

Научно-технический журнал  
«НАУКА И ТЕХНИКА  
В ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»  
издается с 1999 г.

Учредитель



ООО «Газпром проектирование»

Включен в перечень ВАК  
Министерства образования и науки РФ  
ведущих рецензируемых научных журналов  
и изданий, в которых должны быть  
опубликованы основные научные результаты  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора и кандидата наук  
(25.00.12, 2.8.2, 2.8.4, 2.8.5)

### Главный редактор

Заместитель Председателя Правления –  
начальник Департамента ПАО «Газпром»,  
член-корреспондент РАН,  
доктор технических наук

### О.Е. Аксютин

#### НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ

**Ответственный редактор**  
Е.Д. Нащокина

**Редактор**  
Н.В. Воронкова

**Оформление  
и компьютерная верстка**  
Д.А. Буров

**Перевод, корректура**  
О.Б. Королева

191036, г. Санкт-Петербург,  
Суворовский пр. 16/13  
ООО «Газпром проектирование»  
Тел.: (812) 578-79-97,  
E-mail: enaschekina@proektirovanie.gazprom.ru  
[https://наука-и-техника.  
газпромпроектирование.рф/](https://наука-и-техника.газпромпроектирование.рф/)

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе  
по надзору в сфере связи,  
информационных технологий  
и массовых коммуникаций  
от 17.10.2017 ПИ № ФС77-71364

Подписано в печать 17.11.2022  
Уч.-изд. л. 12,0  
Тираж 300 экз.

Подписной индекс  
по объединенному каталогу  
«Пресса России» 39919  
Выходит 4 раза в год  
Составление, оформление  
ООО «Газпром проектирование», 2022  
Отпечатано в ООО «Типография Мы Рядом»

Цена свободная

Перепечатка материалов  
или их фрагментов, все виды  
копирования и воспроизведения  
возможны только с письменного  
разрешения редакции.  
Ссылка на научно-технический  
журнал «Наука и техника в газовой  
промышленности» обязательна

### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

**Л.А. Абукова**, д.г.-м.н.  
**Р.В. Агиней**, д.т.н., профессор  
**Д.Г. Антониади**, д.т.н., профессор  
**В.А. Вагарин**, к.ф.-м.н.  
**А.И. Гриценко**, д.т.н., чл. – корр. РАН  
**А.Н. Дмитриевский**, д.г.-м.н., академик РАН  
**О.М. Ермилов**, д.т.н., академик РАН  
**А.И. Ермолаев**, д.т.н., профессор

**А.Г. Ишков**, д.х.н., профессор  
**В.Н. Маслов**, д.т.н.  
**А.С. Оганов** д.т.н., профессор  
**В.В. Рыбальченко**, к.г.-м.н.  
**Е.А. Спиридович**, д.т.н., с.н.с.  
**З.З. Шарафутдинов**, д.т.н.  
**Л.В. Эдер**, д.э.н., профессор

# СОДЕРЖАНИЕ №4, 2022

## Тема номера: Газовая наука и инновации Main Topic: Gas Science and Innovation

- 3 **Аксютин О.Е.**  
Инновации — необходимость или дань моде?
- 14 **Шарипов Ш.Г., Романенков П.Г., Шепшелевич Е.С.**  
Цифровизация как главный инструмент  
эффективного управления бизнес-процессами  
предприятия
- 25 **Варфоломеев Е.В., Марьин О.В.,  
Быков Д.А., Гильдерман С.А.**  
Прогнозирование направлений  
технологического развития и масштабов  
энергетического перехода в газовой промышленности

## СТРОИТЕЛЬСТВО СКВАЖИН WELLS CONSTRUCTION

- 37 **Гасумов Р.А., Минченко Ю.С., Дружинина И.В.,  
Шемелина О.Н., Шестерикова Р.Е.**  
Оптимизация состава бурового раствора для проводки  
скважин в интервалах разупрочненных горных пород  
на основе математического метода анализа иерархий

## РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ДОБЫЧА УГЛЕВОДОРОДОВ FIELDS DEVELOPMENT AND HYDROCARBON PRODUCTION

