

УДК 621.6.036

А.П. Усачев (ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина», г. Саратов, Российская Федерация), А.Л. Шурайц, Д.В. Салин, З.М. Усуев (ОАО «Гипрониигаз», г. Саратов, Российская Федерация)

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕТЧАТОЙ ГОФРИРОВАННОЙ ОБОЛОЧКИ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩЕЙ РАЗРУШЕНИЕ ФИЛЬТРУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ГАЗОВЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ

A.P. Usachev (FSBEI HE «Yuri Gagarin Technical University of Saratov», Saratov, Russian Federation), A.L. Shuraitz, D.V. Salin, Z.M. Usuev (Giproniigaz OAO, Saratov, Russian Federation)

## DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION AND DETERMINATION OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE NET CORRUGATED SHEATH PREVENTING DESTRUCTION OF THE FILTERING ELEMENT OF CYLINDRICAL GAS FILTERS

### Введение

В существующей газовой практике отсутствуют научно обоснованные методы предотвращения разрушения фильтрующих элементов природного газа. Нерешенным также остается вопрос по улавливанию крупных твердых частиц, которые находятся в потоке природного газа на входе в фильтрующий элемент. Отмеченные недостатки существующих защитных конструкций фильтрующих элементов требуют разработки мероприятий по их устранению.

### Цели и задачи

Разработка конструкции и определение геометрических параметров сетчатой гофрированной оболочки, предотвращающей разрушение фильтрующего элемента газовых цилиндрических фильтров.

### Результаты

Предложена конструкция по предотвращению деформации и разрушения фильтрующего элемента путем образования на боковых поверхностях наружной и внутренней защитных цилиндрических оболочек параллельных оси однотипных продольных гофров, равномерно распределенных по всей их цилиндрической поверхности. При этом наружная и внутренняя оболочки сетчатого типа расположены друг относительно друга на расстоянии, заданном толщиной сетки фильтрующего элемента, образуя вместе с ним трехслойную структуру. Кроме этого, наружная и внутренняя цилиндрические оболочки выполнены из металлической сетки с размерами ячеек меньшими, чем максимальный размер твердых частиц природного газа.

Использование предлагаемой конструкции позволяет предотвратить деформирование и разрушение фильтрующего элемента обломками металлических конструкций и крупными твердыми частицами, и, тем самым, повысить безопас-

### Background

Scientifically grounded methods of preventing destruction of the natural gas filtering elements are absent in current gas practice. Unsolved also is the problem of catching of big solid particles which are in the natural gas stream at the intake of a filter element. These drawbacks of existing protective constructions of filtering elements require that the actions on their elimination be developed.

### Aims and Objectives

Development of construction and determination of geometrical parameters of the net corrugated sheath preventing destruction of the filter element of cylindrical gas filters.

### Results

Authors offered a construction to prevent deformation and destruction of filtering element by forming on side surfaces of external and internal protective cylindrical sheaths parallel to the axis of one-type longitudinal corrugations uniformly distributed over their cylindrical surface. The external and internal net-type sheaths are located in relation to each other at the distance specified by the thickness of mesh of filter element, so that to form a three-layer structure. Moreover, external and internal cylindrical sheaths are made from a metallic net with the mesh size less than maximal size of solid particles in the natural gas.

The use of the offered construction allows to prevent deformation and destruction of the filtering element by the wreckages of metallic constructions and large solid particles, and, thereby, to improve safety of its operation and increase the extent of catching big solid factions. In this case it becomes possible to catch additionally large solid particles in the holes of external cylindrical sheath and narrow gap between the sheath and the filtering element.

To identify basic parameters of protective cylindrical sheath, formulas are obtained for determining

ность его эксплуатации и увеличить степень улавливания крупных твердых фракций. В этом случае появляется возможность дополнительно улавливания крупных твердых частиц отверстиями наружной цилиндрической оболочки и узким зазором между ней и фильтрующим элементом.

В целях выявления основных параметров защитной цилиндрической оболочки получены формулы для определения количества гофров в одной оболочке, площади оболочки и фактора ее формы, показывающего во сколько раз наружный диаметр оболочки больше высоты одного ее гофра. Знание этих параметров позволяет выявить максимальную величину поверхности защитных оболочек и фильтрующего элемента для заданного типа цилиндрического фильтра в зависимости от значений фактора формы и количества гофров.

the amount of corrugations in one sheath, the area of the sheath and the factor of its form, showing how many times the outer diameter of shell is more than the height of one of the corrugations. Knowing these parameters it is possible to determine the maximal size of surface of the protective sheaths and filter element for the set type of cylindrical filter, depending on the values of the form factor and the number of corrugations.

---

---

**Ключевые слова:** разработка, расчет, предотвращение, разрушение, фильтрующий элемент, природный газ, цилиндрическая гофрированная оболочка, расчет параметров

**Key words:** development, calculation, prevention, destruction, filter element, natural gas, cylindrical corrugated sheath, calculation of parameters

---

---

Установки очистки природного газа от твердых частиц играют важную роль в обеспечении безопасной эксплуатации сетей газораспределения [1, 2, 3, 4].

Согласно [5, 6, 7]; к установкам очистки пунктов редуцирования газа, особенно большой пропускной способности (от 30 000 м<sup>3</sup>/ч и выше), предъявляются повышенные требования безопасности и надежности эксплуатации.

