

# Опыт заправки гибкой трубы геофизическим кабелем в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»

## Belorusneft Experience of Loading the Logging Cable into The Coiled Tubing

Н.А. ДЕМЯНЕНКО, А.В. СЕРЕБРЕННИКОВ, Д.Л. ТРЕТЬЯКОВ, Д.В. ПОРОШИН, В.В. ПОЛОГЕЕНКО, Ю.А. БУТОВ, П.В. РЕВЯКОВ, Д.А. ЗАКРУЖНЫЙ, А.Н. КОБЕЦ, РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»; А.В. РОБИН, А.И. АЛЕКСЕЕВ, Э.Г. КАГИРОВ, Ю.А. СОТНИКОВ, ООО «Псковгеокабель»

N. DEMYANENKO, A. SEREBRENNIKOV, D. TRETYAKOV, D. POROSHIN, V. POLOGEENKO, Y. BUTOV, P. REVYAKOV, D. ZAKRUZHNY, A. KOBETS, Production Association Belorusneft; A. ROBIN, A. ALEKSEYEV, E. KAGIROV, Y. SOTNIKOV, Pskovgeokabel

Гибкие трубы (ГТ) ранее применялись в основном при капитальном ремонте скважин в ограниченной технологической нише: промывка скважин после ГРП и вызов притока из пласта. В последние годы в связи с ростом бурения горизонтальных скважин ГТ стали применяться при геофизических исследованиях скважины, перфорационных работах, колтюбинговом бурении на депрессии. При данных операциях контроль внутрискважинных параметров в режиме реального времени является основным требованием выполнения работ. Качество выполнения колтюбинговых работ в режиме реального времени зависит от кабельной линии связи, которая образуется при наличии геофизического кабеля в ГТ. Геофизический кабель заправляется на заводе – изготовителе ГТ, а также с применением специализированного оборудования или при проведении технологических операций. Заправка ГТ геофизическим кабелем выполняется при следующих необходимых работах: оснащение ГТ новым кабелем; замена кабеля в случае его повреждения; извлечение (заправка) кабеля в случае повреждения ГТ с последующим проведением ее ремонта.

С целью профилактики и исключения технологических нарушений, связанных с повреждением ГТ и геофизического кабеля, необходимо выполнять ряд мероприятий, перечень которых приведен на рис. 1.

Существует несколько вариантов технологий оснащения ГТ геофизическим кабелем или его замены в случае износа:

- спуск в скважину ГТ и последующий спуск в ГТ геофизического кабеля;

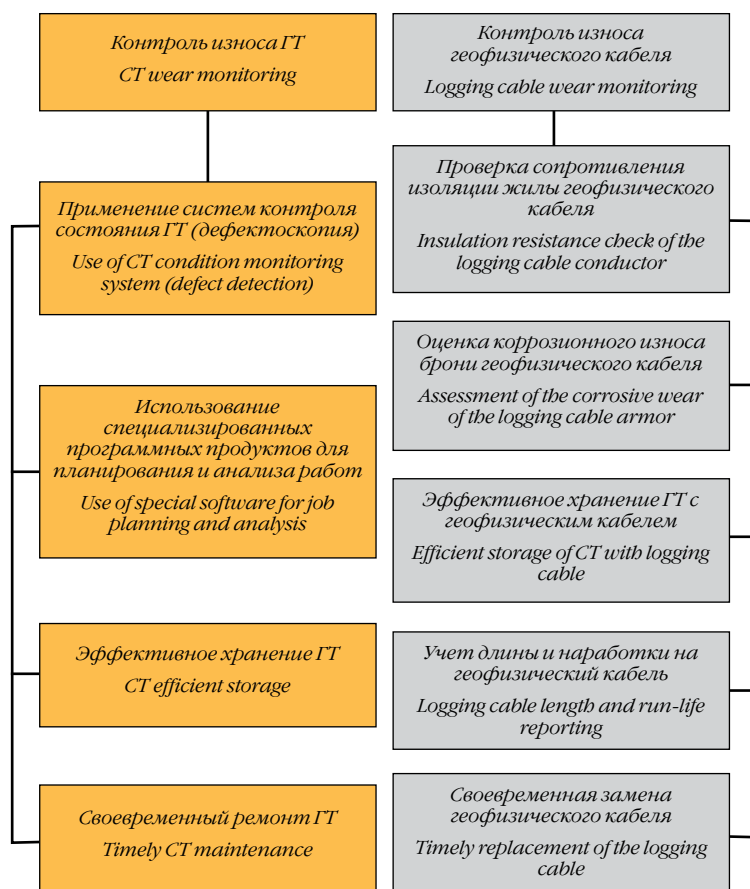


Рисунок 1 – Мероприятия для исключения технологических нарушений, связанных с повреждением ГТ и геофизического кабеля

