющей определять значения производительности процесса бурения и ресурса долота с учетом структурных и прочностных изменений свойств пород в процессе разрушения.

В качестве аналитической базы для оценки производительности процесса бурения автор использует выражения для определения ресурса долота с учетом долей от общего количества циклов нагружения тел качения шарошек, приходящихся на бурение однородной, слоистой и трещиноватой породы соответственно. Выводы математических зависимостей производительности процесса бурения и ресурса шарошечного долота от режимных параметров бурения основаны на применении известных подходов к решению задачи адаптивного управления процессом шарошечного бурения, положений механики разрушения породы шарошечными долотами и не вызывают сомнений в достоверности получаемых решений.

Оценка адекватности математической модели произведена путем сравнения результатов теоретических расчетов с экспериментальными данными, полученными в условиях реальной практики бурения скважин шарошечными долотами в условиях Олимпиадинского горно-обогатительного комбината. Установлена удовлетворительная сходимость результатов для горных пород, наиболее часто встречающихся в условиях карьеров и при бурении нефтяных и газовых скважин.

Второе научное положение заключается в разработке метода оптимизации режимных параметров процесса шарошечного бурения, основанного на их взаимосвязях, объединяющего расчетные инструменты математической и оптимизационной моделей и позволяющего достичь максимальной эффективности за счет адаптивной корректировки значений режимных параметров.

Третье научное положение является логическим продолжением первого и второго и раскрывает возможность минимизации себестоимости процесса шарошечного бурения, максимизации производительности и ресурса путем оптимизации осевого усилия и частоты вращения.

Обоснованию второго и третьего положений посвящена третья глава диссертационного исследования.

Автор предлагает метод оптимизации режимных параметров на основе корректировки значений осевого усилия и частоты вращения, выбирая за критерий оптимизации условие равенства времени контакта зубца шарошки с породой и времени разрушения массива, обеспечивающее максимальную эффективность разрушения породы.

Соискатель логически аргументировано выстраивает структуру интеллектуальной автоматизированной системы управления шарошечным бурением с адаптивным элементом. Шигиной А.А. разработана компьютерная программа, позволяющая моделировать режимы шарошечного бурения, осуществлять мониторинг всех необходимых характеристик и выбирать оптимальные значения режимных параметров. Путем сопоставления диаграмм изменения допустимых и установленных значений осевого усилия и частоты вращения при использовании автоматизированной и ручной систем управления обоснована корректность разработанных алгоритмов и программного обеспечения.

Эффективность управления процессом шарошечного бурения оценивается с помощью интегрального критерия, выраженного в удельных затратах на бурение 1 м скважины. Автором доказано, что своевременное регулирование значений режимных параметров с использованием интеллектуальной автоматизированной системы управления обеспечивает повышение механической скорости бурения за счет оптимизации осевого усилия и частоты вращения долота в условиях реальной практики – в 2,3 раза и 1,8 раза соответственно и в 3,1 раза при их совместном регулировании.

Предложенные модель процесса шарошечного бурения и оптимизационная модель, реализованные в виде программного обеспечения, используются для решения задачи оптимизации режимных параметров в условиях непрогнозируемого изменения свойств породы и успешно применяются на промышленных предприятиях г. Красноярск – ООО «Краспромавтоматика» и ООО «Тяжмашсервис».

Научная новизна работы заключается в следующем:

– разработана математическая модель процесса шарошечного бурения, основанная на функциональных зависимостях режимных параметров с производительностью бурения и ресурсом долота, обеспечивающая учет долей от общего количества циклов нагружения тел качения шарошек, приходящихся на бурение различающихся по свойствам слоев породы, и позволяющая эффективно определять ресурс шарошечных долот при бурении сложноструктурных массивов;

– создан метод оптимизации режимных параметров процесса шарошечного бурения, основанный на использовании корректирующих величин осевого усилия

и частоты вращения, получаемых в регуляторе, при помощи расчетных методик на основе критерия оптимизации, определяемого из соотношения энергетических и временных параметров разрушения породы одним зубцом;

– установлены математические зависимости для расчета оптимальных значений режимных параметров шарошечного бурения с учетом в явном виде всех параметров процесса, в том числе энергетических, кинематических, конструктивных характеристик и изменение структурных и прочностных свойств породы, позволяющие существенно повысить эффективность разрушения породного массива за счет применения автоматизированной системы управления процессом бурения.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования

Основное практическое значение диссертации заключается в разработке методов оптимизации режимных параметров шарошечного бурения, программных средств, позволяющих определять технологические показатели и оптимальные значения режимных параметров бурения в зависимости от свойств породного массива, вычислять ресурс шарошечного долота и производительного буровой установки.

