

УДК 608

**АВТОМАТИЗАЦИЯ АБСОРБЦИОННОГО МЕТОДА ОСУШКИ  
ПРИРОДНОГО ГАЗА**

**Силаев А.А.,***кандидат технических наук,**Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ,**Россия, г.Волжский***Беспалько Н.А.***студент,**Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ,**Россия, г.Волжский***Аннотация**

Данная работа посвящена обзору технических средств автоматизации процесса абсорбционной осушки природного газа. Рассмотрен технологический процесс, определены контролируемые и регулируемые параметры. Предложены технические средства автоматизации для построения АСУ ТП рассматриваемого технологического процесса.

**Ключевые слова:** Автоматизация, осушка газа, абсорбция, контролируемые и регулируемые параметры, технические средства автоматизации.

**AUTOMATION OF THE ABSORPTION METHOD OF NATURAL GAS  
DRYING**

**Silaev A. A.,***Candidate of Technical Sciences,**Volzhsky Polytechnic Institute (branch) of Volgograd State Technical University,*

*Russia, Volzhsky*

***Bespal'ko N.A.,***

*Student,*

*Volzhsky Polytechnic Institute (branch) of Volgograd State Technical University,*

*Russia, Volzhsky*

### **Annotation**

This work is devoted to the review of technical means of automation of the process of absorption drying of natural gas. The technological process is considered, controlled and adjustable parameters are determined. Technical automation tools are proposed for the construction of an automated process control system for the process under consideration.

**Keywords:** automation, gas drying, absorption, controlled and regulated parameters, technical automation tools.

### **Актуальность, важность очистки природного газа**

После извлечения из недр земли природный газ содержит в себе нежелательные компоненты, в том числе воду в капельном и парообразном виде. Влагосодержание в газе строго регламентируется, так как высокое содержание влаги ведет к образованию в технологических системах гидратов, ведущих к закупориванию контрольно-измерительных средств и запорной арматуры. Поэтому процессу осушки газа уделяется особое внимание при его транспортировке.

Перед транспортировкой природный газ подвергается механической очистке и осушке. Общие требования к подготовленному газу таковы:

- суммарная остаточная запыленность природного газа не должна превышать  $1 \text{ мг/м}^3$ ;

- полное отсутствие капельной влаги;
- точка росы должна быть ниже минимальной рабочей температуры газа в магистральном газопроводе.

### Описание технологического процесса

Существует несколько способов осушки газа: абсорбционный, адсорбционный, в схеме низкотемпературной конденсации и сепарации. Абсорбционная осушка газа жидкими поглотителями получила наибольшее распространение в газовой промышленности ввиду относительно небольших капиталовложений и эксплуатационных расходов. В качестве поглотителей, абсорбентов, используются гликоли: диэтиленгликоль и триэтиленгликоль. На рисунке 1 представлена принципиальная схема абсорбционной установки<sup>1</sup>.