По статистике газораспределительных организаций и согласно проведенному анализу типичных сценариев, значительное количество инцидентов и аварийных ситуаций приходится на разрушение фильтрующих элементов (ФЭ), обусловленных потерей прочности и устойчивости его опорных конструкций при повышении перепада давления на ФЭ выше предельного значения [8, 9, 10]. Это приводит к попаданию обломков ФЭ и твердых частиц в регулирующую, запорную, защитную, предохранительную арматуру и узлы учета расхода газа, к возникновению материального и социального ущерба. Однако в существующей газовой практике отсутствуют научно обоснованные принципы разработки защитных и опорных конструкций ФЭ и методы расчета их количественных и геометрических характеристик.

В связи с этим актуальными вопросами, требующими своего решения, являются разработка конструкции, определение геометрических и количественных параметров сетчатой гофрированной защитной оболочки, предотвращающей разрушение ФЭ газовых цилиндрических фильтров.

Цилиндрический ФЭ, предназначенный для очистки газовых и нефтяных топлив от твердых частиц, состоит из гладкой или гофрированной фильтрующей сетки цилиндрической формы [11, 12], неразъемно соединенных с ней верхнего и нижнего фиксирующих колец.

Конструкция фильтра включает в себя корпус, стакан для размещения ФЭ [13, 14], патрубки для входа неочищенного и выхода очищенного газа, устройство по предотвращению разрушения фильтрующего элемента и распространения его обломков за пределы фильтра, накопитель осажденных твердых частиц. При степени засоренности ФЭ твердыми частицами выше допустимых значений разность давлений с наружной и внутренней сторон фильтрующей сетки может превысить предельное значение из условий прочности  $\Delta P_{пр}$  [14], что может привести к ее разрушению.

При воздействии перепада давления на боковую поверхность засоренного ФЭ цилиндрической формы, в отличие от воздействия внутреннего давления, действуют силы, которые могут привести как к разрыву сетки, так и к потере устойчивости [15], то есть к скручиванию и деформации всей конструкции защитной цилиндрической оболочки ФЭ. В этом случае образовавшиеся обломки должны быть локализованы устройством по предотвращению их распространения за пределы ФЭ. Здесь  $\Delta P_{пр} > 20,0$  кПа - максимально допустимый перепад давления до и после ФЭ, выше которого происходит его разрушение [14].

Наиболее действенным из существующих решений является конструкция по предотвращению разрушения ФЭ, состоящая из нескольких слоев сеток, сложенных в гофр, препятствующий распространению обломков за пределы газового фильтра [16, 17], который включает:

- наружную цилиндрическую перфорированную оболочку из металлического листа с равномерно расположенными по ее поверхности отверстиями, по величине меньшими, чем минимальный размер обломков, размещенную до ФЭ сетчатого типа, по ходу течения газа;
- внутреннюю плоскую цилиндрическую перфорированную оболочку из металлического листа с равномерно расположенными по ее поверхности отверстиями, по величине меньшими, чем минимальный размер обломков, размещенную после ФЭ сетчатого типа, по ходу течения газа;
- основание и крышку с наружными и внутренними кольцеобразными отбортовками для фиксации фильтрующего элемента, наружной и внутренней цилиндрических перфорированных оболочек в нижней и верхней их частях.

Указанное устройство отличается высокой механической прочностью за счет наружной и внутренней цилиндрических перфорированных оболочек, выполненных из утолщенного металлического листа с равномерно расположенными отверстиями по поверхности.