Figure 1 – Measures to prevent and to eliminate process disturbances related to CT and logging cable damage

- расположение ГТ на поверхности земли с последующим оснащением ГТ геофизическим кабелем гидравлическим способом (замывкой);
- применение кабельного инжектора, сочетающего механическое проталкивание геофизического кабеля с его замывкой при расположении ГТ на узле намотки.

Заправка ГТ геофизическим кабелем в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» проводилась как путем спуска ГТ в скважину, так и с применением кабельного инжектора.

В процессе заправки ГТ геофизическим кабелем путем спуска ГТ в скважину выявлены следующие недостатки:

- 1) низкий уровень безопасности ведения работ;
- 2) продолжительное время выполнения работ (96 часов);
- 3) высокие финансовые затраты на реализацию технологии;
- 4) дополнительный износ ГТ в процессе ее спуска в скважину и намотки на узел намотки колтюбинговой установки;
- 5) высокая степень риска проводимых работ;
- 6) наличие безопасной для спуска ГТ скважины глубиной, превышающей длину ГТ до 5%.

Для исключения технологических осложнений и проблем безопасности в процессе работ специалисты РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» с применением комплекта оборудования для оснащения ГТ геофизическим кабелем (кабельного инжектора, рис. 2) производства ООО «Псковгеокабель» выполнили извлечение поврежденного геофизического кабеля из ГТ 50,8 мм (длина 3700 м) с последующей заправкой в ГТ 50,8 мм нового геофизического кабеля (диаметр 9,4 мм) в металлической броне длиной 3760 м.

Комплект оборудования для оснащения ГТ геофизическим кабелем производства ООО «Псковгеокабель» предназначен для заправки ГТ геофизическим кабелем и замены поврежденного путем механического его проталкивания в полость ГТ и закачкой высокоскоростного потока жидкости (рис. 3). Состав комплекта оборудования для оснащения ГТ геофизическим кабелем представлен на рис. 4.

В комплект оборудования входит устройство намотки кабеля (отдающее устройство) 1, на котором монтируется приемный барабан (бухта) 2 с геофизическим кабелем. Далее



**Рисунок 2 – Кабельный инжектор производства ООО «Псковгеокабель»**

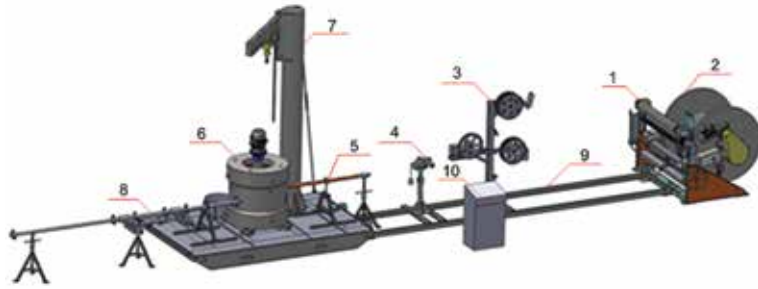
**Figure 2 – Cable injector manufactured by Pskovgeokabel**

Formerly coiled tubing (CT) was used mainly for well workover in a narrow technological niche: post-frac well clean-out and stimulation treatment. In recent years due to the increased drilling of horizontal wells, CT has been used for geophysical well logging, perforation jobs, and underbalanced CT drilling. During such jobs online monitoring of the down-hole parameters is the main requirement for the performance of operations. The quality of the



**Рисунок 3 – Комплект оборудования для оснащения ГТ геофизическим кабелем**

**Figure 3 – Set of equipment for loading the logging cable into the CT**



1 – устройство намотки кабеля; 2 – приемный барабан (бухта); 3 – компенсатор; 4 – механический счетчик; 5 – сальниковое устройство; 6 – кабельный инжектор; 7 – грузоподъемная стрела с талью; 8 – кабельный ускоритель; 9 – металлическая разборная рама; 10 – пульт управления

1 – spooling unit; 2 – reel (cable coil); 3 – compensator; 4 – mechanical counter; 5 – stuffing box; 6 – cable injector; 7 – lifting beam with hoist; 8 – cable accelerator; 9 – dismountable metal frame; 10 – control panel

