

УДК 681.5.015:621.64 (047.31)

В.Э. Борзых, Н.Г. Панфилова

Основы автоматизированного управления процессом протягивания трубопровода при его бестраншейной прокладке

Рассматривается процесс управления протягиванием трубопровода в стволе пробуренной скважины при его бестраншойной прокладке. Приведены недостатки существующей системы управления процессом протягивания трубопровода в скважине. Показана возможность повышения эффективности управления на основе применения вибрационных воздействий.

Ключевые слова: система управления, протягивание трубопровода в стволе скважины, бестраншная прокладка трубопровода, сила сопротивления, автоматизированное управление.

Важным этапом при бестраншной прокладке трубопровода [1, 2] является его протягивание в стволе пробуренной скважины, когда с помощью присоединенного к буровой штанге оголовка и вертлюга буровая установка затягивает плеть трубопровода в скважину. Результаты анализа сил сопротивления, фиксируемые при протягивании трубопровода в стволе пробуренной скважины [3], показывают, что они в ряде технологических операций (страгивание трубопровода, развинчивание и свинчивание буровых труб, нарощивание плетей трубопровода) превышают значения, определяемые на стадии проектирования, более чем в 2–5 раз, формируя напряжения, которые превышают в ряде случаев предел текучести материала труб. Последнее обстоятельство приводит к возникновению прихватов трубопровода, затраты на устранение которых могут достигать 10 млн руб. на каждые 100 м.

Предупреждение и ликвидация данных аварийных ситуаций связаны с необходимостью автоматизированного управления процессом протягивания трубопровода в скважине с учетом непрерывно меняющихся технических и технологических данных при бестраншной его прокладке. Главным управляющим воздействием в системе выступает человек-оператор.

Процесс протягивания трубопровода с точки зрения его управления можно представить схемой (рис. 1), где выходным параметром является тяговое усилие F_t , фиксируемое приборным комплексом бурового станка. Входными параметрами являются: состав бурового раствора X_1 , характеристики трубопровода X_2 , а также уровень балластировки трубопровода X_3 . Как правило, эти параметры задаются на стадии проектирования прокладки трубопровода и не отражают меняющихся технических и технологических параметров, условий протягивания трубопровода.

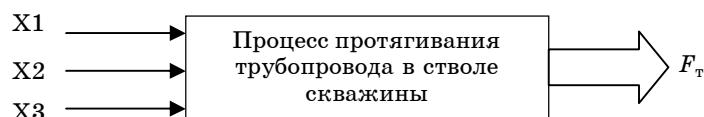


Рис. 1. Структурная схема существующей системы управления

Проведенные исследования влияния вибрационных воздействий на зону контакта трубопровода со стенками скважины [4] показали возможность автоматизированного управления накладываемых вибрационных воздействий с целью уменьшения сил сопротивления протягиванию трубопровода в стволе скважины. Для разрешения поставленной задачи управления построена вычислительная модель процесса протягивания трубопровода в стволе скважины [5]. Эта модель позволяет организовать численные эксперименты с целью определения величины управляющего воздействия с учетом не только представленных выше факторов, но и вибрационного воздействия.

Величина тягового усилия является выходным параметром системы управления процессом протягивания трубопровода в скважине. Она позволяет оператору, выступающему в роли элемента системы, с требуемой частотой либо с заданной величиной отклонения расчетного параметра от действительного, рассчитать значения управляющего воздействия на основе вычислительной модели процесса протягивания трубопровода в скважине. Функциональная схема управления протягиванием трубопровода в скважине с использованием вычислительной модели представлена на рис. 2.

