

К вопросу обеспечения качества функционирования системы пробкоуловителей на подземном хранилище газа. Щербань П. С., Скорикова Ж. Н.

Щербань Павел Сергеевич / Shcherban Pavel. Sergeevich – кандидат технических наук, ассистент,
Институт транспорта и технического сервиса;

Скорикова Жанна Николаевна / Skorikova Janna. Nikolaevna – бакалавр,
направление «Сервис на предприятиях нефтегазового комплекса»,

Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, г. Калининград

Аннотация: в статье рассматриваются проблемы износа оборудования подземного хранилища газа (системы пробкоуловителей) анализируются основные факторы, влияющие на систему пробкоуловителей, приводятся статистические данные. По итогам полученных данных в статье выдвигаются предложения по повышению надежности, долговечности и качества работы системы пробкоуловителей на примере подземного хранилища газа Романово.

Ключевые слова: сервис в нефтегазовом комплексе, подземное хранилище газа, управление качеством, газовое оборудование, система пробкоуловителей.

Развитие современной газотранспортной системы во многом обуславливается созданием мощностей по хранению и отпуску природного газа. В настоящее время наибольшие объемы газа накапливаются в подземных хранилищах, которые, в свою очередь, сглаживают неравномерность потребления данного топлива и вместе с тем являются важным звеном в системе энергобезопасности.

В Российской Федерации Калининградская область занимает уникальное место, поскольку она отрезана от основной территории рядом сопредельных государств, в результате чего проблема обеспечения энергобезопасности является одной из ключевых в регионе. Реализация проекта по сооружению подземного хранилища газа в пос. Романово позволит не только сгладить сезонность его потребления, но и существенно обезопасит регион от сбоев в поставке газа по единственному газопроводу (Каунас - Калининград). В результате особое значение приобретает надежность функционирования создаваемого подземного хранилища газа.



Рис. 1. Расположение ПХГ Романово

Строительство подземного хранилища газа в пос. Романово началось в 2007 году, и к настоящему времени данное ПХГ обладает двумя резервуарами вместимостью 92 млн. м³. В течение 2011-2017 гг. планируется увеличить количество резервуаров и довести объемы хранения до 650 млн. м³.

Подземное хранилище газа находится в п. Романово, Зеленоградский район, (Рисунок 1) и предназначено создавать запасы газа для покрытия суточной, сезонной неравномерности потребления и резервирования газа в случае наступления аномально холодных зим.

Осуществляя постоянный мониторинг технического состояния оборудования ПХГ, специалисты установили, что наибольшее количество сбоев и отказов фиксируется по следующим системам: в установке подогревателей газа, установке низкотемпературной сепарации газа и в компрессорном цеху.

Статистические данные по сбоям в различном оборудовании ПХГ Романово позволили установить, что одной из наиболее уязвимых технических систем является система УНТС. В результате этого данная система была подвергнута детальному анализу, который, в свою очередь, выявил значительное число отказов блока пробкоуловителей.

На приведенной далее укрупненной схеме ПХГ отражено расположение блока пробкоуловителей (Рисунок 2).

Пробкоуловитель предназначен для отделения от газа капельной влаги и улавливания залповых выбросов жидкости. На рассматриваемом ПХГ используются блок емкости-пробкоуловителей Е-1, они снабжены приборами КИПиА, измеряющих давление и температуру.

Пробкоуловитель работает следующим образом: сырой газ поступает в аппарат через радиально расположенный штуцер на отбойную пластину входа газа, где проходит частичное отделение крупных капель жидкости и механических примесей из газа. После предварительной очистки газ проходит через узел, состоящий из 38 минициклонов, где проходит отделение капельной жидкости и механических примесей из газа за счет центробежных сил [3]. Очищенный газ, выходя из верхней части минициклонов, выводится из аппарата через штуцер выхода газа, а жидкость и механические примеси через сливную трубу выводятся в кубовую часть аппарата под минимально допустимый уровень. Жидкость, скопившаяся в сборнике жидкости, отводится через штуцер сборника жидкости в дегазатор метанольной воды.