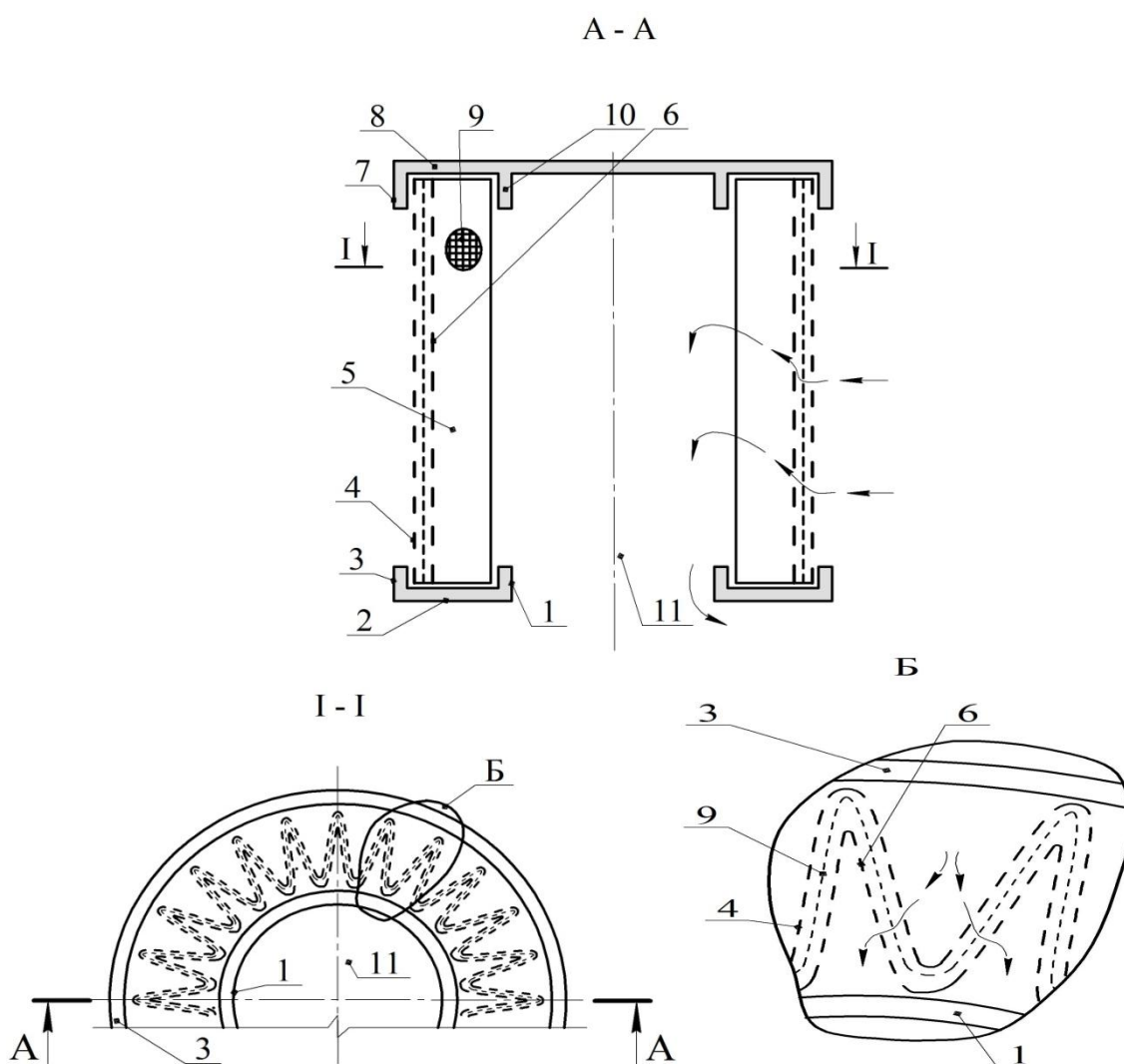
Другим преимуществом данного устройства является предотвращение распространения обломков разрушенного оборудования, находящихся в потоке природного газа на входе в ФЭ из гофрированной сетки, путем выполнения наружной цилиндрической оболочки из утолщенного металлического листа с равномерно расположенными по его поверхности отверстиями, по величине меньшей, чем минимальный размер обломков.

Кроме этого указанное устройство имеет недостаточную степень улавливания крупных твердых частиц, поскольку максимальный диаметр отверстий в наружной цилиндрической оболочке, равный 7,0 мм [16, 17], здесь больше максимального размера крупных твердых частиц, который составляет 2,5 мм. Недостаточная степень улавливания крупных твердых частиц обуславливается также тем, что наружная цилиндрическая перфорированная оболочка расположена от гофрированного фильтрующего элемента на расстоянии, значительно большем, чем размер крупных твердых частиц. Однако активное улавливание крупных твердых частиц осуществляется, когда расстояние от гофрированного фильтрующего элемента до наружной цилиндрической перфорированной оболочки становится соизмеримым с размером крупных твердых частиц [18, 19].

Проведенный анализ показывает, что в настоящее время отсутствует конструкция, надежно предотвращающая разрушение ФЭ из гофрированной сетки и распространение его обломков за пределы газового фильтра, также невелика степень улавливания крупных твердых частиц, что требует подготовки мероприятий по ее разработке.

В связи с этим задачей указанной разработки является повышение безопасности эксплуатации, а именно: предотвращение повреждения наружных поверхностей фильтрующих сеток крупными обломками и твердыми частицами, находящимися в потоке природного газа на входе в ФЭ; предотвращение деформации фильтрующих сеток; исключение попадания их обломков в газовое оборудование, расположенное за ФЭ по ходу течения газа; увеличение степени улавливания крупных твердых частиц. Схема конструкции, предотвращающей деформацию и разрушение ФЭ и повышающей степень улавливания крупных твердых частиц, показана на рисунке 1.

Новым в предлагаемом решении является образование на боковых поверхностях наружной 4 и внутренней 6 цилиндрических оболочек параллельных их оси однотипных продольных гофров, равномерно распределенных по всей цилиндрической поверхности. При этом наружная и внутренняя обечайки сетчатого типа расположены друг относительно друга на расстоянии, заданном толщиной фильтрующего элемента, образуя вместе с ним трехслойную структуру.



1, 3 - внутренняя и наружная кольцеобразные стенки основания; 2 - основание;  
4, 6 - наружная и внутренняя цилиндрические гофрированные защитные оболочки из утолщенной сетки; 5 - фильтрующий гофрированный элемент; 7, 10 - внутренняя и наружная кольцеобразные стенки крышки; 8 - крышка; 9 - ячейки фильтрующего элемента 5; 11 - отверстие в основании 2 для выхода очищенного газа

Рисунок 1 - Схема конструкции, предотвращающей разрушение ФЭ и распространение его обломков за пределы газового фильтра

Новизна также заключается в том, что наружная и внутренняя цилиндрические обечайки выполнены из металлической сетки [20] с размерами ячеек меньшими, чем максимальный размер твердых частиц природного газа.

Устройство, предотвращающее разрушение ФЭ и распространение его обломков за пределы газового фильтра, работает следующим образом.

Неочищенный природный газ с находящимися в нем твердыми частицами, а в аварийных ситуациях и с обломками газового оборудования, поступает из распределительного газопровода через входной патрубок корпуса фильтра к гофрированному ФЭ 5, входящему в состав газового фильтра.