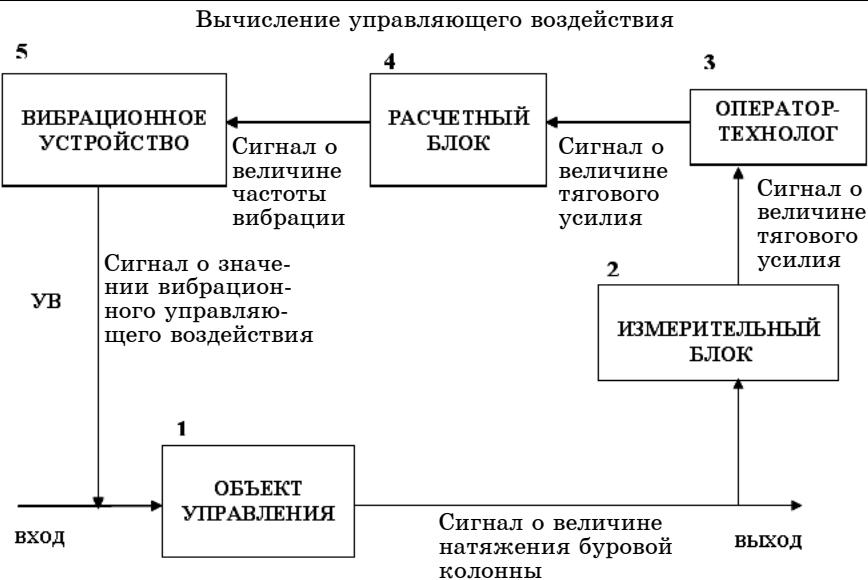


Рис. 2. Функциональная схема управления процессом протягивания трубопровода в стволе пробуренной скважины

Согласно схеме на рис. 2 величина тягового усилия, контролируемая измерительным блоком, вводится оператором в расчетный блок, содержащий вычислительную модель. На основе полученных расчетных данных о величине управляющего воздействия оператор воздействует на объект управления, минимизируя целевую функцию управления, которая имеет вид

$$F_c = f(K_{\text{адг}}, K_{\text{тр}}, S_{\text{конт}}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где F_c – сила сопротивления движению трубопровода в стволе скважины; $K_{\text{адг}}$ – коэффициент адгезионной составляющей силы сопротивления; $K_{\text{тр}}$ – коэффициент трения; $S_{\text{конт}}$ – площадь контакта трубопровода со стенками скважины.

С целью определения эффективности работы предложенной системы управления был проведен натурный эксперимент, в ходе которого стальной трубопровод диаметром 530 мм с толщиной стенки 12 мм и длиной 900 м, покрытый полипропиленовой пленкой, проталкивали в стволе скважины диаметром 640 м с использованием бурового раствора из глиноземистого порошка. По результатам эксперимента показана высокая эффективность работы автоматизированной системы управления с применением вибрационных воздействий в процессе протягивания трубопровода в стволе скважины. При начальном тяговом усилии 72 тс (рис. 3, а) и отсутствии вибрационного управляющего воздействия величина тягового усилия через 300 м (рис. 3, б) от начала перехода стала близка к нулю. При начальном тяговом усилии 72 тс (рис. 4, а) наложение вибрационного управляющего воздействия позволило снизить влияние сил сопротивления движению трубопровода в стволе скважины и через 300 м (рис. 4, б) от начала перехода величина тягового усилия уменьшилась всего на 1 т.

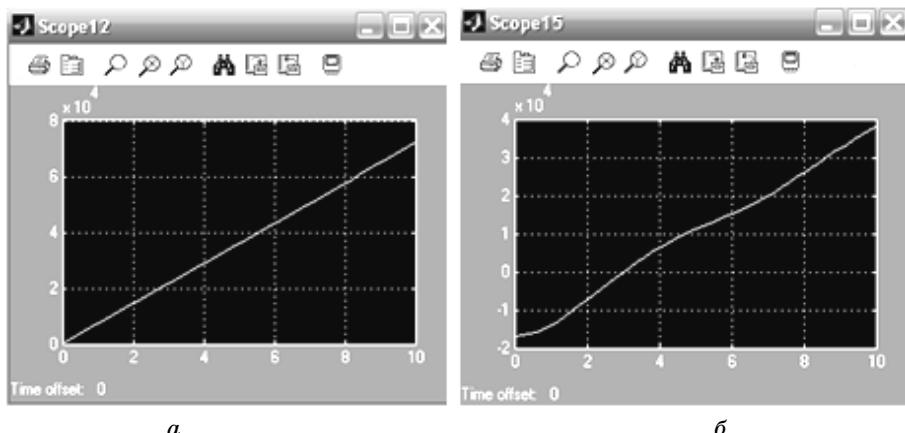


Рис. 3. Величина тягового усилия без наложения вибрационного воздействия в начале перехода (а) и через 300 м (б)

