

## УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»  
профессор, д.э.н.



Н.В. Пашкевич

## О Т З Ы В

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» на диссертацию **Кодирова Шахбоза Шарифовича** на тему **«Алгоритмы обработки данных и нейросетевые модели прогнозирования прихвата технологического бурового инструмента»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

### 1. Актуальность темы диссертации

Технико-экономические показатели процесса строительства нефтяных и газовых скважин напрямую зависят от количеств и видов возникших аварий и осложнений во время проведения буровых работ. Одним из самых дорогостоящих видов аварий, встречающийся во время буровых работ, является прихват технологического бурового инструмента. Неликвидированный прихват помимо экономических и временных убытков также приносит экологические ущербы. Чтобы не допустить возникновения прихватов, необходимо постоянно контролировать реологические и технологические параметры бурового раствора, а также технико-технологические параметры и режимы бурения, которые в совокупности составляют более сорока. Кроме того, необходимо постоянно наблюдать за значениями этих параметров и распознавать признаки возникновения прихватоопасных ситуаций. Однако, в промышленном бурении, такое количество параметров постоянно контролировать и по изменениям их значений оперативно распознавать прихватоопасные ситуации не всегда

удается, вследствие чего возникают непредвиденные прихваты. В этой связи можно утверждать, что тема диссертационной работы Кодирова Ш.Ш., в которой ставится и решается задача разработки алгоритмов обработки данных и нейросетевых моделей прогнозирования прихвата технологического инструмента, является весьма важной и актуальной.

## **2. Научная новизна диссертации**

Приведенные в диссертации результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований являются, несомненно, новыми и могут быть полезны широкому кругу специалистов, занимающихся проектированием, бурением и исследованием нефтяных и газовых скважин.

К новым результатам, полученным в работе, следует отнести:

- метод преобразования элементов данных по глубине ствола скважины, имеющих номинальную шкалу измерения, в данные, с относительной шкалой измерения; нейросетевую модель прогнозирования прихвата технологического инструмента по глубине ствола скважины, и алгоритм обработки данных для прогнозирования прихвата технологического инструмента по глубине ствола скважины (патент РФ №2735794);

- метод расчёта и учета дополнительного элемента данных,  $X_{3.20}$  – длины технологического инструмента, находящегося в зоне открытого ствола. Метод декомпозиции данных о процессе возникновения и ликвидации прихвата на четыре подпроцесса, такие как  $Y_1$  – предприхватный подпроцесс,  $Y_2$  – прихватный подпроцесс,  $Y_3$  – послеприхватный подпроцесс и  $Y_4$  – штатный подпроцесс, и критерии распознавания этих подпроцессов, из числа причин и признаков возникновения прихватов. Метод сегментации многомерных временных рядов из набора данных по времени бурения по четырем подпроцессам прихвата, с применением критериев распознавания этих подпроцессов, а также нейросетевая модель прогнозирования прихвата технологического инструмента по времени бурения скважины и алгоритм обработки данных для прогнозирования прихвата технологического инструмента по времени бурения скважины (патент РФ №2753289).

## **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их новизна**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечены корректным использованием для построения моделей закономерностей и зависимостей, по которым сформулированы основные научные положения и сделаны основные выводы и рекомендации диссертации, методов системного анализа, методов обработки данных, теории нейронных сетей и методов прикладной статистики. Их адекватность

реальным процессам и наблюдаемым явлениям подтверждена результатами большого объема экспериментальных исследований и промышленной апробации.

#### **4. Научные результаты, их ценность**

Проведено исследование эффективности применения двух моделей прогнозирования на реальных экспериментальных данных. Первая модель успешно обнаруживает типы прихвата по интервалам бурения скважины, на стадии проектирования и в процессе бурения. Вторая модель обнаруживает признаки подпроцесса возникновения прихвата по времени бурения. А также было установлено, что применение двух моделей, позволит оперативно установить причины возникновения предприхватного подпроцесса, а также уменьшить риски возникновения непредвиденных прихватов, за счет обобщения результатов прогнозирования этих моделей.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 16 печатных работах, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК), в 1 статье - в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus, и докладывались на всероссийских и международных научных конференциях; получены 2 патента.

#### **5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

Предложенные алгоритмы обработки данных позволят прогнозировать прихваты технологического инструмента по глубине ствола скважины (патент РФ №2735794) и по времени бурения (патент РФ №2753289), а также исключить ложные прогнозы в обсаженных интервалах ствола скважины во время спускоподъемных и ряде других технологических операций;

Программный код, в котором реализованы разработанные алгоритмы обработки данных и модели прогнозирования прихвата технологического инструмента по глубине ствола скважины и по времени бурения принят к использованию в деятельности ООО «РУСГЕОСЕРВИС», г. Нижневартовск, и ОАО «НАФТУ ГАЗ» Республики Таджикистан, а также был использован при выполнении части НИР по проекту «Разработка комбинированных методов обработки смешанных данных для интеллектуальных систем мониторинга сложных промышленных систем» (РФФИ г. Челябинск, №20-48-740031, 2020 г.).

## **6. Рекомендации по использованию результатов работы**

Для дальнейшего использования результатов работы целесообразна передача их заинтересованным организациям, занимающихся разработкой станций геолого-технологического контроля, программных обеспечений для этих станций, а также организациям, занимающихся проектированием и бурением скважин на нефть и газ.