Наличие наружной оболочки 4 позволяет гарантированно предотвратить попадание на поверхность ФЭ твердых обломков и крупных твердых частиц размерами, большими диаметра отверстий в оболочке 4.

Согласно результатам проведенных анализов, максимальный размер крупных твердых частиц составляет 2,5 мм. Поэтому при размере ячеек утолщенной сетки, из которой выполнена наружная цилиндрическая оболочка 4, равном 2,0 мм, все крупные твердые частицы будут гарантированно осаждаться на ее наружной поверхности.

Затем природный газ, очищенный от твердых обломков и крупных твердых частиц, размерами больше диаметра отверстий в оболочке 4, поступает в ячейки 9 фильтрующего элемента 5 и таким образом очищается от мелких твердых частиц.

Далее природный газ, очищенный от мелких твердых частиц в гофрированном фильтрующем элементе 5, попадает в отверстия внутренней цилиндрической оболочки 6 и затем через отверстие 11 в основании 2 выходит за пределы фильтра. Кольцевые отбортовки 1 и 10 предотвращают перемещения внутренней оболочки 6 за счет воздействия перепада давления во внутренний объем устройства.

В результате постепенного засорения ячеек 9 фильтрующий элемент 5 превращается в сплошную поверхность, нагруженную наружным давлением. В этом случае на боковую цилиндрическую поверхность засоренного гофрированного ФЭ 5, в отличие от внутреннего давления, действуют силы, направленные как на разрыв сетки, так и на потерю устойчивости ФЭ, скручивание и деформацию всей конструкции ФЭ. Однако в предлагаемой конструкции при воздействии перепада давления на засоренный гофрированный ФЭ 5, включая и повышение перепада давления сверх предельного значения, то есть  $\Delta P_{пр} > 20,0$  кПа, гофрированная фильтрующая сетка ФЭ полностью переносит действие наружного давления на плотно соединенную и прижатую к ней внутреннюю защитную гофрированную оболочку 6. При этом не происходит изменения формы и скручивания гофрированного ФЭ 5, поскольку все его поверхности плотно зажаты между наружной 4 и внутренней 6 защитными оболочками, имеющими идентичную форму и размеры.

Согласно технологии изготовления, внутренняя гофрированная цилиндрическая оболочка 6 представляет собой единую, жестко связанную несущую конструкцию, выполненную из утолщенной сетки диаметром 0,8...1,0 мм, укрепленную продольными ребрами жесткости в виде гофров в количестве 40-45 шт. Результаты расчетов и проведенных испытаний показывают, что в этом случае обеспечивается заданная прочность и устойчивость внутренней гофрированной оболочки 6 цилиндрической формы при перепаде давления до и после ФЭ, равном предельному значению  $\Delta P_{пр} = 20,0$  кПа.



При возникновении аварийной ситуации и разрушении ФЭ под воздействием перепада давления до и после ФЭ, превышающего предельное значение, то есть  $\Delta P_{пр} > 20,0$  кПа, наличие внутренней оболочки б позволяет гарантированно предотвратить распространение обломков ФЭ размерами больше диаметра отверстий в оболочке б за ее пределы.

Использование предлагаемых защитных наружной 4 и внутренней 6 оболочек позволяет:

- увеличить степень улавливания крупных твердых частиц и обломков газового оборудования;
- предотвратить повреждение ФЭ 5 обломками и крупными твердыми частицами, находящимися в потоке природного газа на входе в него;
- предотвратить деформацию и разрушение ФЭ 5 и распространение его обломков за пределы газового фильтра, и, тем самым, повысить безопасность его эксплуатации и снизить риск возникновения аварийных ситуаций.

Важным вопросом при конструировании и эксплуатации защитных наружной и внутренней оболочек сетчатого типа является расчет их количественных и геометрических характеристик.

Согласно рисункам 2 и 3, количество гофров в единой трехслойной конструкции из фильтрующего элемента наружной и внутренней защитных цилиндрических оболочек определяется как

$$n_{г} = \frac{\pi D_{в}}{[(D_{н} - D_{в} - 2d_{гц}) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ц} + 2d_{гц}]}, \quad (1)$$

где  $D_{н}$  - наружный диаметр защитной наружной гофрированной цилиндрической оболочки 4 (рисунок 1), м;

$D_{в}$  - внутренний диаметр защитной внутренней гофрированной цилиндрической оболочки 6 (рисунок 1), м;

$d_{гц}$  - наружный диаметр закруглений в вершине гофра наружной оболочки единой трехслойной конструкции и равный ему наружный диаметр закруглений внутренней оболочки в основании гофра, м;

$\alpha_{ц}$  - угол между высотой и боковой стороной одного гофра в защитной цилиндрической оболочке.

Фактор формы, показывающий во сколько раз наружный диаметр единой трехслойной гофрированной конструкции больше высоты его гофра, определяется:

$$\Phi = \frac{D_{н}}{h_{г}} = \frac{D_{н}}{(D_{н} - D_{в})/2}, \quad (2)$$

где  $h_{г}$  - высота одного гофра единой трехслойной конструкции, м, определяется как разность наружного и внутреннего диаметров, то есть  $h_{г} = (D_{н} - D_{в})/2$ .

Площадь боковой поверхности наружной цилиндрической гофрированной оболочки, выполненной из утолщенной сетки, определяется по формуле:

$$F = [(D_{н} - D_{в})/2 - d_{гц}] / \cos \alpha_{ц} / 2 + \pi d_{гц} \cdot H \cdot n_{гц}, \quad (3)$$

где  $H$  - высота единой трехслойной гофрированной конструкции, м.