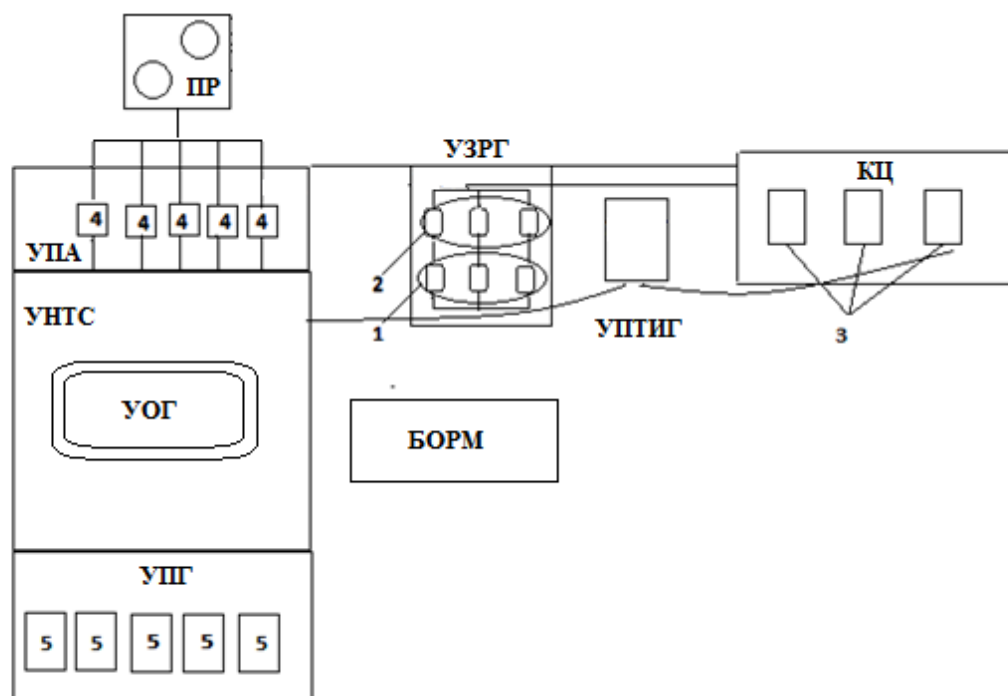


Рис. 2. Схема наземных сооружений ПХГ Романово

КЦ – компрессорный цех; УЗРГ – установка замера расхода газа;

УПА - установка переключающей арматуры; УПТИГ – установка подготовки топливного и импульсного газа; ПР – подземный резервуар; УНТС – установка низкотемпературной сепарации газа;

УПГ – установка подогревателей газа; УОГ – установка охлаждения газа;

БОРМ – блок огневой регенерации метанола;

1 - блок пылеуловителей; 2 - замерные нитки;

3 – газоперекачивающий аппарат; 4 – блок пробкоуловителей; 5 – подогреватели газа

Причиной возникновения любого отказа нефтегазового оборудования (например, пробкоуловителя) является комплекс внешних и внутренних факторов, воздействующих на техническое устройство. Кроме того, важно учитывать, что комплексы факторов, влияющих на техническое устройство (в частности на пробкоуловитель) разнятся в зависимости от того, на какой стадии жизненного цикла находится рассматриваемый аппарат. Для полноты картины представим все факторы, влияющие на пробкоуловитель, на различных стадиях его жизненного цикла (Рисунок 3) [2].

