

1(337).2021

ISSN 0130-3872



Строительство
нефтяных
и
газовых
скважин
на суше
и на море

Construction
of oil and gas wells on land
and sea

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ БУРЕНИЯ СКВАЖИНЫ

**В.В. Кульчицкий, Я.С. Насери, М.С. Токарь, Я.В. Березовский, М.Д. Демин, П.А. Шаркунов,
Е.С. Коженов**

(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)

Программный продукт "Распознавание операций бурения скважин (РОБС)" предназначен для распознавания операций бурения скважин на основе данных от цифровых датчиков станции геолого-технологических исследований, их обработки и визуализации. РОБС адаптирован к работе с накопленными данными. Сетевой график РОБС помогает координировать операции в режиме реального времени. Алгоритм способен распознавать более 20 операций: бурение ротором и забойным двигателем, бурение в слайде, разбуривание оснастки (цементного моста, башмака), наращивание бурильного инструмента (БИ), ориентирование КНБК, спуск и подъём БИ в обсаженном и необсаженном стволе, шаблонировку и проработку ствола, наращивание при СПО, неподвижное состояние БИ в скважине, измерение параметров кривизны с забойной телеметрической системы (ЗТС), промывку с вращением и без вращения БИ, выход на оптимальный режим бурения, спуск и подъём обсадной колонны, цементирование.

Ключевые слова: распознавание операций бурения скважин; глобальная операция; диаграмма каротажа бурения; цифровой датчик; алгоритм.

AUTOMATIC RECOGNITION OF WELLS DRILLING OPERATIONS

V.V. Kulchitsky, Y.S. Naseri, M.S. Tokar, Ya.V. Berezovsky, M.D. Demin, P.A. Sharkunov, E.S. Kozhenov
(National University of Oil and Gas "Gubkin University")

The "Recognition of Well Drilling Operations (RWDO)" software is designed to recognize well drilling operations based on the data from digital sensors of a geological-technological research station, their processing and visualization. RWDO is adapted to work with accumulated data. The RWDO network schedule helps to coordinate operations in real time. The algorithm can recognize more than 20 operations: drilling with a rotary and a downhole motor, drilling in a slide, rigging (cement bridge, shoe), extension of a drilling tool (DT), orientation of the BHA, lowering and lifting of a drilling tool in a cased and open hole, borehole drifting and drilling, build-up during tripping, stationary state of the DT in the well, measurement of curvature parameters from the downhole telemetry system (DHTS), flushing with rotation and without rotation of the DT, reaching the optimal drilling mode, lowering and lifting of the casing string, cementing.

Keywords: recognition of well drilling operations; global operation; drilling log; digital sensor; algorithm.

Для снижения зрительного и психоэмоционального напряжения и облегчения монотонного труда оператора станции геолого-технологических исследований (ГТИ) и бурового супервайзера при визуальном контроле диаграмм каротажа бурения разработан и апробирован в ходе опытно-промышленных испытаний (ОПИ) алгоритм автоматического распознавания операций бурения скважин (РОБС) по техническому заданию АО "НИПЦ ГНТ" на буровых объектах Западной Сибири и Оренбургской области [1].

Благодаря гибкому подходу к созданию программного продукта стало возможным добавление новых операций и изменение текущего алгоритма без нарушения работоспособности программы. РОБС способен фильтровать помехи и некорректные значения параметров, повышая качество распознавания операций. Алгоритмом установлена чёткая граница разделения помех в показаниях датчиков и признаков, характеризующих развитие осложнений в процессе бурения.

Пользователь может задавать минимальную продолжительность распознаваемых операций для исключения нераспознаваемых (переходных) операций из диаграммы. Алгоритм объединяет нераспознаваемые операции, продолжительность которых не превышает указанное пользователем временное значение.

Таким образом, с применением РОБС, работа которого основана на передаче, сборе, фильтрации и своевременной обработке данных станции ГТИ, сделан новый шаг к роботизации и автоматизации процесса бурения, повышению эффективности супервайзинга.

