

# Цифровые решения для ГРП

## Digital Solutions for Hydraulic Fracturing

Максим ФАДЕЕВ, начальник Центра технического развития, ООО «ТаграС-РемСервис»

Maksim FADEEV, Head of the Technical Development Center, TagraS-RemService LLC

Современный мир уже не может существовать без цифровых технологий, нефтяной рынок не является исключением. Все больше компаний разрабатывают стратегии цифровой трансформации, внедряют цифровые решения, направленные на увеличение добычи нефти со снижением затрат. Сервисные компании тоже стремятся за счет цифровых технологий увеличить скорости работ, минимизировать потери. В данной статье будут рассмотрены примеры того, как цифровизация позволяет решать ряд задач при производстве ГРП: снижать трудозатраты, автоматизировать рабочие места, упреждать отказы оборудования и снижать затраты.

Оборудование для ГРП является самым высокотехнологичным комплексом, которое применяется на объектах заказчика с целью повышения эффективности добычи, имеет сложные узлы и агрегаты. Информация о работе оборудования регистрируется множеством датчиков и отражается в системах сбора



The modern world can no longer exist without digital technologies, the oil market is no exception. More and more companies are developing Digital Transformation strategies, implementing digital solutions aimed at increasing oil production while reducing costs. Service companies are also striving to increase the speed of work and minimize losses through digital technologies.

This article will consider examples of how digitalization allows solving a number of tasks in the production of hydraulic fracturing, namely, to reduce labor costs, automate jobs, prevent equipment failures and reduce costs.

Fracturing equipment is the most high-tech equipment used for well interventions. Injection, in order to increase production efficiency, has complex units and assemblies. Data on equipment operation is



Рисунок 1 – Комплекс ГРП ООО «ТаграС-РемСервис»

Figure 1 – Hydraulic fracturing complex TagraS-RemService LLC

данных. С целью минимизации рисков поломок оборудования проводятся плановые ТО и замены узлов и деталей, в том числе центробежных насосов смесительной установки. На каждый узел установлены определенные показатели наработки, так для центробежного насоса для замены установлена наработка 900 тонн проппанта. Но условия эксплуатации бывают разные, и зачастую при проведении планового ТО ресурс оборудования позволяет еще продолжить работу или, наоборот, оборудование выходит из строя преждевременно.

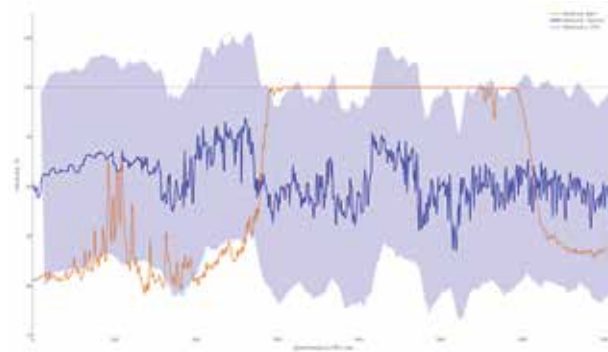
Так как же понять, когда необходимо проводить замену центробежного колеса? С целью снижения рисков и предупреждения отказа оборудования нами была разработана цифровая модель прогноза, когда нужно осуществлять замену центробежного насоса. Программное обеспечение регистрирует 535 параметров. С целью исключения ненужных данных они были внесены в ClickHouse – колоночную аналитическую СУБД с открытым кодом, позволяющую выполнять аналитические запросы в режиме реального времени на структурированных больших данных. Данная таблица позволила исключить ненужные параметры и выявить давление гидравлики и обороты вращения для центробежного насоса в зависимости от давления подпора, а также определить работоспособность КПД центробежного насоса.

После исключения ненужных данных специалистами были опробованы восемь методов машинного обучения для создания цифровой модели центробежного нагнетательного насоса смесительной установки. Наилучший результат показал метод Extreme Gradient Boosting – техника машинного обучения для задач классификации и регрессии, которая строит модель предсказания, стремясь к минимизации среднеквадратичной ошибки.

