



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
«СКУРАТОВСКИЙ ОПЫТНО-  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ЗАВОД»

Почтовый адрес:  
300911, г. Тула, пос. Комсомольский,  
ул. Экспериментальная, д.8  
Тел. + 7(4872) 31-35-25, Факс: +7(4872) 31-30-40  
info@soeztula.ru, <http://www.soeztula.ru>

ИНН 7107089766 КПП 710701001  
Р/с 407028100966000004540  
в Отделении №8604 Сбербанка России  
К/с 30101810300000000608  
БИК 047003608

«УТВЕРЖДАЮ»

директор ООО «СОЭЗ», канд. техн. наук

 В.В. Антипов

2024 г.

  
Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу

Фам Тхань Лиём, выполненную на тему: «Система управления буровым агрегатом с нейросетевым каналом настройки режимов функционирования» и представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

### 1. Актуальность темы

Буровые агрегаты достаточно широко используются в народном хозяйстве при добыче полезных ископаемых и проведении строительных работ, в экологических системах при заборе проб грунта и воды, при ликвидации последствий техногенных катастроф и т.п. Особенности эксплуатации объектов подобного типа заключаются в том, что бурение, как правило, производится без предварительного исследования механических свойств грунта и породы, и в процессе бурения свойства грунта и породы могут существенно изменяться. В то же время свойства грунта в совокупности с режимом бурения, устанавливаемым оператором бурового агрегата, в значительной мере влияют на эффективность использования самого механизма и на износ инструмента. Повышение эффективности эксплуатации бурового агрегата может быть достигнуто за счет использования более квалифицированного персонала, или включения в систему управления нейронной сети, которая автоматически выбирает близкие к оптимальным настройки системы управления, адаптированные к механическим характеристикам грунта. Подобные системы недостаточно широко применяются в практике инженерной деятельности, что и объясняет необходимость и актуальность темы диссертации Фам Тхань Лиём.



## 2. Краткая характеристика содержания работы

Во **введении** определены объект, предмет, цель исследования, научная новизна и практическая значимость работы, дана характеристика публикаций.

В **первом разделе** проведен системный анализ буровых агрегатов, как объектов управления, разработана функциональная схема самого бурового агрегата и существующей системы управления им. Предложены технические решения по повышению управляемости механизма. Поставлена задача разработки метода настройки системы управления за счет использования нейронной сети для настройки параметров каналов управления угловой скоростью и подачей инструмента в процессе бурения.

Во **втором разделе** создан цифровой двойник бурового агрегата как объекта управления. Интегральная модель включает описание трехфазного асинхронного электродвигателя с частотным регулированием и гидронасосом, гидроцилиндра, полиспаста, узла вращения бура с двигателем постоянного тока, а также механических свойств грунта определяющих сопротивление вращению бура и внедрению его в грунт.

В **третьем разделе** на основании цифровой модели бурового агрегата разработана его структурная схема. Показано что структура включает два канала с перекрестными связями между ними, устанавливаемыми через грунт. Вследствие того, что канаты полиспастной системы являются вязкоупругими, характеристическое уравнение, описывающее агрегат, имеет высокий порядок. Кроме того система управляется цифровым контроллером, вносящим чистое запаздывание в контур управления. Разработана методика, позволяющая управлять устойчивостью системы управления за счет изменения коэффициентов настройки регулятора.

В **четвертом разделе** разработана структура нейронной сети, позволяющей на основании текущей информации о состоянии узлов и блоков бурового агрегата, выбирать оптимальные режимы проходки грунта за счет настройки ПИД регуляторов, управляющих величиной подачи и угловой скорости вращения бура. Пространство параметров состояния бурового агрегата разделено первым слоем нейронной сети на области, в каждой из которых устанавливаются соответствующие значения коэффициента передачи ПИД регулятора скорости вращения бура, проходных сечений клапанов линейного привода и угловой скорости вращения асинхронного привода. Теоретические положения подтверждаются имитационным моделированием функционирования системы управления.

В заключении сделаны выводы по работе в целом.

Приложения содержат акты внедрения.



### **3. Научная новизна**

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

1. Разработана модель бурового агрегата как объекта управления, включающая структурированное описание связей между каналами вращения и подачи бура, возникающих в процессе бурения, что позволяет использовать ее при решении задачи настройки нейронного регулятора.