Используя данные от цифровых датчиков станции ГТИ с их обработкой и визуализацией, возможно автоматически распознавать операции бурения.

Алгоритм РОБС использует такие данные от цифровых датчиков станции ГТИ как (рис. 1): время проведения операции t , положение талевого блока H_{TB} и долота $h_{дол}$, глубина забоя $h_{заб}$, расход на входе/выходе $Q_{вх}/Q_{вых}$, давление нагнетания бурового раствора на входе $P_{наг}$, оборотов n и крутящего момента на роторе/СВП $M_p/M_{СВП}$, вес на крюке $G_{кр}$, нагрузка на долоте $G_{дол}$, механическая скорость бурения $V_{мех}$, скорость перемещения талевого блока V_{TB} , поступающие в блок I. В блоке II используются такие данные о конструкции скважины, как глубина башмака последней спущенной обсадной колонны (ОК). В блоке III сетевого графика анализируются планируемые работы с определением длительности каждой глобальной операции. В блоке IV распознаются глобальные операции: Бурение. Подготовка ствола скважины, спуск ОК. Цементирование. ГИС и ПЗР. В блоке V про-

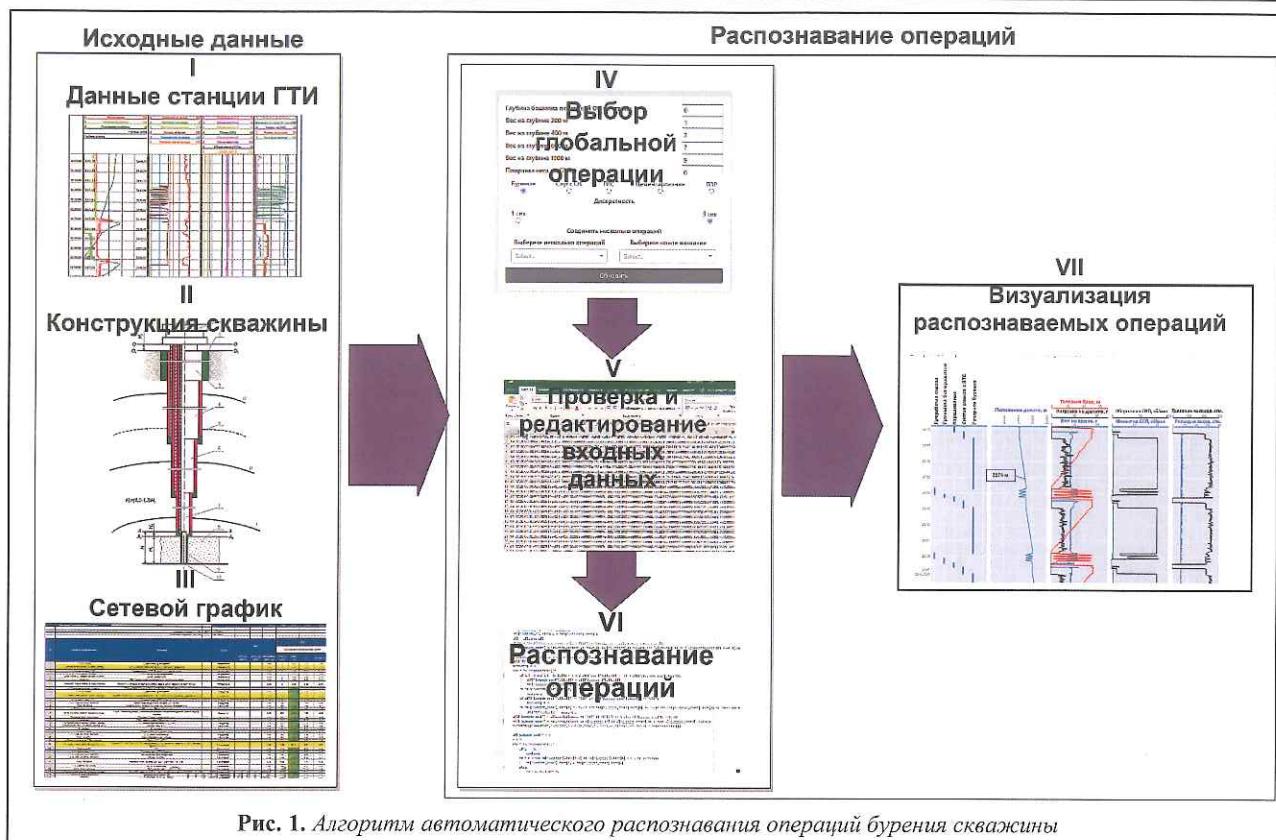


Рис. 1. Алгоритм автоматического распознавания операций бурения скважины

веряются и редактируются исходные данные. В блоке VI проводится распознавание всех операций. В блоке VII происходит визуализация распознавания операций и основных технологических параметров.

В таблице представлен пример граничных условий для распознаваемых операций.

Процесс	Распознаваемые операции	Границные условия
Бурение	Роторное бурение	$h_{\text{дол}} = h_{\text{заб}}$
	Бурение в слайде	$h_{\text{дол}} = h_{\text{заб}}$
	Разбуривание оснастки, цементного моста, башмака	$H_{\text{ОК}} = h_{\text{заб}}$
	Нарашивание в процессе бурения	$(h_{\text{заб}} - h_{\text{дол}}) < \Delta h$
	Ориентирование КНБК	$G_{\text{дол}} = 0$ $n > 0$
	Спуски БИ в обсаженном стволе	$h_{\text{дол}} < H_{\text{ОК}}$
	Подъём БИ в обсаженном стволе	$H_{\text{ТБ}} \uparrow$ $h_{\text{дол}} \downarrow$