При увеличении нагрузки гидравлической системы на гидромотор и оборотов вращения для работы центробежного насоса программа сигнализирует об отклонении, что является сигналом для упреждения отказа, а именно требуется замена рабочего колеса или корпуса центробежного насоса. Полученные данные в онлайн-режиме отслеживает механическая служба. Проведя ОПР и получив положительные результаты, замена центробежного колеса

Цифровизация позволяет решать ряд задач при производстве ГРП: снижать трудозатраты, автоматизировать рабочие места, упреждать отказы оборудования и снижать затраты.

Digitalization allows solving a number of tasks in the production of hydraulic fracturing, namely, to reduce labor costs, automate jobs, prevent equipment failures and reduce costs.



**Рисунок 2 – График сопоставления данных работы центробежного насоса**  
**Figure 2 – Data comparison graph for centrifugal pump operation**

recorded by a large number of sensors and transferred to data acquisition systems. In order to minimize the risk of equipment failures companies carry out scheduled maintenance and replacement of assemblies and parts, including centrifugal pumps of the mixing unit. Specific run life indicators are set for each component. For example, the centrifugal pump should be replaced after 900 tons of proppant. However, there are different operating conditions, and often a routine maintenance can identify premature failure or show that equipment can be operated further.

So how do you know when to replace the centrifugal wheel? To reduce risks and prevent equipment failure we developed a numerical

model to predict when a centrifugal pump needs to be replaced. The software records 535 parameters. In order to exclude unnecessary data have been entered into ClickHouse – an open-source columnar analytics DBMS that allows you to run real-time analytics queries on structured big data. This table allowed to exclude unnecessary parameters and identify the pump efficiency, the hydraulic pressure and RPM values based on back pressure as well as to identify the performance efficiency of the centrifugal pump.

After eliminating unnecessary data, experts tested eight machine learning methods to create a digital model of a centrifugal pressure pump of a mixing unit. The best result was shown by the “Extreme Gradient Boosting” method, a machine learning technique for classification and regression problems that builds a prediction model, striving to minimize the root-mean square error.

When the hydraulic system load on the motor and the rotation speed increase, the program signals a deviation providing the ability to prevent failure and replace the impeller or the pump housing. The data received is monitored online by the mechanical service department. After the test run with a positive

осуществляется не по наработке, а по КПД гидросистемы. Аналогичная система может применяться и для насосов подачи жидкой химии.

Следующим этапом цифровых решений была автоматизация рабочего места мастера ГРП и вспомогательных служб. В бизнес-процессах ГРП отсутствует программа автоматизации, все проводимые операции осуществляются во множественных программных комплексах и сохраняются в файлы на стационарных ПК, к которым нет доступа для служб, заинтересованных в информации данных файлов, либо файлы не были выложены в общий доступ. Зачастую учет велся даже в разных программах, где нет интеграции между ними. Все это ограничивало работу по выявлению потерь, ускорению процессов ГРП и применения оперативных управленческих действий. С целью автоматизации учета затрат мы разработали программный комплекс 1С-ГРП, в котором предусматривается работа каждой службы и хранение всей информации о затратах и проведенных операциях. Аналоги данной программы отсутствуют.

Первым решением для автоматизации работы мастера ГРП являлось заполнение табеля учета работы. Ранее суточный акт вели индивидуально для каждой бригады ГРП, что не давало истинной картины по переработке отдельного экипажа ГРП, то есть не было понятно, какой именно флот имеет переработку по часам, а какой флот не вырабатывает норму. Также суточный акт велся мастером на бумажном носителе и отправлялся по электронной почте нормировщикам. В 1С мы разработали суточный акт по экипажам ГРП. Мастер на скважине вносит данные по отработанным часам за прошедшие сутки в 1С, и мы видим оперативно переработку или недоработку, что позволяет делать ротацию экипажей, понимать, когда нужно экипаж отправить на отдых, а какой экипаж догрузить работой. Такой подход позволяет снизить процент переработки персонала. На данный момент программа дорабатывается и будет синхронизирована с «Субкор» с целью формирования

Таблица позволила исключить ненужные параметры и выявить давление гидравлики и обороты вращения для центробежного насоса в зависимости от давления подпора, а также определить работоспособность КПД центробежного насоса.

This table allowed to exclude unnecessary parameters and identify the pump efficiency, the hydraulic pressure and RPM values based on back pressure as well as to identify the performance efficiency of the centrifugal pump.

fracturing processes and applying operational management actions. In order to automate cost accounting, we have developed the 1С-GRP software package, which provides for the operation of each service and the storage of all information about costs and operations performed. There are no analogues of this program.