2. Разработан подход к получению характеристического уравнения замкнутой многосвязной системы управления, включающего описание задержек по времени, вносимые цифровым регулятором, что позволяет повысить точность модели при конструировании нейросетевого регулятора.

3. Разработана структура системы управления буровым агрегатом, включающая каналы управления узлом вращения бура и узлом его продольной подачи, а также нейросетевой блок настройки параметров каналов управления, что позволяет адаптировать режим бурения к текущим физико-механическим свойствам грунта.

### **4. Обоснованность и достоверность научных положений и выводов**

Обоснованность научных положений и выводов основывается на корректном применении математического аппарата теорий системного анализа, управления, нейронных сетей, гидропривода, электромеханики, теоретической механики. Достоверность полученных результатов подтверждается моделированием системы управления с нейросетевым каналом настройки в среде МАТЛАБ.

### **5. Практическая значимость работы и рекомендации по использованию ее результатов**

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанные в диссертации методы моделирования могут быть использованы при разработке систем управления сложными объектами, включающими механические, электрические и гидравлические узлы. Предложенная структура регулятора с каналом настройки коэффициентов передачи может быть использована при разработке систем управления многоконтурными объектами, параметры которых меняются в процессе эксплуатации.

Методы ориентированы на использование при проектировании реальных систем управления как вновь разрабатываемого, так и модернизируемого бурового оборудования, что позволяет повысить эффективность их практического использования и сократить сроки разработки их систем управления.

Результаты исследований имеют широкую практическую направленность, будут использованы в Институте горной науки и технологии (VINACOMIN-INSTITUTE OF MINING SCIENCE AND TECHNOLOGY, Hanoi, Vietnam).

## **6. Стиль работы, автореферат и публикации**

Работа соответствует паспорту специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Содержание работы в полном объеме отражает выполненные исследования и достигнутые результаты. Материалы диссертации и автореферата изложены технически грамотным языком в принятом научном стиле, с несущественными стилистическими погрешностями. Основные результаты работы обсуждены на научных конференциях, опубликованы в научных изданиях, в том числе и рекомендованных ВАК РФ. Заимствованные результаты работы других авторов отмечены ссылками. Диссертация, как полноценная научно-квалифицированная работа, имеет внутреннюю логику и единство.

**Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.**

По теме диссертации опубликовано 13 печатных работ, включенных в список литературы, в том числе 4 статьи в журнале, рекомендованном ВАК РФ.

### **Замечания по диссертационной работе**

По диссертации и автореферату можно отметить следующие недостатки:

1) Не произведено упрощение математической модели полиспафта, что позволило бы существенно понизить порядок характеристического уравнения, описывающего замкнутую систему управления.

2) При разработке модели бурового агрегата не определен источник энергии, приводящий в действие трехфазный двигатель и двигатель постоянного тока. Если он единый, то это может оказать влияние на реальное усложнение математической модели и появлению в ней дополнительных перекрестных связей между каналами.

3) В работе автор не исследовал вопрос, насколько часто должны с помощью нейронной сети обновляться информация о параметрах управления, устанавливаемых с помощью ПИД регулятора, и как влияет эта частота на устойчивость системы в целом.

4) По тексту диссертации и автореферата имеются ряд стилистических погрешностей.

Перечисленные замечания не снижают общей положительной оценки представленной работы.

### **Заключение**

Диссертация Фам Тхань Лиём на тему: «Система управления буровым агрегатом с нейросетевым каналом настройки режимов функционирования» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором на высоком научном уровне. В диссертации решена актуальная научная задача



разработки систем управления буровым агрегатом, основанная на аналитических методах математического моделирования, теории управления, теории нейронных сетей, теоретической механики, теории гидропривода, что позволяет целенаправленно планировать будущие свойства разрабатываемой динамической системы.

Диссертационная работа Фам Тхань Лиём «Система управления буровым агрегатом с нейросетевым каналом настройки режимов функционирования» полностью соответствует квалификационным требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Руководитель проектов,  
Доктор технических наук

Евгений Анатольевич  
Аверин

Начальник отдела информационных  
технологий и автоматизации,  
Кандидат технических наук

Денис Витальевич  
Серегин

Настоящий отзыв рассмотрен и одобрен на заседании научно-технического совета ООО «СОЭЗ».

Присутствовали на заседании 6 человек из 6 человек.

Результаты голосования:

За – 6 человек, Против – нет, Воздержались – нет.

Протокол № 1 от 26 апреля 2024 г.