

УДК 622.692

**ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОХОЖДЕНИЯ
ВНУТРИТРУБНЫХ ОБЪЕКТОВ****Ю. С. КРОТЕНОК**

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

В. В. КРОТЕНОК

*ОАО «Гомельтранснефть Дружба»,
Республика Беларусь*

Разработаны алгоритм и программа для контроллера идентификации внутритрубных объектов нефтепроводов. Устройства для идентификации прохождения очистных внутритрубных объектов были установлены на нефтепроводе ОАО «Гомельтранснефть Дружба» на КП 16, 59, 105 трассы «Мозырь–Адамово». Полученные результаты позволяют судить о высокой точности идентификации проходов внутритрубных устройств при использовании разработанной математической модели, алгоритма и устройства. Таким образом, применение разработанного устройства целесообразно на контрольных пунктах участков нефтепровода с высоким уровнем грунтовых вод, негативно влияющих на надежность работы ультразвуковых сигнализаторов, в качестве дублирующего.

Ключевые слова: измерительно-вычислительный комплекс, идентификация, внутритрубный объект, давление, контроллер, математическая модель, нефтепровод.

**MEASURING AND COMPUTATIONAL COMPLEX
FOR IDENTIFICATION OF THE PASSAGE
OF INNER TUBE OBJECTS****U. S. KROTENOK**

*Educational Institution “Sukhoi State Technical University
of Gomel”, the Republic of Belarus*

V. V. KROTENOK

OAO “Gomeltransneft Druzhba”, the Republic of Belarus

An algorithm and a program for the controller of identification of in-line objects of oil pipelines have been developed. The devices for identifying the passage of in-line treatment facilities were installed on the oil pipeline of OAO “Gomeltransneft Druzhba” at KPs 16, 59, 105 of the Mozyr–Adamovo highway. The results obtained make it possible to acknowledge the high accuracy of identification of passages of in-line devices using the developed mathematical model, algorithm and device. Thus, the use of the developed device is advisable at control points of oil pipeline sections with a high level of groundwater, which negatively affects the reliability of the operation of ultrasonic signaling devices as a backup.

Keywords: measuring and computational complex, identification, inner tube object, pressure, controller, mathematical model, oil pipeline.

Введение

Одной из причин снижения производительности магистральных нефтепроводов и роста затрат на перекачку является уменьшение внутреннего проходного сечения трубопровода в результате накопления на внутренней поверхности труб твердых

отложений, содержащихся в нефти (парафин, высоковязкие углеводороды, механические примеси, окалина и др.).

Общепринятый метод восстановления пропускной способности нефтепроводов – механическое удаление отложений с использованием внутритрубных очистных устройств (ВТУ) [1], [3], [5]. Типы внутритрубных устройств представлены на рис. 1.



Рис. 1. Типы внутритрубных устройств

Существует два способа идентификации: активный и пассивный. Активный способ требует крепления к ВТУ какого-либо излучателя (акустического, электромагнитного, магнитного, радиоактивного, механического и т. д.), сигнал которого детектируется приемником, установленным с внешней стороны трубы. В пассивном способе проход ВТУ контрольных точек фиксируется посредством специального оборудования, чаще всего ультразвуковых сигнализаторов. На рис. 2 представлена схема методов идентификации внутритрубных устройств.

Целью исследования является повышение надежности идентификации внутритрубных объектов методом анализа проходящего давления нефти.

Основная часть

В настоящий момент на нефтепроводе ОАО «Гомельтранснефть Дружба» преобладающим методом регистрации момента прохождения ВТУ контрольных пунктов (КП) является пассивный ультразвуковой метод [6]. Ультразвуковые сигнализаторы могут выходить из строя, формировать ложный сигнал прохождения ВТУ, а также терять свою функциональность. Потеря функциональности происходит в основном в паводковый или грозовой период. В этих ситуациях возникает необходимость использования дополнительного способа регистрации прохождения ВТУ. Перспективным представляется метод контроля прохождения ВТУ на основе анализа данных эксплуатации нефтепровода, фиксируемых и контролируемых системами АСУТП (расход, давление, вибрация и т. п.), с применением современных электронно-вычислительных средств.