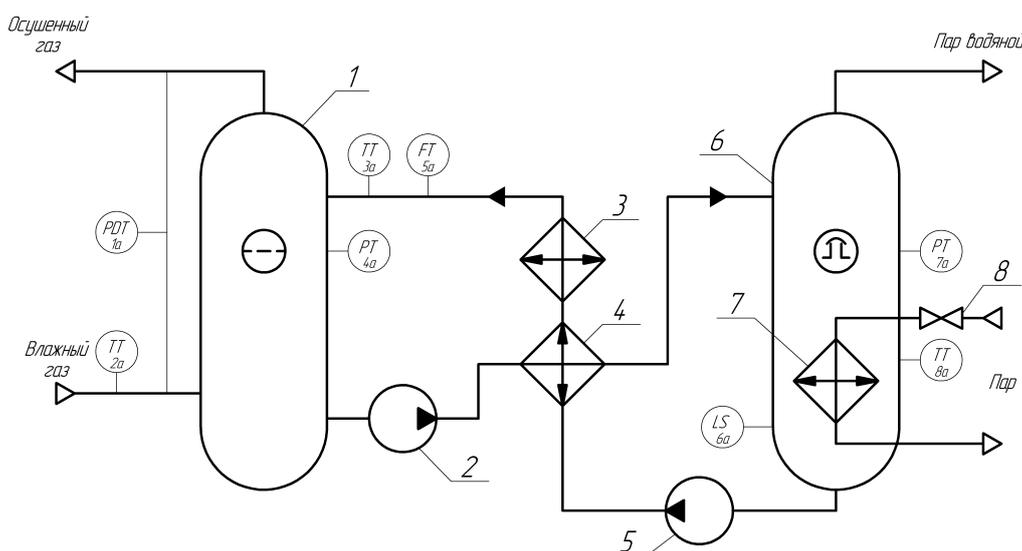


Рис. 1 – Принципиальная схема осушки газа абсорбционным методом: 1 – абсорбер; 2, 5 – насосы; 3, 4, 7 – теплообменники; 6 – десорбер; 8 – регулирующий клапан

Процесс осушки абсорбционным методом осуществляется следующим образом. В абсорбер 1 через скрубберную секцию поступает влажный газ давлением до 9 МПа, где он очищается от крупных капель жидкости. Далее газ

<sup>1</sup> Составлено авторами на основе [9]

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

поднимается вверх и проходит через ситчатые тарелки, где барботирует через раствор абсорбента. Осушенный таким образом газ через верхнюю скрубберную секцию, освобождаясь от капель раствора, направляется в газопровод.

Оставшаяся часть схемы установки предназначена для регенерации раствора абсорбента. Его отбор происходит с нижней тарелки абсорбера посредством насоса 2. Пройдя через теплообменник 4, он частично нагревается уже регенерированным раствором абсорбента и попадает в десорбер 6, где стекает в его нижнюю часть – кипятильник, в котором расположен подогреватель 7. После нагрева в кипятильнике содержание абсорбента в растворе повышается с 96% до 99% по массе за счет сдвига равновесия газ – жидкость в сторону уменьшения растворимости газа, а высвободившаяся влага удаляется из регенератора. Далее подогретый регенерированный раствор абсорбента собирается на нижней глухой тарелке десорбера и направляется на повторное использование через теплообменник–рекуператор и охладитель 3. Регулирование температуры в кипятильнике осуществляется через дросселирующий клапан 8.

Глубина осушки газа, следовательно, и его качество зависит от оптимальных условий работы абсорбционной установки. Для этого необходимо поддерживать параметры процесса в пределах допустимых значений. В таблице 1 и 2 приведены оптимальные контролируемые и регулируемые параметры.

Таблица 1 – Контролируемые параметры

№	Наименование параметра	Допустимые значения
1	Перепад давления газа в абсорбере (1)	не более 5 кПа
2	Температура газа на входе в абсорбер (2)	от +10 до +20 °С
3	Температура насыщенного раствора абсорбента на входе в абсорбер (3)	от +15 до +25 °С
4	Давление газа в абсорбере (4)	от 4,5 до 8 МПа
5	Давление газа в десорбере (7)	от 0,4 до 0,6 МПа

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Таблица 2 – Регулируемые параметры

№	Наименование параметра	Допустимые значения
1	Расход раствора абсорбента на подачу в массообменную часть абсорбера (5)	от 1,5 до 2,5 м <sup>3</sup> /ч
2	Уровень раствора абсорбента на глухой тарелке десорбера (6)	от 0,2 до 0,7 м
3	Температура кипятильника в десорбере (8)	от +130 до +150 °С

Поддержание этих параметров при заданных значениях позволяет получить осушенный газ требуемого качества.

### Описание рекомендуемых технических средств автоматизации

Для построения рассматриваемой АСУ ТП абсорбционной осушки газа необходимо использовать технические средства автоматизации, обладающие высокой надежностью, требуемой точностью, взаимозаменяемостью, простотой в монтаже и настройке параметров.