**Рисунок 4 – Состав комплекта оборудования для оснащения ГТ геофизическим кабелем**

**Figure 4 – Composition of the equipment set for equipping the CT with the logging cable**

кабель раскладывается в компенсаторе 3 контроля натяжения кабеля и протягивается через механический счетчик 4, позволяющий вести учет длины кабеля, замытого в ГТ. Далее кабель подается через сальниковое устройство 5 в кабельный инжектор 6. Сальниковое устройство обеспечивает герметизацию кабеля при его замывке в ГТ. Монтаж и демонтаж приводного механизма кабельного инжектора выполняется с помощью грузоподъемной стрелы с талью 7. Из кабельного инжектора кабель проходит через кабельный ускоритель 8 для обеспечения свободного продвижения кабеля через ГТ. Рабочая жидкость (вода) подается в ГТ через манифольдный тройник. Интенсивность потока через кабельный ускоритель регулируется путем изменения перепада давления на дросселе с ручным управлением. Продвижение геофизического кабеля внутри ГТ обеспечивается высокоскоростным потоком жидкости. Для отвода просачивающейся в сальниковом устройстве жидкости служит дренажная линия. С целью опоры и монтирования на одном уровне элементов комплекта оборудования предусмотрена разборная металлическая рама 9. Управление всеми механизмами комплекта оборудования, а также контроль заправки геофизического кабеля в ГТ осуществляется с помощью пульта управления 10.

Технические характеристики комплекта оборудования для оснащения ГТ геофизическим кабелем:

- максимальное рабочее давление – 70 МПа;
- диаметр заправляемого кабеля – 9,4 и 10,2 МПа;
- максимальная скорость заправки кабеля – до 50 м/мин;

performance of CT operations depends on the cable communication line which is set up if the logging cable is lodged in the coiled tubing. The logging cable is loaded at the CT manufacturing plant as well as by means of special equipment or during production operations. The logging cable is loaded into the coiled tubing during the following operations: equipping of the CT with a new cable; replacement of the cable if damaged; removal/loading of the cable from/into the CT in case of CT damage with subsequent maintenance.

In order to prevent and to eliminate process disturbances related to CT and logging cable damage it is necessary to implement a set of measures the list of which is given in Fig. 1.

There are several methods of equipping coiled tubing with a logging cable or its replacement in case of wear:

- running-in-hole of the CT and subsequent lowering of the logging cable into the CT;
- deploying the CT on the land surface and then hydraulically equipping the CT with the logging cable;
- using a cable injector combing mechanical pushing of the logging cable and hydraulic equipping if the CT is on the reel.

The logging cable was loaded both by running-in-hole of the CT and using a cable injector.

When loading the logging cable into the CT by running-in-hole the following drawbacks were identified:

- 1) low level of operational safety;
- 2) long duration of the operation (96 hours);
- 3) high financial costs of implementation;
- 4) additional wear of the CT during running in-hole and winding back onto the reel of the coiled tubing rig;
- 5) high risk level of the operation;
- 6) presence of a well which would be safe for running-in-hole with a depth exceeding the CT length by up to 5%.

In order to prevent and to eliminate process disturbances and safety issue during operations, specialists from Belorusneft using a set of equipment for loading the logging cable into the CT (a cable injector, Fig. 2) manufactured by Pskovgeokabel removed the damaged logging cable from the 50.8 mm CT (3700 m long) and then loaded a new logging cable (9.4 mm diameter) with metal armor and a length of 3760 m into the CT.

The equipment set for loading the logging cable into the CT manufactured by Pskovgeokabel is designed to equip the CT with the logging cable and replacement of the damaged cable by mechanically pushing the cable into the CT cavity and injection of high-velocity fluid flow (Fig. 3). The composition of the equipment set for equipping the CT with the logging cable is given in Fig. 4.

The equipment set includes a spooler (pay-off) [1],

- рабочая среда – вода;
- масса всего комплекта оборудования – 800 кг;
- привод кабельного инжектора – электрический;
- номинальное напряжение питания – 380 В;
- потребляемая мощность – 18 кВт;
- номинальная частота тока – 50 Гц;
- максимальная масса приемного барабана – 3800 кг.

\*Для других типоразмеров кабеля проводится замена сальникового устройства.

Режимно-технологические параметры заправки ГТ 50,8 мм геофизическим кабелем 9,4 мм приведены в табл. 1.