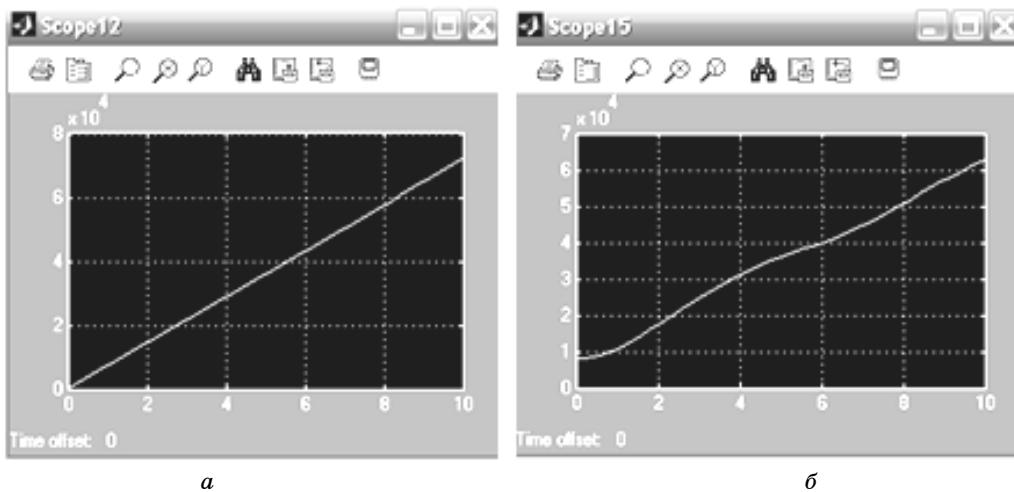


Рис. 4. Величина тягового усилия при наложении вибрационного воздействия величиной 100 Гц в начале перехода (а) и через 300 м (б)

Литература

- Булгакова И.П. Бестраншейная прокладка коммуникаций: учеб. пособие для вузов. – М.: Прессбюро, 2002. – 234 с.
- Рыбаков А.П. Основы бестраншевых технологий. Теория и практика. – М.: Прессбюро, 2005. – 302 с.
- Александров М.М. Взаимодействие колонны труб со стенками скважины. – М.: Недра, 1982. – 144 с.
- Панфилова Н.Г. Разработка математической модели взаимодействия трубопровода со стенками скважины // Известия вузов. Нефть и газ (Тюмень). – 2009. – № 3. – С. 72–75.
- Панфилова Н.Г. Разработка цифровой модели бестраншевой прокладки трубопровода с учетом его параметров и взаимодействия со стенками скважины // Матер. XVI Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов «Инновации. Интеллект. Культура». – Тюмень: ТюмГНГУ, 2008. – С. 135–137.

Борзых Владимир Эрнестович

Доктор физ.-мат. наук, профессор, зав. каф. автоматизации и вычислительной техники Тюменского государственного нефтегазового университета (ТюмГНГУ), г. Тюмень
Эл. адрес: borzykh@mail.ru

Панфилова Наталья Геннадьевна

Младший научный сотрудник кафедры автоматизации и вычислительной техники ТюмГНГУ
Тел.: (3452) 41-68-38
Эл. адрес: panfilovang@yandex.ru

V.E. Borzykh, N.G. Panfilova

Control of pipeline broaching process in trenchless technologies

There is a process of pipeline broaching in borehole with trenchless pipe driving. There are noted disadvantages of existing control system of pipe driving in borehole. There is an opportunity of increasing the control efficiency on the base of vibrations application.

Keywords: control system, pipeline broaching in borehole, trenchless pipe driving, resistance force, operative control.