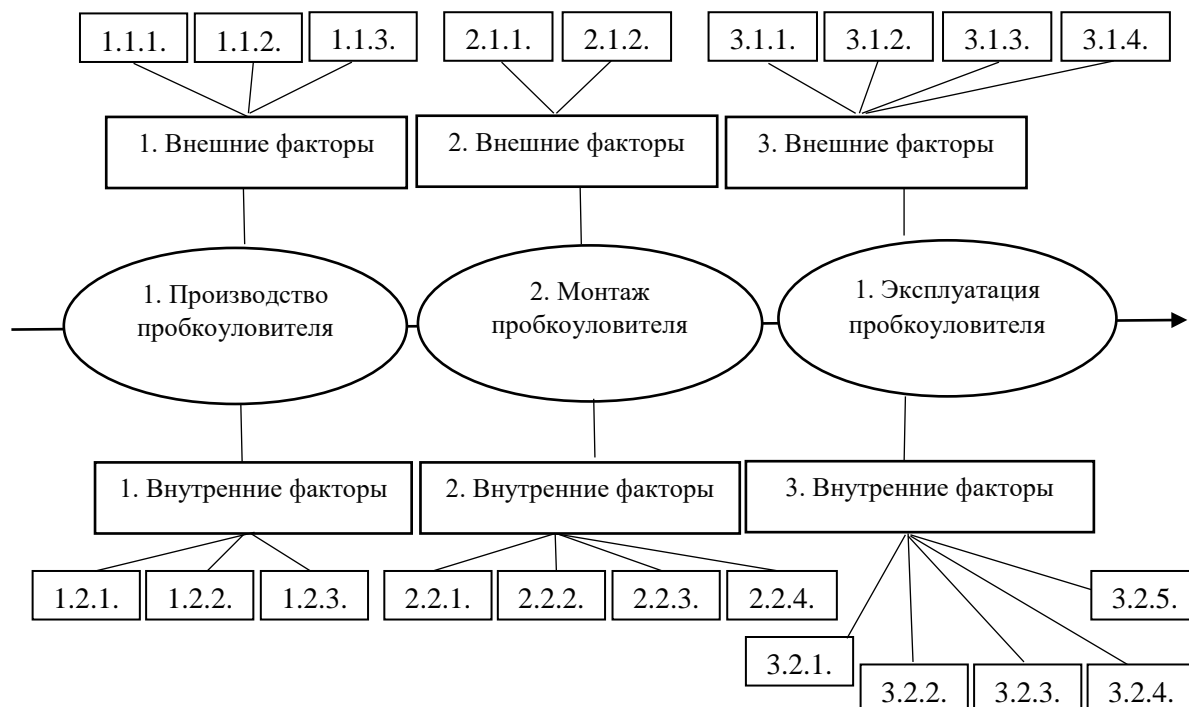


Рис. 3. Факторы, воздействующие на пробкоуловитель

- 1.1.1. - Качество материалов;
- 1.1.2. - Квалификация персонала;
- 1.1.3. - Организация технологического процесса;
- 1.2.1. - Климатические факторы проектируемого оборудования;
- 1.2.2. - Обеспечение условий производства;
- 1.2.3. - Обеспечение качества итогового контроля;
- 2.1.1. - Качество материалов;
- 2.1.2. - Организация монтажа оборудования;
- 2.2.1. - Проведение сварочных работ;
- 2.2.2. - Квалификация персонала;
- 2.2.3. - Организация технологического процесса;
- 2.2.4. - Приемка и проведение контроля качества монтажа;
- 3.1.1. - Организация технологии сепарации;
- 3.1.2. - Состав газа;
- 3.1.3. - Условия эксплуатации;
- 3.2.1. - Абразивный износ деталей;
- 3.2.2. - Падение производительности сепарации;
- 3.2.3. - Падение давления;
- 3.2.4. - Снижение степени очистки;
- 3.2.5. - Неравномерность степени очистки

Представив различные факторы, влияющие на пробкоуловитель, перейдем к анализу статистических данных по видам отказов, фиксируемых на каждой из стадий его жизненного цикла. Данный анализ позволяет установить взаимосвязь между тем, какие факторы являются преобладающими на том или ином этапе, и с какими причинами отказов они коррелируют [1].

На графике (Рисунок 4) видно, что на этапе производства наибольшее количество отказов связывается с такими факторами, как обеспечение условий производства, качество материалов и организация технологического процесса.



Рис. 4. Статистика отказов на этапе производства пробкоуловителя

Это наталкивает нас на необходимость более жесткого контроля и не голословного внедрения, но следования основным принципам ISO 9000 на предприятиях по производству комплектующих для газотранспортной системы. Вместе с тем, стоит подчеркнуть, что абсолютное число отказов системы пробкоуловителей резко возрастает на следующих этапах: этапе монтажа и этапе эксплуатации (статистические данные по отказам на этапах производства, монтажа и эксплуатации пробкоуловителей представлены на рисунках 4, 5 и 6) [3].