The first solution to automate the work of the hydraulic fracturing wizard was to fill out a worksheet. Previously, the daily act was carried out individually for each hydraulic fracturing team, which did not give a true picture of the processing of an individual hydraulic fracturing crew, that is, it was not clear which fleet had processing by the hour, and which fleet did not work out the norm. Also, the daily act was carried out by the wizard on paper and sent by e-mail to the rationing staff. In 1С, we developed a daily act for hydraulic fracturing crews. The operator at the well enters the data on the hours worked for the past day in 1С, and we see prompt processing or shortcomings, which allows us to rotate the crews, understand when the crew needs to be sent on vacation, and which crew should be loaded with work. This approach allows

Мы разработали программный комплекс 1С-ГРП, в котором предусматривается работа каждой службы и хранение всей информации о затратах и проведенных операциях. Аналоги данной программы отсутствуют.

We have developed the 1С-GRP software package, which provides for the operation of each service and the storage of all information about costs and operations performed. There are no analogues of this program.

**Таблица 1 – Анализ снижения труда затрат на внесение данных после внедрения 1С-ГРП**  
**Table 1 – Analysis of the reduction in labor costs for data entry after the introduction of 1С-GRP**

№	Функция Function	Функции бизнес-процесса Business Process Functions		Автоматизация функций Function Automation			
		Как есть As it is now	Как будет How will it be	Как есть As it is now		Как будет How will it be	
				Частичная Partial	Полная Complete	Частичная Partial	Полная Complete
1.	Планирование производства Production planning						
1.1.	График выполнения ГРП Hydraulic fracturing schedule	+	+	+	-	+	-
1.2.	Сетевой график ГРП Hydraulic fracturing network diagram	+	+	+	-	+	-
1.3.	Состояние выполнения заявок Order fulfillment status	+	+	-	+	+	-
1.4.	Формирование плана работ Formation of a work plan	+	+	+	-	+	-
	Оперативная сводка ГРП Operational summary of hydraulic fracturing	+	+	-	+	+	-
	Отчетность производства Production reporting						
	Реестры затрат на ГРП Hydraulic fracturing cost registers	+	+	-	+	+	-
	Детальный отчет по затратам Detailed cost report	+	+	-	+	+	-
	Анализ транспортных расходов Analysis of transport costs	+	+	-	+	+	-
2.1.	Учет оборудования ЦПО Accounting for central software equipment	-	+	-	-	+	-
2.2.	Учет лабораторного оборудования Laboratory equipment accounting	-	+	+	-	+	-
3.	Контроль исполнения производственных планов Monitoring the execution of production plans						
	Анализ состояния ГРП Analysis of the state of the hydraulic fracturing	-	+	-	-	-	+
3.1.	Баланс рабочего времени Working time balance	+	+	+	-	+	-
4.	Сводка мастера Wizard summary	+	+	-	+	+	-
4.1.	План-факт ГРП Fracturing plan	+	+	+	-	+	-
	ИТОГО TOTAL	11	14	6	6	13	1

заработной платы, что позволит снизить или вообще исключить работу нормировщика.

Следующая группа – это учет материалов. Ранее мастер на электронную почту получал дизайн работ, на основании которого заказывал химические реагенты со склада. На данный момент дизайн ГРП загружается в 1С аналитической службой. В дизайне уже указаны необходимые плановые данные по

you to reduce the percentage of staff overwork. At the moment, the program is being finalized and will be synchronized with Subcore in order to form wages, which will reduce or even eliminate the work of a rate adjuster.

Another area for automation is materials accounting. Previously, the wizard received a design of work by e-mail, on the basis of which he ordered chemicals from the warehouse. At the moment

расходу химии с учетом запаса. Мастеру нет необходимости вести расчет необходимого количества товарно-материальных ценностей (ТМЦ) для проведения процесса, он получает эти данные после нажатия кнопки «Заполнить». После проведения ГРП данные по расходу ТМЦ автоматически загружаются в документ «расход химии», где при необходимости мастер может их скорректировать. Автоматически формируется ведомость на списание.