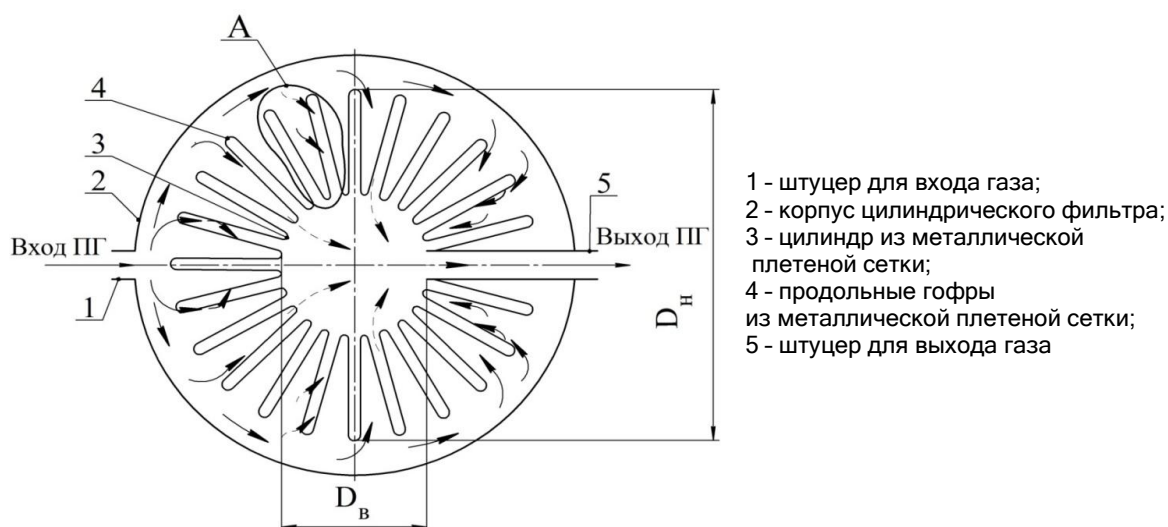


Рисунок 2 - Схема расположения гофров в единой трехслойной гофрированной конструкции защитной оболочки

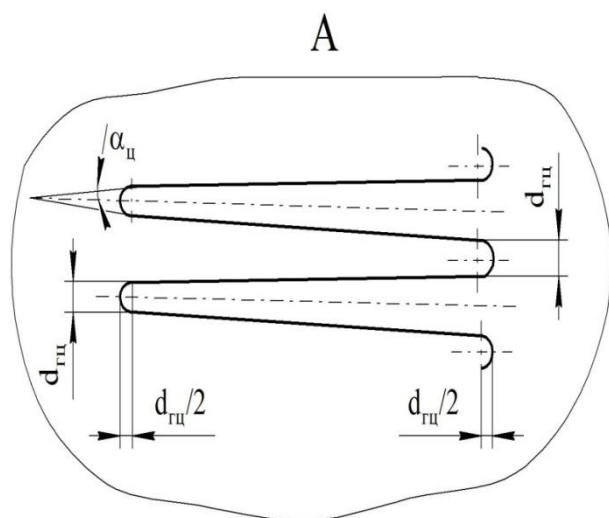


Рисунок 3 - К определению геометрических параметров одного гофра защитной цилиндрической оболочки

С целью количественной оценки параметров защитной цилиндрической оболочки были проведены соответствующие расчеты при следующих исходных данных.

**Исходные данные**

1. Наружный и внутренний диаметры единой трехслойной гофрированной конструкции защитной цилиндрической оболочки:  $D_n = 0,475$  м;  $D_b = 0,32$  м.
2. Высота гофрированной цилиндрической оболочки  $H = 0,625$  м.



3. Диаметр закруглений в вершине и основании гофра единой трехслойной гофрированной конструкции защитной цилиндрической оболочки  $d_{гц} = 0,007$  м.

4. Угол между высотой и боковой стороной одного гофра в гофрированной цилиндрической оболочке  $\alpha = 3^{\circ}$ .

**Решение**

Согласно формуле (1) определяем количество гофров в одной цилиндрической обечайке:

$$n_{гц} = \frac{3,14 \cdot 0,32}{[(0,475 - 0,32 - 2 \cdot 0,007) \cdot \operatorname{tg} 3^{\circ} + 2 \cdot 0,007]} = 48_{шт.}$$

Фактор формы единой трехслойной гофрированной конструкции определяется согласно формуле (2):

$$\Phi = \frac{0,475}{(0,475 - 0,32)/2} = \frac{0,475}{0,0775} = 6,13.$$

Площадь защитной цилиндрической гофрированной оболочки определяется согласно формуле (3):

$$F_{гц} = [(0,475 - 0,32 - 2 \cdot 0,007) / \cos 3^{\circ} + 3,14 \cdot 0,007] \cdot 0,625 \cdot 48 = 4,7 \text{ м}^2.$$

**Выводы**

1. Предложены принцип и конструкция защитных оболочек, предотвращающих деформацию, разрушение фильтрующего гофрированного элемента и распространение его обломков за пределы газового фильтра.

Новым в предлагаемом решении является образование на боковых поверхностях наружной и внутренней цилиндрических оболочек параллельных их оси однотипных продольных гофров, равномерно распределенных по всей их цилиндрической поверхности. При этом между наружной и внутренней оболочками сетчатого типа расположена фильтрующая сетка, образуя вместе с ними трехслойную структуру.