Рис. 2. Методы идентификации внутритрубных устройств

В связи с этим был разработан измерительно-вычислительный комплекс для идентификации прохождения внутритрубного устройства (рис. 3), его практическая реализация представлена на рис. 4.

Основной частью измерительно-вычислительного комплекса является промышленный логический контроллер ОВЕН (ПЛК-160, ПЛК-110). Данный контроллер оснащен тремя аналоговыми входами AI1, AI2 и AI3, позволяющими производить регистрацию аналоговых сигналов давления одновременно от трех источников. Три дискретных выхода DO1, DO2 и DO3 позволяют выдавать дискретные сигналы в существующую систему телемеханики в момент прохождения ВТУ через КП. Через оборудование связи по протоколу Ethernet имеется возможность удаленного конфигурирования контроллера и мониторинга параметров в режиме реального времени. Также контроллер телемеханики осуществляет передачу полученных данных в центр обработки данных. К его дискретным входам DI1, DI2 и DI3 подключены дискретные выходы ПЛК-комплекса. Аналоговые датчики давления РТ1, РТ2, РТ3 установлены на первой, второй и третьей нитке нефтепровода соответственно. Вывод аналоговой информации происходит в режиме «токовой петли» 4–20 мА [7].

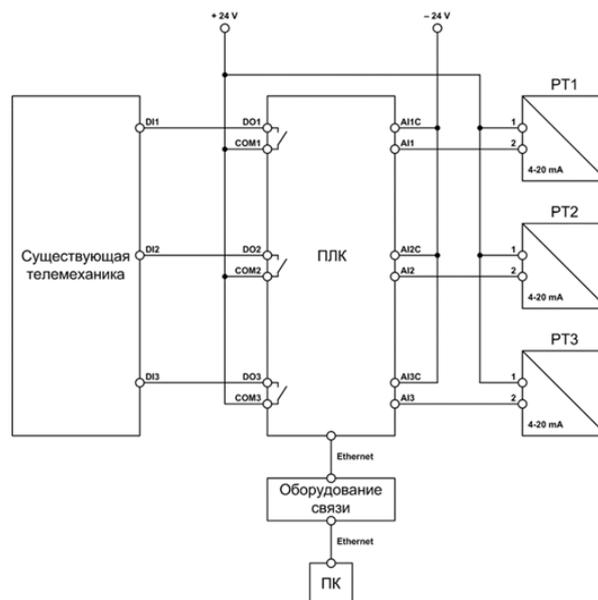


Рис. 3. Структурная схема архитектуры измерительно-вычислительного комплекса



Рис. 4. ОВЕН ПЛК-160 в шкафу ТМ АСУТП КП16 участка нефтепровода «Мозырь–Брест»

Для разработки программного алгоритма, его тестирования и записи в контроллер (ПЛК-160) применяется среда разработки CoDeSys 2.3. Основой комплекса CODESYS является среда разработки прикладных программ для программируемых логических контроллеров (алгоритмический язык ST – Structured Text). Программа CoDeSys 2.3 распространяется бесплатно и может быть без ограничений установлена на нескольких рабочих местах.

На алгоритмическом языке программирования ST реализована модель идентификации прохождения очистного внутритрубного объекта, основа которой заключается в сглаживании цифровых данных скользящим усреднением:

$$y(x) = \begin{cases} \frac{\sum_{j=0}^i x_j}{i+1}, & \text{если } i < b; \\ \frac{\sum_{j=i-b+1}^i x_j}{b}, & \text{если } i \geq b, \end{cases}$$

где b – окно скользящего усреднения; x_i – вектор данных давления.

Далее определяется численная производная:

$$f'(y_0) = \frac{df}{dy} = \lim_{dy \rightarrow 0} \frac{f(y_0 + dy) - f(y_0)}{dy} = \frac{f(y_0 + \Delta y) - f(y_0)}{\Delta y}.$$

Графическая интерпретация результатов сглаживания и определения производной представлена на рис. 5. Параллельно определяется перепад давления, создаваемый движением очистного устройства при его прохождении.

Критерием идентификации служит логическое условие попадания в диапазон перепада давления и поиск максимальной скорости изменения давления в момент прохождения ВТУ. Фрагмент листинга программы на языке ST представлен на рис. 6.