Рис. 5. Статистика отказов на этапе монтажа пробкоуловителя

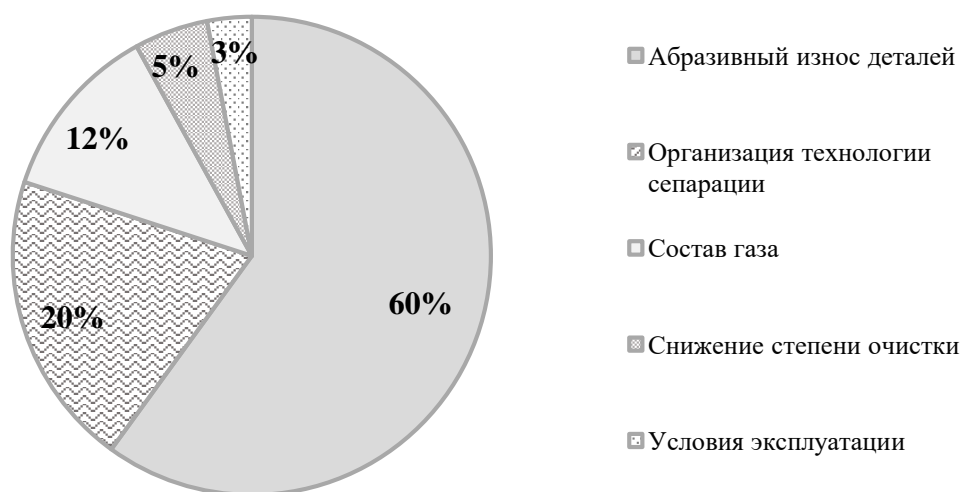


Рис. 6. Статистика отказов на этапе эксплуатации пробкоуловителя

Так, на этапе монтажа до 40 % отказов пробкоуловителей связывает с организацией процесса монтажа оборудования. Это обусловлено такими факторами, как качество выполняемой работы и квалификация специалистов. Вместе с тем, при монтаже значительное количество отказов также связано и с низким качеством итогового контроля, что обусловлено применением устаревшего оборудования и инструментов [3, 4].

Говоря об этапе эксплуатации пробкоуловителей на ПХГ: данные как по России в целом, так и данные по ПХГ Романово свидетельствуют о том, что основным отказом при их эксплуатации является абразивный износ деталей. Во многом абразивный износ деталей связан с нахождением в природном газе частиц, оказывающих негативное воздействие на детали пробкоуловителя, и влияет на степень очистки газа [5]. В результате происходит значительное снижение долговечности и надежности пробкоуловителя. В результате обработки данных по динамике абразивного износа деталей пробкоуловителей Калининградского ПХГ была выявлена регрессионная зависимость (рисунок 7), которая показывает разную взаимосвязь между величиной абразивного износа пробкоуловителей и степенью очистки газа.

Из данной диаграммы видно, что зависимость между абразивным износом и степенью очистки газа существует и является обратной.

В ходе расчетов коэффициент корреляции принял значение $-0,993$. Что, в свою очередь, означает, что между переменными наблюдается отрицательная корреляция [1]. Иными словами, при возрастании величины гидроабразивного износа степень очистки газа уменьшается. Результат подтверждается также коэффициентом конкордации, равным $0,087232$, и коэффициентом Спирмена равным -1 . Что также свидетельствует об обратной связи. Исходя из выявленной зависимости и представленных данных, очевидна необходимость реализации мероприятий на Калининградском ПХГ по снижению абразивного износа деталей пробкоуловителей.