	Подъём БИ в необсаженном стволе	$h_{\text{дол}} \geq H_{\text{ОК}}$
	Спуски БИ в необсаженном стволе	$h_{\text{дол}} < H_{\text{ОК}}$
	Шаблонировка ствола	$h_{\text{дол}}$
Прокладка	Проработка ствола	$V_{\text{ТБ}} > V_{\text{мех}}$
	Нарашивание при СПО	$(h_{\text{заб}} - h_{\text{дол}}) > \Delta h$
	Неподвижное состояние БИ в скважине	$h_{\text{дол}} = h_{\text{заб}}$
	Снятие замера с ЗТС	$(h_{\text{заб}} - h_{\text{дол}}) = X$
	Промывка с вращением БИ	$h_{\text{дол}} = h_{\text{заб}}$
Крепление	Промывка без вращения БИ	$M_{\text{б}}/M_{\text{СВП}} = 0$
	Выход на оптимальный режим	$Q_{\text{вх}} \uparrow$
	Спуск ОК/хвостовика	$h_{\text{баш}} < H_{\text{ОК}}$

Интерфейс оператора ГТИ дополнен диаграммой онлайн распознавания операций бурения *a* на основе каротажных диаграмм следующих технологических

параметров: положение забоя и долота *b*, положение талевого блока и фактического веса на крюке *c*, обороты на системе верхнего привода СВП *d*, давление нагнетания бурового раствора на входе *d* (рис. 2).

Диаграмма онлайн распознавания операций бурения облегчает контроль технологических параметров, позволяет объективнее оценивать работу буровой бригады и выявлять скрытое непроизводительное время, исключать искажение суточных рапортов, находить причины низких ключевых показателей эффективности.

На рис. 3 изображена часть интерфейса РОБС с предварительными настройками [2] для дополнительной настройки алгоритма РОБС и опций отображения необходимой детальности:

- при отсутствии поправки на параметр "Вес на крюке" веса СВП следует ввести поправку в тоннах в предназначенную область;
- указывается дискретность передачи данных;
- значение глубины башмака последней спущенной обсадной колонны необходимо для разделения операций, проводимых в обсаженном и необсаженном стволах;
- необходимо распознавание операций "Снятие замера с ЗТС", "Шаблонировка", "Выход на режим".