**Таблица 1 – Режимно-технологические параметры заправки геофизического кабеля 9,4 мм в ГТ 50,8 мм**

**Table 1 – Technological parameters of equipping the 50.9 mm CT with the 9.4 mm logging cable**

<b>Режимные параметры Operating parameters</b>	<b>Значение Value</b>
Давление нагнетания Injection pressure	20–25 МПа 20–25 MPa
Расход жидкости Fluid flow rate	5–10 л/с 5–10 l/sec
Скорость заправки кабеля Cable loading speed	5–12 м/мин 5–12 m/min

Общее время на выполнение работ по заправке геофизического кабеля в ГТ 50,8 мм с учетом сборки, настройки и разборки комплекта оборудования составило 48 часов.

Результаты работ с применением комплекта оборудования для оснащения ГТ геофизическим кабелем в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» показали:

1. Комплект оборудования (кабельный инжектор) работоспособен и предназначен для выполнения работ по заправке (извлечению) геофизического кабеля в ГТ.
2. В процессе работ обеспечен высокий уровень безопасности выполнения работ на отдельно отведенной площадке в сравнении с работами по заправке кабеля в спущенную в скважину ГТ.
3. Затраты времени на заправку ГТ геофизическим кабелем с применением кабельного инжектора в 2 раза меньше, чем при заправке кабеля в спущенную в скважину ГТ.
4. Кабельный инжектор позволяет: выполнять своевременный ремонт ГТ, оснащенной геофизическим кабелем; замывать необходимую дополнительную длину геофизического кабеля; снизить финансовые затраты на проведение работ по замене геофизического кабеля.

Если сравнивать существующие технологии

on which a reel (cable coil) is mounted [2] with the logging cable. Then the cable is placed into the compensator [3] of the cable tension control and stretched through the mechanical counter [4] which allows keeping track of the cable length loaded in the CT. Then the cable is fed through the stuffing box [5] into the cable injector [6]. The stuffing box ensures cable sealing when loading into the CT. The actuator of the cable injector is mounted and dismantled using a lifting beam with a hoist [7]. From the cable injector the cable goes through the cable accelerator [8] to ensure free movement of the cable through the CT. The working fluid (water) is fed into the CT through a manifold T-piece. The intensity of the flow through the cable accelerator is regulated by changing the pressure differential on the manually operated choke. The movement of the logging cable inside the CT is ensured by high-velocity fluid flow. The infiltrating fluid in the stuffing box is removed using a drainage line. To ensure support and same-level installation of the components of the equipment set a dismantlable metal frame is provided [9]. All the mechanisms of the equipment set and loading of the logging cable into the CT is controlled from the control panel [10].

Technical characteristics of the equipment set for equipping the CT with the logging cable:

- maximum working pressure – 70 MPa;
- \*diameter of the loaded cable – 9.4 and 10.2 mm;
- Maximum reeving speed – up to 50 m/min;
- working medium – water;
- total weight of the equipment – 8000 kg;
- drive of the cable injector – electric;
- rated supply voltage – 380 V;
- required power – 18 kW;
- rated current frequency – 50 Hz;
- maximum weight of the take-up reel – 3800 kg.

\*In case of other types and sizes of the cable the stuffing box is replaced.

Technological parameters of equipping the 50.8 mm CT with the 9.4 mm logging cable are given in Table 1.

The total duration of loading the logging cable into the 50.8 mm CT including assembly, adjustment and disassembly of the equipment set amounted to 48 hours.

Use of the equipment set for equipping the CT with the logging cable by Belorusneft produced the following findings:

1. The equipment set (the cable injector) is operational and is designed to load/remove the logging cable into/from the CT.
2. A high level of operational safety is ensured by using a dedicated site compared to cable loading into the run-in-hole CT.
3. Loading of the logging cable into the CT using the cable injector requires twice as little time as loading of the cable into the run-in-hole CT.
4. The cable injector makes it possible to perform timely maintenance of the CT equipped with the logging

заправки кабеля в ГТ, то станут очевидны преимущества технологии применения кабельного инжектора. С целью безопасного ведения работ, продления срока службы ГТ, снижения времени выполнения работ и сокращения финансовых затрат замену геофизического кабеля в ГТ предпочтительно производить с использованием кабельного инжектора. ©

cable; to lower the additional required length of the logging cable; to reduce financial costs for the replacement of the logging cable.

When compared to the existing methods of loading the cable into the CT the advantages of using a cable injector become apparent. To ensure operational safety, prolonged service life of the CT, reduction in the performance time and financial costs, it is preferable to replace the logging cable using a cable injector. ©