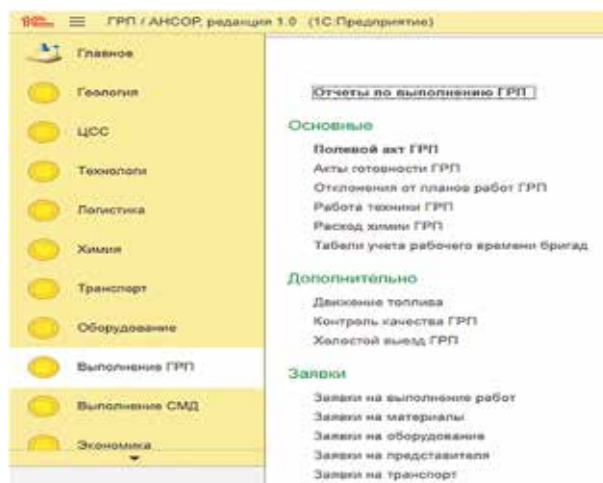
Ответственные лица могут в онлайн-режиме отслеживать отклонения по материальному балансу, что повышает уровень контроля по недостатке материалов. Также программа позволяет видеть отклонения по продажам: все ли затраты мы предъявляем.

В программе имеется алгоритм планирования работ, а именно месячная загрузка флотов ГРП, что позволяет уже на этапе планирования видеть потребность в химии, в оборудовании и какая будет выработка персонала по часам. В программу подгружаются тесты на жидкость, акт готовности скважины, пакерный лист. Мастер уже не затрачивает время на сбор материалов для подготовки к выполнению ГРП.

В результате использования программы была повышена скорость обработки информации по затратам и выполненным операциям, снижены трудозатраты на ввод информации. Более оперативно применяются управленческие решения при отклонениях, сократилось время на проведение аналитики.

После промышленного внедрения программы 1С-ГРП мы не будем останавливаться на достигнутом. В настоящее время программа совершенствуется в направлении расширения функций. Уже сейчас разрабатывается модуль удаленной работы на скважине в условиях отсутствия интернета, запланировано автоматическое списание ГСМ от датчиков расхода топлива, поскольку оборудование ГРП является высокотехнологичным и имеет обвязку большим количеством датчиков, которые снимают показания при работе техники, подаче химии и т. д. Эти данные можно подгружать автоматически в программу 1С-ГРП.

Мы видим реальность достижения поставленных целей и задач за счет внедрения программного комплекса и расширений функций программы.



**Рисунок 3 – Рабочая панель мастера ГРП**

**Figure 3 – Working panel of the hydraulic fracturing wizard**

the fracturing design is uploaded to 1C by the analytical service. The design already includes the data on the planned chemical volume, taking into account the volume in stock. The wizard does not need to calculate the required amount of inventory items (inventory and materials) for the process, he receives this data after pressing the "Fill" button. After the hydraulic fracturing, the data on the consumption of goods and materials are automatically loaded into the "chemical consumption" document, where, if necessary, the

foreman can correct them. A write-off statement is also automatically generated. Responsible persons can track material balance deviations online thus increasing the level of control over the lack of materials. The program also allows you to see deviations in sales: whether we present all the costs.

The program includes an operation planning algorithm which allows to estimate the monthly workload for the fracturing fleet and evaluate the personnel operating hours and the need for chemicals and equipment.

The program allowed to increase the speed of processing information on costs and performed operations and reduce the workload in entering data. Fluid tests, well readiness report, packer sheet are loaded into the program. The operator no longer spends time collecting materials to prepare for the hydraulic fracturing.

As a result of using the program, the speed of processing information on costs and performed operations was increased, labor costs for entering information were reduced. Management decisions in cases of deviations are applied more quickly, time for analytics is reduced.

After the industrial implementation of the 1C HF program, we will not stop there. In the meantime, work has been underway to expand the program functions: the module for remote operation in locations with no Internet access, automatic write-off of fuel and lubricants according to the fuel gages. Since the hydraulic fracturing equipment is high-tech and has a piping with a large number of sensors that take readings during the operation of the equipment, the supply of chemicals, etc. These data can be loaded automatically into the 1C Hydraulic Fracturing program.

We see the reality of achieving the set goals and objectives through the introduction of a software package and extensions of the program's functions.