- 44 **Слугин П.П., Ягафаров И.Р., Запелов Д.Н.,  
Вагапов Р.К., Ибатуллин К.А.**  
Анализ коррозионных факторов воздействия  
промысловых сред газосборного коллектора  
по сравнительным результатам комплекса данных  
(на примере объектов ачимовских отложений  
Уренгойского НГКМ)
- 52 **Михайловский А.А., Чугунов А.В.,  
Сарсенова А.А., Кисметов А.Ж.**  
Эффективные технологии завершающих периодов  
разработки газоконденсатных месторождений в  
неоднородных низкопроницаемых коллекторах

- 61 **Амшинов Л.М., Земзюлин Е.В., Ермолаев С.А.,**  
Алгоритмы оптимизации дебитов скважин,  
эксплуатирующих низкопроницаемые  
газоконденсатные залежи

**МАГИСТРАЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ УГЛЕВОДОРОДОВ  
LONG-DISTANCE GAS TRANSMISSION**

- 67 **Бубенчиков М.А., Антипов В.Б.**  
О возможности осушки газопровода при помощи  
микроволнового излучения
- 82 **Антонов А.Ю., Васильева С.В., Рубцов В.С.,  
Тутнов И.А., Шпара И.А.**  
Метод схематизации дефектов в кольцевых сварных  
соединениях трубопроводов

**ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ  
PROCESSING OF HYDROCARBON FEEDSTOCK**

- 90 **Сазанович В.В., Нагаева С.Н., Семенова Е.А.**  
Применение косвенного метода измерения перепада  
давления ректификационных колонн горючих  
жидкостей

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
ENVIRONMENTAL AND INDUSTRIAL SAFETY**

- 97 **Моргунов Б.А., Чащин В.П., Попова О.Н.,  
Гудков А.Б., Чащин М.В.**  
Экологические последствия использования  
природного газа в качестве моторного топлива  
в течение жизненного цикла автомобиля

**АВТОРЫ  
AUTHORS**

**ABSTRACTS IN ENGLISH**

УДК 62-52

**Сазанович В.В.**, ПАО «Сургутнефтегаз»,  
**Нагаева С.Н.**, Сургутский институт нефти и газа, филиал ТИУ,  
**Семенова Е.А.**, Сургутский НИПИ, ПАО «Сургутнефтегаз»

## Применение косвенного метода измерения перепада давления ректификационных колонн горючих жидкостей

**Ключевые слова:** дезанизатор, ректификационная колонна, газоперерабатывающий завод, датчик дифференциального давления, контроллер, автоматизация, промышленная безопасность

На современном этапе особая роль отводится изучению и внедрению множества химических и термических методов усовершенствования переработки углеводородного сырья с целью получения из нефти большего количества светлых нефтепродуктов. В частности, применяют ректификацию. Метод ректификации широко используют в промышленности как для полного разделения смесей летучих жидкостей, так и для частичного или целиком растворимых одной в другой.

В статье рассматривается проблема доведения норм эксплуатации ректификационных колонн газоперерабатывающих заводов (ГПЗ), эксплуатируемых с 70-х 80-х годов XX века, к современным правилам и нормам. В частности, предлагается оригинальное решение вопроса по измерению перепада давления между верхней и нижней частями колонны с помощью датчика дифференциального давления.

В 60–80-е годы прошлого столетия началось активное освоение Западной Сибири. Обустраивались нефтяные месторождения, строились вахтовые поселки и города с сопутствующей инфраструктурой. К сожалению, начиная с тяжелых 90-х отечественное машиностроение в области нефтегазового сектора, пережив большие потери, так и не смогло возродиться. Оборудование многих предприятий и газоперерабатывающих заводов (ГПЗ) в том числе практически не модернизировалось, однако требования к эксплуатации многих установок ужесточались. На сегодняшний момент на многих ГПЗ Западной Сибири выявляется ряд проблем, как в области эффективной эксплуатации установок, так и в области систем пожаротушения и требований промышленной безопасности.