На разработанные новые конструкции оборудования для бурения скважин получено 2 патента РФ на изобретения. На созданное программное обеспечение для управления параметрами шарошечного бурения получено 2 свидетельства об официальной регистрации программ.

Практическое приложение выводов и рекомендаций, полученных по результатам диссертационного исследования, подтверждено актами и справками о внедрении интеллектуальной автоматизированной системы управления процессом шарошечного бурения скважин.

Результаты работы позволяют:

- промышленным предприятиям, осуществляющим работы по бурению скважин шарошечными долотами, определять рациональные режимы бурения, ресурс долот и оценивать экономическую эффективность процесса бурения;
- модернизировать буровое оборудование путем оснащения автоматизированной системой управления режимами бурения;
- учебным организациям создавать и совершенствовать учебно-методические комплексы для обучения студентов по направлениям, связанным с разработкой информационных систем управления и проектированием горных машин.

Замечания по диссертации

Оценивая положительно результаты диссертационного исследования, следует высказать ряд замечаний по диссертации.

1. В начале диссертации (стр. 6) автор пишет о затратах на бурение (к сожалению не приводя источников информации) в размере 30 млрд. руб. в год, из которых около 50% обусловлено неэффективными режимами бурения. В связи с этим было бы полезным сделать в диссертации вывод о влиянии ее результатов на эти цифры, хотя бы прогнозно.

2. Степень сходимости результатов расчета ресурса шарошечных долот с применением математической модели и данных физических экспериментов свидетельствуют об ограничении применимости разрабатываемых теоретических подходов. Возможно, это следовало бы указать в заключение диссертации.

3. В программе для моделирования режимов шарошечного бурения (рис. 3.6 и 3.7 диссертации) отсутствуют размерности рассчитываемых величин.

4. В выводах по 5-й главе диссертационной работы автор пишет о снижении себестоимости процесса бурения до 17,5%, не приводя при этом каких-либо технико-экономических расчетов.

5. Ни в диссертации, ни в автореферате не приведено описание буровых устройств, на которые автором получены патенты на изобретения №№ 2578684, 2580118.

6. В таблице 2.1 на стр. 51 диссертации соискатель называет управляющие параметры процесса бурения управляемыми. Опечатка ли это, или это двойной смысл указанных параметров?

Отмеченные недостатки не умоляют значимости выполненной работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертация Шигиной А.А., представленная на соискание ученой степени кандидата наук, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития знаний в области автоматизации и управления технологическими процессами шарошечного бурения в горнодобывающей промышленности.

Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями. В диссертации соискатель корректно ссылается на литературные источники.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. Работа написана грамотным литературно-техническим языком, снабжена достаточным количеством правильно оформленного иллюстративного материала. Содержание автореферата отражает основные положения работы и главные доказательства их истинности. В диссертации даны рекомендации по использованию научных выводов, а также приводятся сведения о практическом использовании полученных научных результатов.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 26 научных статьях, в том числе 8 публикаций в ведущих рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, 7 статей в изданиях, индексируемых наукометрической базой Scopus, а также автором получены 2 патента РФ на изобретения, 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Все изложенное позволяет заключить, что диссертация «Интеллектуальная автоматизированная система управления процессом шарошечного бурения» по актуальности, научной ценности и практическому значению выполненных исследований соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским

диссертациям, а ее автор – Шигина Анна Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

Официальный оппонент:

Доцент кафедры механики и машиностроения,
кандидат технических наук, доцент

Жуков
Иван Алексеевич

01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

«27» *ноября* 2017 г.

Подпись И.А. Жукова заверяю.
Начальник отдела кадров



Т.А. Дрепина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»; 654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, д. 42; тел.: 8 (3843) 46-57-91; E-mail: tmmiok@yandex.ru