В качестве датчиков температуры рекомендуется использовать термопреобразователи сопротивления с унифицированным токовым сигналом серии ТСМУ Метран–274 и ТСМУ 014, обладающих требуемой точностью измерений и невысокой ценой относительно зарубежных аналогов. Их краткие характеристики приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики рассматриваемых термопреобразователей сопротивления

Модель ТС	«ТСМУ Метран–274»	«ТСМУ 014»
Диапазон измеряемых температур, °С	от –50 до +180	от –50 до +180
Основная приведенная погрешность (не более), %	±0,25; ±0,5	±0,25; ±0,5; ±1
Температура окружающей среды, °С	от –50 до +85	от –60 до +80
Тип выходного сигнала	4–20 мА	4–20 мА
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP65	IP67
Вид взрывозащиты	Exd, Exi, Exdi	Exd, Exi

Для измерения давления рекомендованы к использованию преобразователи серии Метран–150 CG/CD, Сапфир–22М, Rosemount 3051CG/CD. Эти модели получили наибольшее распространение в виду своей надежности и невысокой стоимости. Краткие характеристики преобразователей давления приведены в таблице 4.

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Таблица 4 – Характеристики рассматриваемых преобразователей давления

Модель преобразователя давления	«Метран–150CG/CD»	«Сапфир–22М»	«Rosemount 3051CG/CD»
Предел измерений, МПа	от 0,00025 до 10	от 0,00016 до 25	от 0,00025 до 13,78
Основная приведенная погрешность (не более), %	±0,075; ±0,2	±0,2; ±0,5	±0,065; ±0,04
Температура окружающей среды, °С	от –40 до +85	от –50 до +80	от –40 до +85
Тип выходного сигнала	0/4–20 мА; 0–5 мА	4–20 мА; 0–5 мА	4–20 мА; 0,8–3,2 В; 1–5 В; Profibus; Foundation Fieldbus
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP66	IP65	IP66
Вид взрывозащиты	Exd, Exi		Exd, Exi

Датчики СУ–802 и ДУЕ–1В рекомендованы к использованию в качестве уровнемеров раствора абсорбента. Их краткие характеристики приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристики рассматриваемых уровнемеров

Модель уровнемера	«СУ–802»	«ДУЕ–1В»
Тип датчика	вибрационный	емкостной
Основная приведенная погрешность (не более), %	±1	±2,5
Допустимое избыточное давление в резервуаре, МПа	до 10	до 10
Тип выходного сигнала	4–20 мА; 0–5 мА	4–20 мА; 0–5 мА; RS–485
Схема подключения	2–х проводная	2–х проводная
Требует внешний источник питания	нет	да
Диапазон рабочей температуры, °С	от –40 до +300	от –60 до +250
Взрывозащищенное исполнение	Exd, Exi	Exd, Exi

Для измерения расхода раствора абсорбента предлагается использовать ультразвуковые расходомеры ВЗЛЕТ УРСВ–510 и US800–13, обладающих требуемой точностью и надежностью. Краткие характеристики расходомеров приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристики рассматриваемых расходомеров

Модель расходомера	«ВЗЛЕТ УРСВ–510»	«US800–13»
Тип датчика	ультразвуковой	ультразвуковой
Основная приведенная погрешность (не более), %	±0,95	±1

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Допустимое рабочее давление, МПа	до 25	до 6
Диапазон рабочей температуры, °С	от -30 до +160	до +200
Тип выходного сигнала	RS-232; RS-485; Ethernet	4-20 мА; RS-485; Ethernet
Источник питания	=24 В	да (~220 В, =18-36 В)
Диапазон рабочей температуры, °С	от -40 до +300	от -60 до +250
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP54/68	IP67
Взрывозащищенное исполнение	Exd, Exi	Exd, Exi

В качестве исполнительного механизма для регулирования расхода пара и температуры в кипятильнике рекомендуется использовать седельный проходной клапан VFM2 с приводом АМЕ 655.

При выборе программируемого логического контроллера (ПЛК) главным критерием является его надежность. Для построения АСУ ТП рекомендуется использовать ПЛК серии Siemens 1200/1500 и FASTWEL I/O, хорошо зарекомендовавшие себя в электроэнергетике и нефтегазовой отрасли.

### Заключение

В данной работе был проведен обзор технических средств для автоматизации процесса абсорбционной осушки газа. Были рассмотрены контролируемые и регулируемые технологические параметры, по каждому из них рекомендованы средство измерения, с учетом особенности протекания технологического процесса. К основным критериям подбора можно отнести: точность измерения, надежность, взаимозаменяемость и стоимость.

Системы автоматизированного управления технологическим процессом являются важной частью современного производства. Их внедрение обеспечивает повышение качественных и экономических показателей производства за счет выбора и поддержания оптимальных технологических режимов.