2. Новизна заключается в том, что наружная и внутренняя цилиндрические оболочки выполнены из металлической сетки с размерами ячеек меньшими, чем максимальный размер твердых частиц природного газа.

3. Получены формулы для определения количества гофров в единой трехслойной гофрированной конструкции защитной цилиндрической оболочки, фактора ее формы и площади оболочки.

**Литература**

1. Густов С.В., Шурайц А.Л., Недлин М.С., Усачев А.П., Доронин М.С., Демчук В.Ю. Высокотехнологичные ГРП - путь к повышению надежности газораспределительных сетей // Газ России. 2010. №41. С. 56-60.
2. ПБ 12-529-03. Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления (ПБ 03-576-03) / Б.А. Красных, А.А. Сорокин, А.А. Феоктистов, А.Л. Шурайц и др. М.: ГУП НТЦ ПБ Госгортехнадзора России, 2003. Сер. 12. Вып. 4. 200 с.
3. СТО 03321549-024-2013. Рекомендации по повышению безопасности установок грубой очистки природного газа от твердых частиц / А. П. Усачев, А. Л. Шурайц, С. В. Густов, П. В. Шерстюк и др. Саратов: ОАО «Гипрониигаз», 2013. 74 с.
4. Шерстюк П.В., Густов С.В., Желанов В.П. Актуальные задачи повышения безопасности и эффективности газорегуляторных пунктов // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоснабжения: сб. научн. тр. СГТУ. Саратов, 2010. С. 10-18.
5. ГОСТ Р 54960-2012. Системы газораспределительные. Пункты газорегуляторные блочные и пункты редуцирования шкафные. Общие технические требования. М.: Росстандарт, 2012. 65 с.
6. СТО Газпромрегионгаз 7.1-2011. Технические требования к материалам, оборудованию и технологическим схемам блочных газорегуляторных пунктов, шкафных пунктов редуцирования газа / Система стандартизации ОАО «Газпромрегионгаз». СПб., 2011. 33 с.
7. СП 62.13330.2011. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002. М.: Минрегион России, 2010. 66 с.
8. Усачев А.П., Жмуров А.В., Шерстюк П.В., Писарев Р.А. Анализ сценариев развития при разрушении фильтрующего элемента установки очистки природного газа // Энергоэффективность. Проблемы и решения: матер. XII Всеросс. научн.-практ. конф. 17 октября 2012 г. Уфа, 2012. С. 169-170.
9. Усачев А.П., Шурайц А.Л., Густов С.В. Теоретические и прикладные основы повышения эффективности и безопасности эксплуатации установок грубой очистки природного газа от твердых частиц в системах газораспределения. Саратов: Саратовск. гос. техн. ун-т, 2013. 172 с.
10. Усачев А.П., Жмуров А.В., Топорков А.С. Анализ промышленной безопасности установок очистки природного газа от твердых частиц // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона: сб. научн. тр. по матер. II Всеросс. научн.-практ. конф. Саратов: СГТУ, 2012. С. 136-139.
11. Шур И.А. Газорегуляторные пункты и установки. Л.: Недра, 1985. 288 с.
12. Бахтизин Р.Н., Уразаков К.Р., Смольников С.В., Политов М.Е. Экспериментальные исследования пропускной способности фильтра тонкой очистки // Нефтяное хозяйство. 2014. № 9. С. 122-124.
13. Стаскевич Н.Л., Северинец Г. Н., Вигдорчик Д. Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. Л.: Недра, 1990. 762 с.
14. Промышленное газовое оборудование: справочник / Под ред. Е.А. Карякина. 6-е изд., перераб. и доп. Саратов: Газовик, 2013. 1280 с.
15. ГОСТ Р 52857.2-2007. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек. М.: Стандартинформ, 2009. 42 с.
16. Пат. 126957 РФ, МПК В 01 D 35/14. Устройство для предотвращения распространения обломков за пределы фильтрующего элемента природного газа / С.