Согласно действующим Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывоопасных химических, нефтехимических нефтеперерабатывающих производств», утвержденным приказом Ростехнадзора от 11.03.2013 г., № 96, п. 4.3.3, к ректификационным

колоннам появилось дополнительное требование, отсутствовавшее ранее: «Колонны ректификационные горючих жидкостей должны быть оснащены средствами сигнализации об опасных отклонениях значений параметров, в том числе перепада давления между верхней и нижней частями колонны, определяющих взрывобезопасность процесса» [1]. В этой связи возникает объективная необходимость решения проблемы: каким образом оптимизировать устаревшее оборудование с учетом вновь введенных требований, предъявляемых в области промышленной безопасности.

Методика решения проблемы. В нашей работе решение проблемы рассматривается на примере ректификационной колонны – деэтанизатора М-117 ГПЗ Западно-Сургутского месторождения, расположенного в Сургутском районе, поселок Солнечный.

Основные данные колонны М-117: высота 33070 мм, максимальное давление внутри колонны 3,25 МПа, год ввода в эксплуатацию – 1980 г. На рисунке 1 представлено схематическое изображение колонны М-117 с условным обозначением контролируемых параметров колонны на дату ввода в эксплуатацию, обозначение датчиков и приборов автоматизации приведены согласно требованиям к функциональным схемам автоматизации автоматизированных систем управления технологическими процессами [2].

Самым простым решением проблемы является монтаж датчика дифференциального давления (обозначение на схемах автоматизации PDT – Pressure Different Transmitter), предназначенный для измерения перепада давления [3].

Однако, у данного способа измерения перепада давления на ректификационных колоннах имеется существенный недостаток. Например, на ГПЗ Западно-Сургутского месторождения к колонне подключен датчик перепада давления фирмы Rosemount, серия 3051CD (рис. 2).

Измерение перепада давления происходит следующим образом. Датчик перепада давления (1) имеет внутри себя мембрану с двумя камерами давления. В одну камеру передается давление верху колонны, в другую – низа. Передача давления осуществляется при открытых вентилях запорных устройств 2 и 4 через импульсные линии

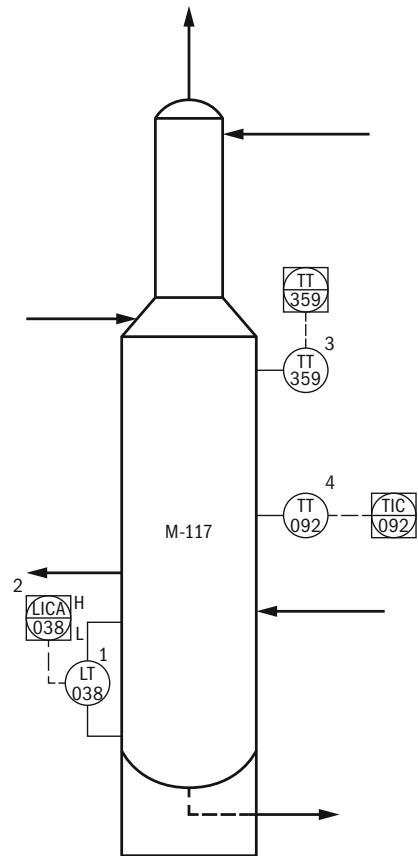


Рис. 1. Схематическое изображение колонны М-117 со средствами контроля параметров (с контрольно-измерительными приборами) на дату ввода в эксплуатацию:  
1 – датчик измерения уровня жидкости LT-038;  
2 – прибор (контроллер) LICA-038; 3,4 – датчики измерения температуры TT-369 и TT-092