Устройства для идентификации прохождения очистных внутритрубных объектов в настоящее время установлены на нефтепроводе ОАО «Гомельтранснефть Дружба» на КП 16, 59, 105 трассы «Мозырь–Адамово».

Результаты работы устройств представлены в табл. 1–3.

Полученные результаты позволяют говорить о высокой точности идентификации проходов ВТУ. Таким образом, применение разработанного измерительно-вычислительного комплекса целесообразно для КП участков нефтепровода с высоким уровнем грунтовых вод, негативно влияющих на надежность работы ультразвуковых сигнализаторов, в качестве дублирующего.

Таблица 1

Информация об идентификациях проходов ВТУ разработанным комплексом и штатными ультразвуковыми датчиками для КП16

Месяц	Дата прохода	Ультразвуковые датчики		Измерительно-вычислительный комплекс	
		Зафиксировано	Не зафиксировано	Зафиксировано	Не зафиксировано
Июнь	14.06.2017	3	0	3	0
Июль	07.07.2017	3	0	3	0
Сумма	–	6	0	6	0

Таблица 2

Информация об идентификациях проходов ВТУ разработанным комплексом и штатными ультразвуковыми датчиками для КП59

Месяц	Дата прохода	Ультразвуковые датчики		Измерительно-вычислительный комплекс	
		Зафиксировано	Не зафиксировано	Зафиксировано	Не зафиксировано
Март	17.03.2017	3	0	3	0
Апрель	14.04.2017	3	0	3	0
Июнь	15.06.2017	3	0	3	0
Июль	07.07.2017	3	0	3	0
Сумма	–	12	0	12	0

Таблица 3

Информация об идентификациях проходов ВТУ разработанным комплексом и штатными ультразвуковыми датчиками для КП105

Месяц	Дата прохода	Ультразвуковые датчики		Измерительно-вычислительный комплекс	
		Зафиксировано	Не зафиксировано	Зафиксировано	Не зафиксировано
Июнь	15.06.2017	3	0	3	0
Июль	08.07.2017	3	0	3	0
Сумма	–	6	0	6	0

Заключение

Полученные результаты позволяют судить о высокой точности идентификации проходов ВТУ при использовании разработанной математической модели, алгоритма и устройства. Таким образом, применение разработанного устройства целесооб-

разно на КП участков нефтепровода с высоким уровнем грунтовых вод, негативно влияющих на надежность работы ультразвуковых сигнализаторов в качестве дублирующего.

Практическая значимость разработанного устройства заключается в повышении надежности идентификации ВТУ путем сохранения работоспособности системы определения прохождения ВТУ.

Экономическая значимость заключается в сокращении материальных затрат, связанных с устранением неисправностей ультразвуковых сигнализаторов.

Литература

1. Новоселов, В. Ф. Трубопроводный транспорт нефти и газа. Перекачка вязких и застывающих нефтей. Специальные методы перекачки / В. Ф. Новоселов, А. А. Коршак. – Уфа : Уфим. нефтяной ин-т, 1986. – 108 с.
2. Абузова, Ф. Ф. Техника и технология транспорта и хранения нефти и газа / Ф. Ф. Абузова, Р. А. Алиев, В. Ф. Новоселов. – М. : Недра, 1992. – 201 с.
3. Очистной скребок СКР1 : паспорт. – Томск : Томскнефтехимиздат, 2002. – 21 с.
4. Очистное устройство с калибровочным блоком ОУ-П : паспорт устройства. – Томск : Томскнефтехимиздат, 2000. – 23 с.
5. Очистные поршни для трубопроводов : информ. бр. – Уфа : Диаскан, 2010. – 27 с.
6. Шумаилов, А. С. Исследование ультразвукового метода контроля прохождения очистных устройств и автономных приборов в трубопроводном транспорте / А. С. Шумаилов. – Уфа : ВНИИСПТнефть, 1983. – 180 с.
7. Руководство по эксплуатации контроллеров ОВЕН ПЛК 160. – М. : ОВЕН, 2015. – 3 с.
8. Modbus // Википедия. – 2016. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Modbus>. – Дата доступа: 14.12.2016.
9. Инструкция по очистке магистральных нефтепроводов ОАО «Гомельтранснефть Дружба» от 19.01.2015 г. № 08-1-2015.

Получено 29.11.2020 г.