### Библиографический список

1. SIMATIC S7-1500. Контроллеры SIMATIC. Siemens Russia [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://new.siemens.com/ru/ru/> (Дата обращения 14.06.2020);

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

2. Артемова, Т.Г. Эксплуатация компрессорных станций магистральных газопроводов: учебное пособие / Т.Г. Артемова. – Екатеринбург: Издательство УГТУ–УПИ, 2000. – 176 с.;
3. Балыбердина, И.Т. Физические методы переработки и использования газа: Учебник для вузов / И.Т. Балыбердина. – М.: Недра, 1988 г. ,248 с.;
4. ВЗЛЕТ УРСВ–5ХХ Ц расходомер–счетчик ультразвуковой [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: [https://www.vzljot.ru/catalogue/ultrazvukovoj\\_metod/vzlet\\_mr\\_ursv-5hh\\_c/](https://www.vzljot.ru/catalogue/ultrazvukovoj_metod/vzlet_mr_ursv-5hh_c/) (Дата обращения 14.06.2020);
5. Датчик уровня емкостной ДУЕ–1В–0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <http://www.staroruspribor.ru/catalog/duе-1v-0/> (Дата обращения 14.06.2020);
6. Еремеев, С. В. Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли: учебное пособие / С. В. Еремеев. – Санкт–Петербург: Лань, 2018. – 136р с.;
7. Интеллектуальные датчики давления Метран–150 [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: [http://www.mtn.nt-rt.ru/images/manuals/Metran\\_150.pdf](http://www.mtn.nt-rt.ru/images/manuals/Metran_150.pdf) (Дата обращения 14.06.2020);
8. Колокольцев, С.Н. Совершенствование технологий подготовки и переработки углеводородных газов: Монография / С.Н. Колокольцев. – М.: Ленанд/URSS, 2015 – 584 с.;
9. Коршак, А.А. Компрессорные станции магистральных газопроводов: учебное пособие / А.А. Коршак. – Ростов н/Д: Феникс, 2016. – 157с.;
10. Кузнецов А.А., Судаков Е.Н. Расчеты основных процессов и аппаратов переработки углеводородных газов: Справочное пособие / А.А. Кузнецов, Е.Н. Судаков. – М.: Химия, 1983. – 224 с., ил.;

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

11. Прахова М.Ю., Системы автоматизации в газовой промышленности: учебное пособие / М.Ю. Прахова, Э.А. Шаловников, А.Н. Краснов. – Вологда: Инфра–Инженерия, 2019. – 480 с.;
12. Преобразователь давления Rosemount 3051 [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://www.emerson.ru/ru-ru/> (Дата обращения 14.06.2020);
13. Преобразователь измерительный САПФИР–22М [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: [https://sapfir.nt-rt.ru/images/manuals/teh\\_opis\\_22z.pdf](https://sapfir.nt-rt.ru/images/manuals/teh_opis_22z.pdf) (Дата обращения 14.06.2020);
14. Программируемый логический контроллер FASTWEL I/O [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://www.fastwel.ru/products/fastwel-io/> (Дата обращения 14.06.2020);
15. Редукторные электроприводы АМЕ 655 и АМЕ 658 SD, SU [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://assets.danfoss.com/documents/DOC152486479015/DOC152486479015.pdf> (Дата обращения 14.06.2020);
16. Сигнализаторы уровня СУ–802 3051 [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://www.piezoelectric.ru/files/ПЕСУ802.pdf> (Дата обращения 14.06.2020);
17. Термопреобразователи Метран. Технические характеристики на ТХАУ Метран–271, ТСМУ Метран–274, ТСПУ Метран–276 [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <http://www.mtn.nt-rt.ru/> (Дата обращения 14.06.2020);
18. Термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом погружаемые ТСМУ 014, ТСПУ 014, ТСМУ 015, ТСПУ 015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL:

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

<http://termopribor.msk.ru/documentation/vol2/> (Дата обращения 14.06.2020);

19. Ультразвуковой расходомер US–800 [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <http://www.encont.ru/rashodomer.html> (Дата обращения 14.06.2020).

*Оригинальность 77%*