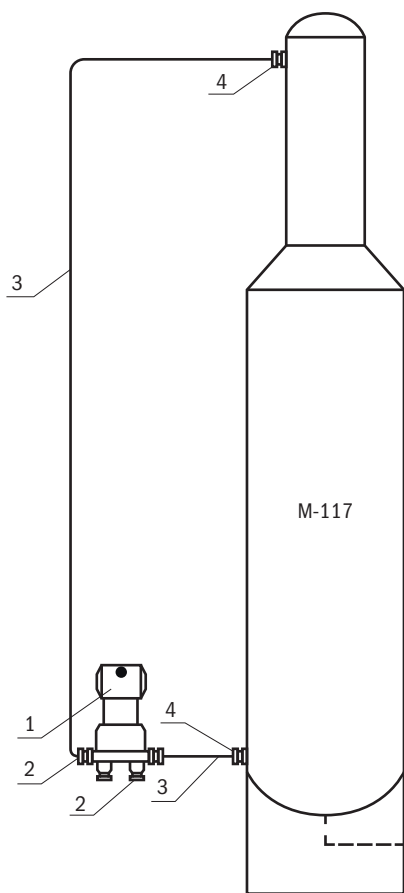


Рис. 2. Подключение датчика перепада давления к колонне ректификационной: 1 - датчик перепада давления 3051CD; 2, 4 - запорное устройство; 3 - труба (импульсная линия)

зующим из диаметров является диаметр 12 мм.

С учетом климатических условий Западно-Сургутского месторождения, в которых в зимний период времени происходят понижения температуры до минус 60°C, эксплуатация длинных импульсных линий малого диаметра сопряжена со всевозможными рисками. К подобным рискам относятся деформация трубок, связанная с перепадами температур в летний и зимний периоды; закупорка линий от коррозионных отложений, образования и замораживания конденсата в зимний период времени – появление конденсата (воды) явление неизбежное, связанное с чисткой и пропаркой колонн в период ремонтных работ, а также из-за остаточного их нахождения в углеводородных жидкостях, проходящих через колонны.

Для устранения побочных эффектов длинных импульсных линий предлагается воспользоваться плодами развития микропроцессорной техники, а именно

3. Из-за разницы давлений внутри датчика происходит деформация мембраны в сторону камеры низкого давления, преобразующееся в числовые значения и передающиеся в контроллер системы управления с последующим отображением на мониторе оператора. В камеру низкого давления подается давление верха колонны P1, представляющее собой давление газов колонны. В камеру высокого давления подается давление низа колонны, являющееся суммой давлений столба жидкости в колонне и газов – P2. На выходе из датчика появляются значения, прямо пропорционально соответствующие перепаду давления внутри колонны:

$$\Delta P = P_2 - P_1 \quad (1)$$

Таким образом, самым большим недостатком общепринятого метода измерения перепада давления для ректификационных колонн является сама высота колонн. В частности, высота деэтанизатора М-117 составляет более 33 метров (33070 мм). Датчики перепада давления монтируются на уровне низа колонн и ёмкостей, соответственно, длина импульсной линии до верха колонны, с учетом горизонтальных участков будет составлять около 35 метров. Для передачи импульса давления для датчиков перепада давления применяются трубы диаметром от 10 до 15 мм, самым исполь-



получать показания значений перепада давления не по месту установки датчика возле колонны с передачей с него показаний в контроллер, установленный дистанционно, а производить перерасчет показаний непосредственно в контроллере [4].

Поскольку перерасчет будет происходить дистанционно, следовательно, можно отказаться от установки датчика перепада давления и заменить его другими средствами автоматизации, передающими показания для перерасчета значений. Для этого заменим один датчик перепада давления двумя простыми датчиками давления (рис. 3). Можно также воспользоваться датчиками избыточного давления серии 3051TG фирмы Rosemount.

*PDIA* – буквенное обозначение контроллера на рис. 3, расшифровка: *P* – Pressure – давление; *D* – Different – дифференциальное, то есть, высчитывающий разницу между давлениями – перепад; *I* – Indication – индикация – передача информации о перепаде давления на монитор оператора; *A* – Alarm – сигнализация – совместно с информацией о перепаде давления производит сигнализацию (звуковую или с отображением на мониторе) о достижении в колонне предельных нижних и верхних значений перепада давления.