В РОБС предусмотрена возможность выгрузки данных в формате xlsx. Операторам ГТИ и буровым супервайзерам приходится постоянно анализировать динамику технологических параметров с помощью диаграмм каротажа для принятия оптимальных ре-

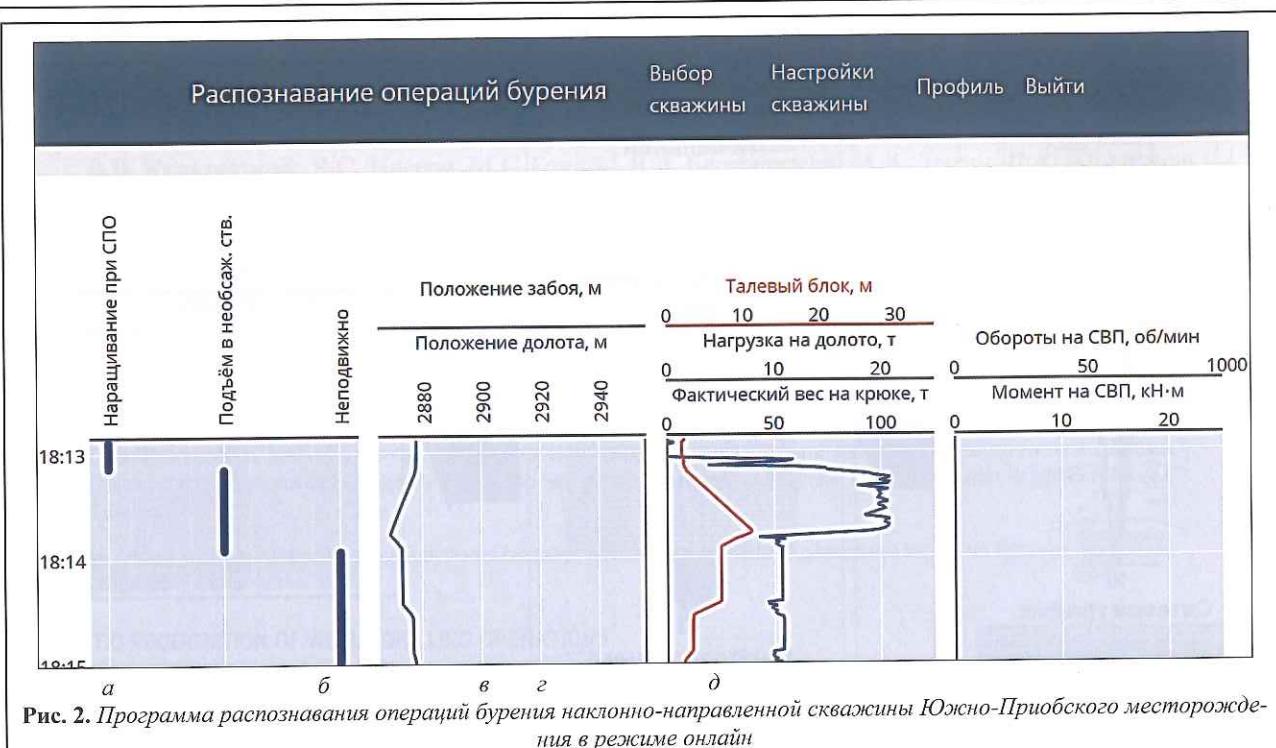


Рис. 3. Интерфейс РОБС с предварительными настройками

шений процесса бурения скважины, требующих значительных затрат времени и сил. Разработанный РОБС снижает нагрузку специалистов, ответственных за анализ данных, поступающих с бурового объекта.

РОБС органически вписался в новую интегрированную профессию геосупервайзера, основанную на объединении функций оператора ГТИ и бурового су-

первайзера, и способствует созданию цифровых буровых профессий [3].