**References**

1. Gustov S.V., Shuraitis A.L., Nedlin M.S., Usachev A.P., Doronin M.S., Demchuk V.Yu. Vysokotekhnologichnye GRP - put' k povysheniyu nadezhnosti gazoraspredeletel'nykh setei [High-Tech GCP is a Way to Improve the Reliability of Gas Distribution Networks]. *Gaz Rossii - Gas of Russia*, 2010, No.41, pp. 56-60. (in Russ.).
2. *PB 12-529-03. Pravila bezopasnosti sistem gazoraspredeleteniya i gazopotrebieniya (PB 03-576-03)* [PB 12-529-03. Safety Rules of Gas Distribution and Gas Consumption Systems (PB 03-576-03)] / B.A. Krasnykh, A.A. Sorokin, A.A. Feoktistov, A.L. Shuraitis e.a. Moscow, GUP NTTs PB Gosgortekhnadzora Rossii, 2003, Ser. 12, Vyp. 4, 200 p. (in Russ.).
3. *СТО 03321549-024-2013. Rekomendatsii po povysheniyu bezopasnosti ustanovok gruboi ochistki prirodnogo gaza ot tverdykh chastits* [STO 03321549-024-2013. Recommendations for Improving the Safety of Plants for Primary Natural Gas Cleaning from Solids] (A.P. Usachev, A.L. Shuraitis, S.V. Gustov, P.V. Sherstyuk e.a.). Saratov, ОАО «Giproniigaz», 2013. 74 p. (in Russ.).
4. Sherstyuk P.V., Gustov S.V., Zhelanov V.P. Aktual'nye zadachi povysheniya bezopasnosti i effektivnosti gazoregulyatornykh punktov [Actual Problems of Improving Safety and Efficiency of Gas Control Points]. *Sbornik nauchnykh trudov SGTU «Nauchno-tehnicheskie problemy sovershenstvovaniya i razvitiya sistem gazoenergосnabzheniya»* [Collection of Scientific Works of SGTU «Scientific and Technical Problems of Improving and Developing Gas Supply Systems»]. Saratov, 2010, pp. 10-18. (in Russ.).
5. *GOST R 54960-2012. Sistemy gazoraspredeletel'nye. Punkty gazoregulyatornye blochnye i punkty redutsirovaniya shkafnye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya* [GOST R 54960-2012. Gas Distribution Systems. Modular Gas Control Points and Cabinet-Type Reduction Points. General Specifications]. Moscow, Rosstandart, 2012. 65 p. (in Russ.).
6. *СТО Газпромрегионгаз 7.1-2011. Tekhnicheskie trebovaniya k materialam, oborudovaniyu i tekhnologicheskim skhemam blochnykh gazoregulyatornykh punktov, shkafnykh punktov redutsirovaniya gaza (Sistema standartizatsii ОАО «Газпромрегионгаз»)* [STO Gazpromregiongaz 7.1-2011. Specifications of Materials, Equipment and Lay-Out of Modular Gas Control Points and Cabinet-Type Gas Reduction Points (OAO «Gazpromregiongaz» Standard System)]. Saint-Petersburg, 2011. 33 p. (in Russ.).
7. *СП 62.13330.2011. Gazoraspredeletel'nye sistemy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 42-01-2002* [SP 62.13330.2011. Gas Distribution Systems. Update Edition of SNiP 42-01-2002]. Moscow, Minregion Rossii, 2010. 66 p. (in Russ.).
8. Usachev A.P., Zhmurov A.V., Sherstyuk P.V., Pisarev R.A. Analiz stsenariyv razvitiya pri razrushenii fil'truyushchego elementa ustanovki ochistki prirodnogo gaza [Analysis of Development Scenarios of Events in Case of Destruction of the Filter Element of a Natural Gas Treatment Plant]. *Materialy XII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Energoeffektivnost'. Problemy i resheniya» 17 oktyabrya 2012 g.* [Proceedings of XII All-Russian Scientific and Practical Conference «Power Efficiency. Problems and Solutions» October, 17, 2012]. Ufa, 2012, pp. 169-170. (in Russ.).
9. Usachev A.P., Shuraitis A.L., Gustov S.V. *Teoreticheskie i prikladnye osnovy povysheniya effektivnosti i bezopasnosti ekspluatatsii ustanovok gruboi ochistki prirodnogo gaza ot tverdykh chastits v sistemakh gazoraspredeleteniya* [Theoretical and Applied Principles of Improving Operation Efficiency and Safety of the Plants for

В. Густов, А. П. Усачев, А. Л. Шурайц и др. (РФ). 2012136412/05, Заявлено 24.08.2012; Оpubл. 20.04.2013.

17. Усачев А.П., Шурайц А.Л., Густов С.В., Шерстюк П. В. Разработка защитной оболочки фильтрующего элемента в установке очистки природного газа // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. Уфа, 2012. Вып. 3 (89). С. 152-162.

18. Страус В. Промышленная очистка газов: Пер. с англ. М.: Химия, 1981. 616 с.

19. Биргер М.И., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И. и др. Справочник по пыле- и золоулавливанию. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1983. 312 с.

20. ГОСТ 6613-86. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. М.: Изд-во стандартов, 1988. 12 с.

21. СТО 03321549-047-2016. Рекомендации по повышению эффективности и безопасности газовых цилиндрических фильтров с вертикальной компоновкой параллельно установленных фильтрующих элементов / А. П. Усачев, А. Л. Шурайц, Д. В. Салин, З. М. Усуев и др. Саратов: ОАО «Гипрониигаз», 2016. 52 с.

Primary Natural Gas Cleaning from Solids in Gas Distribution Systems]. Saratov, Saratovsk. gos. tekhn. un-t, 2013. 172 p. (in Russ.).

10. Usachev A.P., Zhmurov A.V., Toporkov A.S. Analiz promyshlennoi bezopasnosti ustanovok oчитки prirodnogo gaza ot tverdykh chastits [Analysis of the Industrial Safety of the Plants for Natural Gas Cleaning from Solids]. *Sbornik nauchnykh trudov po materialam II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Resursoenergoeffektivnyye tekhnologii v stroitel'nom komplekse regiona»* [Collection of Scientific Works of the Materials of II All-Russian Scientific-Practical Conference «Resource- and Power-Efficient Technologies in the Construction Industry of the Region»]. Saratov, SGTU, 2012, pp. 136-139. (in Russ.).

11. Shur I.A. *Gazoregulyatornye punkty i ustanovki* [Gas Control Points and Units]. Leningrad, Nedra, 1985. 288 p. (in Russ.).

12. Bakhtizin R.N., Urazakov K.R., Smol'nikov S.V., Politov M.E. Eksperimental'nye issledovaniya propusknoi sposobnosti fil'tra tonkoi oчитки [Experimental Studies of Fine Filter Bandwidth]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 2014, No. 9, pp. 122-124. (in Russ.).