На ГПЗ Западно-Сургутского месторождения расстояние от колонны до операторной, в которой расположены шкафы контроллеров, составляет 250 м, длина кабельных линий связи – 300 м. Принцип работы датчиков давления заключается в том, что в отличие от датчиков перепада давления у них имеется всего одна камера давления, через которую осуществляется воздействие давления рабочих жидкостей или газов на мембрану, изгиб мембраны прямо пропорционален давлению,

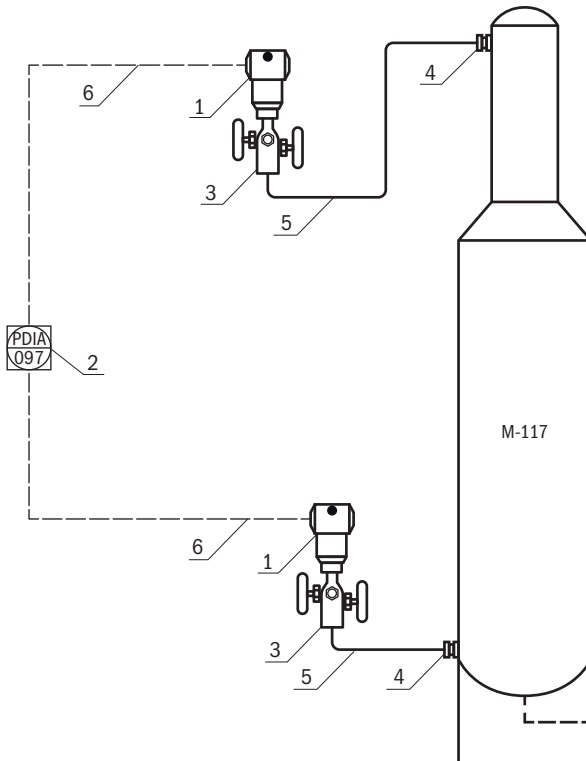


Рис. 3. Подключение датчиков давления к колонне ректификационной и к контроллеру системы управления: 1 – датчик давления 3051TG; 2 – прибор (контроллер) PDIA; 3,4 – запорные устройства; 5 – труба (импульсная линия); 6 – кабельная линия связи.

аналогично значению давления пропорционален токовый сигнал, выходящий из датчика и передающийся по кабельным линиям в контроллер. Контроллер получает два сигнала – от датчика давления верха колонны  $P_1$ , равный давлению газов верха колонны, и от датчика давления низа колонны  $P_2$ , равный сумме давлений газов  $P_1$  и жидкости в колонне  $P_ж$ .

Получая параметры давлений от датчиков давления контроллер математическим методом производит вычитание из значений нижнего давления значения верхнего по формуле 1.

То есть, применив вместо одного датчика перепада давления (3051CD) два датчика давления (3051TG), мы также выполняем требования «Общих правила взрывобезопасности для взрывоопасных химических, нефтехимических нефтеперерабатывающих производств» к колоннам ректификационным в части контроля перепада давления.

Внешний вид датчика перепада давления 3051CD приведен на рис. 4. Пробками в нижней части датчика закрыты входы в камеры низкого и высокого давления.

Внешний вид датчика давления 3051TG приведен на рис. 5.



Рис. 4. Датчик перепада давления 3051CD



Рис. 5. Датчик давления 3051TG

Схематическое изображение колонны М-117 с условным обозначением контролируемых параметров колонны с добавленными датчиками давления и контроллером представлена на рис. 6.

Цифровые обозначения позиций взяты из общей технологической схемы ГПЗ Западно-Сургутского месторождения. Дополнительные буквенные обозначения *H*, *L*, указанные справа от контроллера PDIA097, говорят о том, что контроллер сигнализирует о предельном верхнем значении перепада давления – *H* (High) и предельном низком – *L* (Low).

Дополнительно, поскольку контроллер производит перерасчет давления между низом и верхом колонны, то по факту получается, что перепад давления в колонне равен давлению жидкости этой колонны, то есть:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = (P_1 + P_{ж}) - P_1 = P_{ж} \quad (2)$$

где  $P_1$  – давление верха колонны (давление газов),

$P_2$  – давление низа колонны (сумма давлений газов  $P_1$  и жидкости  $P_{ж}$ ).