## **7. Замечания и вопросы по диссертации**

К замечанию по диссертационной работе можно отнести:

1. В диссертации и автореферате недостаточно приведены аргументы в пользу применения нейронной сети для решения решаемой задачи.

2. В диссертации на рисунке 1.1 даётся круговая диаграмма, в которой 3 доля относится к неустраняемым прихватам, а в легенде эта часть обозначена как «прихваты ликвидированы».

3. В диссертации на странице 44 даётся информация о буримости горных пород, которая сопоставляется только лишь с их твёрдостью, без учёта других свойств пород.

4. Во второй главе диссертации, в разделе 2.3.1, в качестве элементов входных данных по глубине ствола скважины применяются такие показатели как  $X_{15}$  – компоненты понизителя вязкости,  $X_{16}$  – компоненты понизителя водоотдачи,  $X_{17}$  – компоненты ингибирующей добавки и  $X_{18}$  – компоненты смазывающей добавки. Однако буровой промышленности известны множество современных химических реагентов, в состав которых уже включены выше приведенные компоненты. Следовательно, если в буровом растворе применяются такие химические реагенты, тогда какие значения необходимо присвоить элементам данных ( $X_{15}$ ,  $X_{16}$ ,  $X_{17}$ ,  $X_{18}$ ) не ясно.

5. В разделе 2.3.4 диссертационной работы приводятся результаты расчетов коэффициентов ранговой корреляции Спирмена для набора данных по глубине ствола скважины. Коэффициент корреляции Спирмена учитывает парную взаимосвязь между теми или иными величинами, но при этом не учитывается одновременное влияние других переменных, что может существенно повлиять на конечные результаты расчётов по определению силы связи и её направлению.

6. Во второй главе диссертации, в разделе 2.4, вначале перечисляются основные гиперпараметры нейронной сети, после чего обосновываются и экспериментальным способом выбираются значения этих гиперпараметров. Однако скорость обучения нейронной сети и его значения в диссертации не описаны, хотя тоже является гиперпараметром.

7. Во второй главе диссертации, в подразделе 2.5.1, подробно описывается модульная нейронная сеть, состоящая из четырех модулей. На входы, с первого по третий модуль подаются определенные части элементов входных данных, а на входы четвертого модуля подаются все элементы данных. Вызывает вопрос, по каким критериям был сделан выбор четвертого модуля, а не больше.

8. В разделе 3.1.1 диссертации дан список элементов входных данных по времени бурения скважины. Элемент  $X_{1,3}$  характеризует скорость бурения, но не уточняется, какая именно это скорость бурения. Элемент  $X_{2,14}$  характеризует удельный вес бурового раствора, но не объясняется целесообразность использования данного фактора с учётом того, что есть элементы  $X_{2,3}$  и  $X_{2,4}$ , которые соответственно отражают плотность бурового раствора на входе и на выходе скважины.

9. В третьей главе диссертации, подразделы 3.1.3, 3.1.4 и 3.1.5 по приведенным в диссертации описаниям решают одну подзадачу – разметить данные о прихватах по времени бурения, по четырем подпроцессам. Было бы лучше объединить эти подразделы одним подразделом.

10. В диссертации на графиках экспериментальных результатов прогнозирования прихвата по времени бурения (стр. 118-119, 121-123, рисунки 4.1-4.5) мелкие подписи в значениях вертикальных и горизонтальных осей.

11. В тексте диссертации встречаются некоторые грамматико-синтаксические ошибки.

Приведенные замечания не имеют принципиального характера и не снижают общей ценности проведенного исследования.

### **Заключение**

Диссертационная работа Кодирова Шахбоза Шарифовича на тему «Алгоритмы обработки данных и нейросетевые модели прогнозирования прихвата технологического бурового инструмента», является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи предупреждения осложнений при бурении скважин, имеющей существенное значение для нефтегазовой отрасли.

Работа соответствует паспорту специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным пунктом 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, а ее автор,

Кодиров Шахбоз Шарифович, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Диссертация и отзыв были обсуждены и одобрены на расширенном заседании кафедры бурения скважин федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (протокол от 19.10.2022 г. № 2).

Заведующий кафедрой бурения скважин федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», профессор, доктор технических наук (25.00.15 – Технология бурения и освоения скважин)



Двойников Михаил Владимирович

Заведующий кафедрой системного анализа и управления федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», доцент, доктор технических наук (05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность))



Ильюшин Юрий Валерьевич

Секретарь заседания  
ведущий инженер



Шершакова Татьяна Федоровна

19.10.2022 г.

**Сведения о ведущей организации:**

**Полное наименование на русском языке:** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»

**Сокращенное наименование на русском языке:** СПбГУ, Горный университет

**Почтовый (фактический) адрес:** 199106, г. Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, д. 2

**Официальный сайт в сети Интернет:** [www.spmi.ru](http://www.spmi.ru)

**E-mail:** [rectorat@spmi.ru](mailto:rectorat@spmi.ru)

**Контактный телефон:** +7 (812) 328-82-00; +7 (812) 328-82-81



*М.В. Двойников, Ю.В. Ильющин, Т.Ф. Шершакова*

М.В. Двойников, Ю.В. Ильющин, Т.Ф. Шершакова  
Е.Р. Яновицкая

" 19 " 10 2022 г.