РОБС разработан буровыми программистами лаборатории цифрового бурения НИИБТ Губкинского университета, апробирован АО "НИПЦ ГНТ" на проектах опытно-промышленных испытаний геосупервайзинга в ПАО "Газпром нефть" при поддержке ко-

митета межрегионального Научно-технического общества нефтяников и газовиков по цифровизации нефтегазовой отрасли.

Выводы

1. Автоматическое распознавание операций бурения скважины обеспечивает внедрение разработанных программных продуктов: Распознавание осложнений по давлению нагнетаний (РОДН) и Распознавание осложнений по весу на крюке (РОВК) по раннему обнаружению рисков и предупреждению осложнений и аварий.

2. Цифровизация процесса бурения скважин интегрирует профессии супервайзера и оператора цифровой станции ГТИ в одну – геосупервайзера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Программа для ЭВМ "Распознавание операций бурения

скважин (РОБС)" / В.В. Кульчицкий, Я. Насери, М.С. Токарь [и др.] – Свидетельство Рospатента № 2020663145 от 22.10.2020.

2. Инструкция по эксплуатации программного продукта "Распознавание операций бурения скважин РОБС": утв. АО "НИПЦ ГНТ" 09.10.2020.

3. Газпром нефть: Цифровизация бурения скважин / И.Ф. Рустамов, К.В. Кулаков, С.А. Ильичев, В.В. Кульчицкий // ROGTEC. – 2020. – Вып. 60. – С. 30–41.

LITERATURA

1. Programma dlya EVM "Raspoznavanie operatsiy burenija skvazhin (ROBS)" / V.V. Kul'chitskiy, Ya. Naseri, M.S. Tokar' [i dr.] – Svidetel'stvo Rospatenta № 2020663145 ot 22.10.2020.

2. Instruktsiya po ekspluatatsii programmogo produkta "Raspoznavanie operatsiy burenija skvazhin ROBS": utv. AO "NIPTs GNT" 09.10.2020.

3. Gazprom neft': Tsifrovizatsiya burenija skvazhin / I.F. Rustamov, K.V. Kulakov, S.A. Il'ichev, V.V. Kul'chitskiy // ROGTEC. – 2020. – Vyp. 60. – S. 30–41.

Валерий Владимирович Кульчицкий, д-р техн. наук, профессор, директор НИИБТ РГУ нефти и газа, научный руководитель лаборатории цифрового бурения НИИБТ

Ясин Сириусович Насери, заведующий лабораторией цифрового бурения НИИБТ

Максим Сергеевич Токарь, заведующий сектором РОБ, геосупервайзер, магистрант

Ярослав Владимирович Березовский, заведующий сектором ПЦС, буровой программист, магистрант

Михаил Данилович Демин, заведующий сектором ЗП, буровой программист, магистрант

Петр Алексеевич Шаркунов, заведующий сектором ВМБО, буровой программист, магистрант

Евгений Сергеевич Коженов, заведующий сектором ДН, буровой программист, магистрант

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
119991, Россия, г. Москва, Ленинский просп., 65.

Valery Vladimirovich Kulchitsky, Dr. of tech. sci., Professor, Director of Research Institute of Drilling Technique, Scientific Head of the Digital Drilling Laboratory of the Research Institute of Drilling Technique

Yasin Siriusovich Naseri, Head of the Digital Drilling Laboratory of the Research Institute of Drilling Technique

Maxim Sergeevich Tokar, Head of the Sector of the "Recognition of Well Drilling Operations (RWDO)", geosupervisor, master's student

Yaroslav Vladimirovich Berezovsky, Head of the Sector of PCS, programming engineer in drilling, master's student

Mikhail Danilovich Demin, Head of the Sector of ZP, programming engineer in drilling, master's student

Petr Alexeevich Sharkunov, Head of the Sector of VMBO, programming engineer in drilling, master's student

Evgeny Sergeevich Kozhenov, Head of the Sector of DN, programming engineer in drilling, master's student

National University of Oil and Gas "Gubkin University"
65, Leninsky pros., Moscow, 119991, Russian Federation.