13. Staskevich N.L., Severinets G. N., Vigdorichik D. Ya. *Spravochnik po gazosnabzheniyu i ispol'zovaniyu gaza* [Reference Book on Gas Supply and Usage]. Leningrad, Nedra, 1990. 762 p. (in Russ.).

14. *Promyshlennoe gazovoe oborudovanie: spravochnik* [Industrial Gas Equipment: Manual] / Pod red. E.A. Karyakina. 6-e izd., pererab. i dop. Saratov, Gazovik, 2013. 1280 p. (in Russ.).

15. *GOST R52857.2-2007. Normy i metody rascheta na prochnost'. Raschet tsilindricheskikh i konicheskikh obechaek, vypuklykh i ploskikh dnishch i kryshek* [GOST R52857.2-2007. Norms and Methods of Strength Calculation. Calculation of Cylindrical and Conical Shells, Convex and Flat Heads and Covers]. Moscow, Standartinform, 2009. 42 p. (in Russ.).

16. Gustov S.V., Usachev A.P., Shuraitis A.L. e.a. *Ustroystvo dlya predotvrashcheniya rasprostraneniya oblomkov za predely fil'truyushchego elementa prirodnogo gaza* [A Device for Preventing Fragments from Leaving the Natural Gas Filter Element]. Patent RF, No. 126957, 2013. (in Russ.).

17. Usachev A.P., Shuraitis A.L., Gustov S.V., Sherstyuk P.V. Razrabotka zashchitnoi obolochki fil'truyushchego elementa v ustanovke oчитки prirodnogo gaza [Development of Protecting Coating for Filtering Element In Natural Gas Purification Device]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2012, Issue 3 (89), pp. 152-162. (in Russ.).

18. Straus V. *Promyshlennaya oчитка gazov*. Per. s angl. [Industrial Gas Treatment: Transl. from Engl.]. Moscow, Khimiya, 1981. 616 p. (in Russ.).

19. Birger M.I., Val'dberg A.Yu., Myagkov B.I. e.a. *Spravochnik po pyle- i zoloulavlivaniyu* [Handbook on Dust and Ash Trapping]. 2-e izd., pererab. i dop. Moscow, Energoatomizdat, 1983. 312 p. (in Russ.).

20. *GOST 6613-86. Setki provolochnyye tkanye s kvadratnymi yacheikami* [GOST 6613-86. Square Mesh Wire Cloth]. Moscow, Izd-vo standartov, 1988. 12 p. (in Russ.).

21. *СТО 03321549-047-2016. Rekomendatsii po povysheniyu effektivnosti i bezopasnosti gazovykh tsilindricheskikh fil'trov s vertikal'noi komponovkoi parallel'no ustanovlennykh fil'truyushchikh elementov* [СТО 03321549-047-2016. Recommendations for Improving the Efficiency and Safety of Cylindrical Gas Filters with Vertical Layout of in Parallel Set Filter Elements] / A.P. Usachev, A.L. Shuraitis, D.V. Salin, Z.M. Usuev e.a. Saratov, ОАО «Giproniigaz», 2016. 52 p.

**Авторы**

• Усачев Александр Прокофьевич, д-р техн. наук  
Саратовский государственный технический  
университет имени Гагарина Ю.А.  
Профессор кафедры «Теплогазоснабжение,  
вентиляция, водообеспечение и прикладная  
гидрогазодинамика»  
Российская Федерация, 410054, г. Саратов,  
ул. Политехническая, 77  
тел. (8452) 51-50-18  
e-mail: usachev-ap@mail.ru

• Шурайц Александр Лазаревич, д-р техн. наук  
ОАО «Гипрониигаз»  
Генеральный директор  
Российская Федерация, 410012, г. Саратов,  
пр. им. С.М. Кирова, д. 54  
тел. (8452) 26-20-42  
e-mail: shuraits@niigaz.ru

• Салин Дмитрий Валерьевич  
ОАО «Гипрониигаз»  
Начальник отдела внедрения новой техники  
Российская Федерация, 410012, г. Саратов,  
пр. им. С.М. Кирова, д. 54  
тел. (8452) 74-95-28

• Усуев Заур Мухтарович  
ОАО «Гипрониигаз»  
Начальник конструкторского отдела  
Российская Федерация, 410012, г. Саратов,  
пр. им. С.М. Кирова, д. 54  
тел. 7-987-311-61-66

**The Authors**

• Usachev Aleksandr P., Doctor of Technical Sciences  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov  
Professor of Heat and Gas Supply, Ventilation,  
Water Supply and Applied Hydrodynamics Chair  
77, Politekhnikeskaya str., Saratov, 410054,  
Russian Federation  
tel: (8452) 51-50-18  
e-mail: usachev-ap@mail.ru

• Shurayts Aleksandr L., Doctor of Technical Sciences  
Giproniigaz OAO  
General Director  
54, S.M. Kirov ave., Saratov, 410012, Russian  
Federation  
tel: (8452) 26-20-42  
e-mail: shuraits@niigaz.ru

• Salin Dmitriy V.  
Giproniigaz OAO  
Chief of Department Introducing New Technology  
54, S.M. Kirov ave., Saratov, 410012, Russian  
Federation  
tel: (8452) 74-95-28

• Usuev Zaur M.  
Giproniigaz OAO  
Head of Design Department  
54, S.M. Kirov ave., Saratov, 410012, Russian  
Federation  
tel: 7-987-311-61-66