Зная давление жидкости  $P_{ж}$ , плотность жидкости  $\rho$  (в зависимости от жидкости, находящейся в колонне [5]), можно воспользоваться формулой гидростатического давления столба жидкости:

$$P_{ж} = \rho g h \quad (3)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ,

$h$  – высота столба жидкости, м.

Из формулы 3 получаем:

$$h = \frac{P_{ж}}{(\rho g)}, \quad (4)$$

То есть, зная необходимые параметры, можно с помощью контроллера произвести вычисления высоты столба жидкости, тем самым можно осуществить дублирование параметров датчика уровня жидкости, в частном случае для колонны М-117, дублирование параметров датчика уровня LT-038.

Заключение. Таким образом, установка датчика перепада давления на ректификационной колонне – дезтанизаторе М-117 ГПЗ Западно-Сургутского

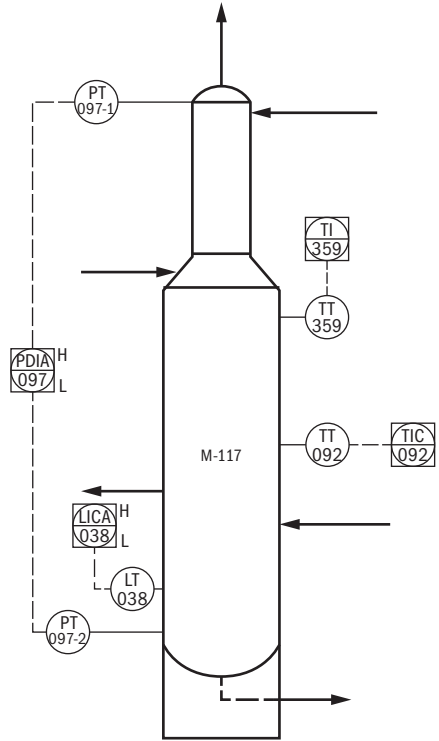


Рис. 6. Схематическое изображение колонны М-117 с дополнительно установленными датчиками давления PT097-1, PT097-2 и контроллером PDIA097



месторождения является самым оптимальным решением для реализации дополнительных требований Ростехнадзора от 11.03.2013 г. Существенным плюсом в применении двух датчиков является то, что каждый из датчиков можно монтировать в непосредственной близости от отборов давления на колонне, тем самым сократив длины импульсных линий до 0,5–1 м, что существенно сокращает процесс обслуживания и защиты линий от воздействий внутренних технологических и внешних окружающих сред, то есть – отказаться от линии длиной 33 метров.

## Библиография

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывоопасных химических, нефтехимических нефтеперерабатывающих производств». Серия 09. Выпуск 37.– 2-е изд., доп. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2013. 126 с.
2. ГОСТ 21.208–2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. Введ. 2014–11–01. М.: Стандартинформ, 2015. 31 с.
3. Раннев Г.Г. Методы и средства измерений / Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. М.: Академия, 2008. 336 с.
4. Раннев Г.Г. Интеллектуальные средства измерений / Г.Г. Раннев. М.: Академия, 2011. 272 с.
5. ГОСТ Р 52087–2003. Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия. Введ. 2004–07–01. М.: Госстандарт России, 2003. 11 с.



## **Учредитель журнала «Наука и техника в газовой промышленности»**

ООО «Газпром проектирование» — 100-процентное дочернее общество ПАО «Газпром», сочетающее в себе передовые технологии и более чем 70-летний опыт, накопленный ведущими институтами Группы «Газпром» в сфере проектирования для нефтегазовой отрасли России. «Газпром проектирование» — это компания, способная предоставить заказчикам полный цикл услуг: от сбора исходных данных и проектно-изыскательских работ до государственной экспертизы и авторского надзора. В партнерстве с ведущими проектными институтами России «Газпром проектирование» формирует качественно новый уровень на рынке проектных услуг, ориентируясь на передовой мировой и отечественный опыт.

Тел.: +7 (812) 578-79-97

Факс: +7 (812) 578-79-97

Адрес: 191036, г. Санкт-Петербург,  
Суворовский пр. 16/13

[www.proektirovanie.gazprom.ru](http://www.proektirovanie.gazprom.ru)