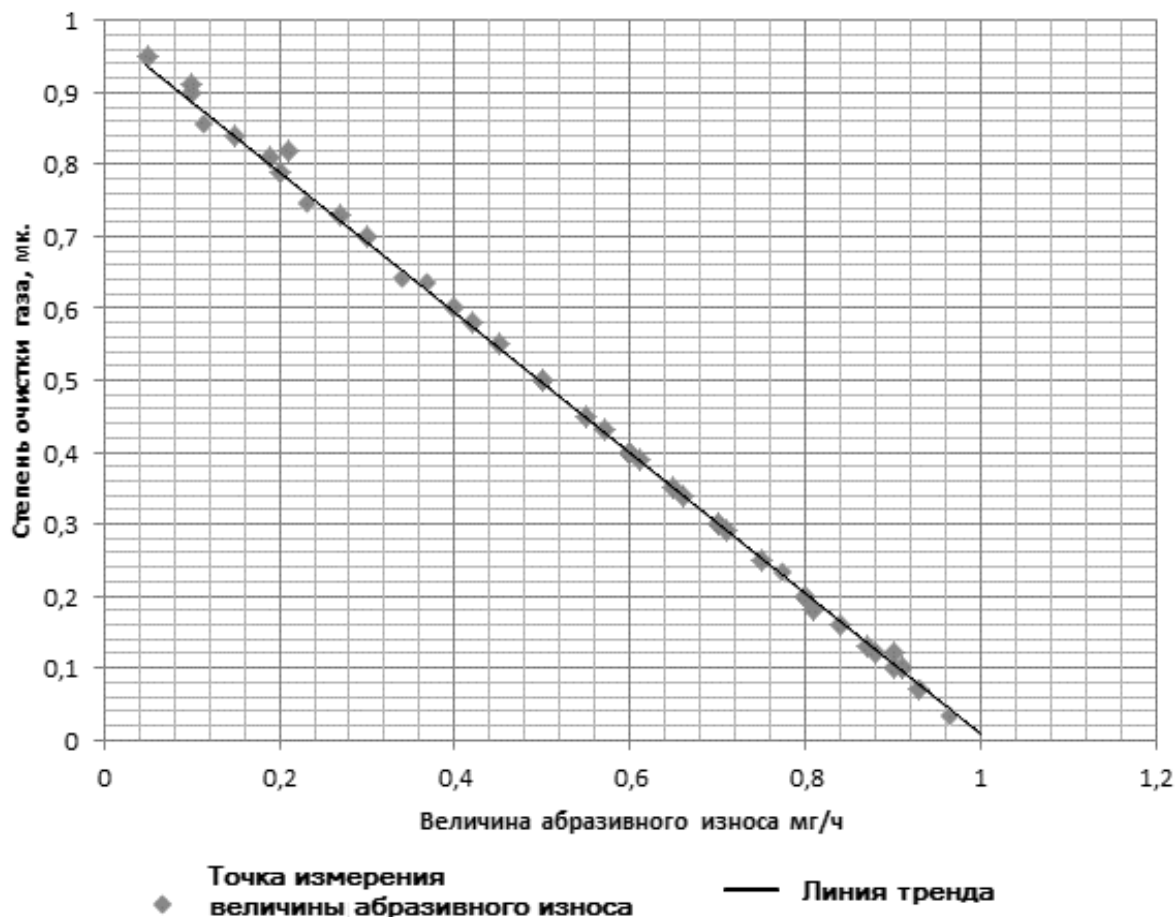


Рис. 7. Выявление взаимосвязи между величинами X и Y

Сокращение абразивного износа во многом может быть достигнуто рядом способов [5], а именно:

1. Обеспечение высокой точности изготовления и монтажа элементов конструкции циклона.

Данный подход уменьшает число зон накопления абразивных частиц, снизит кавитационные эффекты и уменьшит нагрузку на рабочие зоны пробкоуловителя. Вместе с тем, подход связан с серьезным уменьшением как производственного процесса, так и качества монтажа (что ведет за собой значительные финансовые затраты).

2. Повышение прочностных свойств элементов конструкции циклона.

Подобный подход связан также с внесением значительных изменений в технологию производства пробкоуловителей и применение новых монтажных материалов.

3. Термодиффузионное хромирование.

Технологический процесс хромирования деталей, используемых в газотранспортных системах, достаточно широко распространен, однако в известной степени затратен. Его применение может представляться рациональным в условиях повышенного износа деталей.

4. Наноструктурированные покрытия.

Наноструктурированные покрытия превосходят микроструктурированные по прочности, адгезии, коррозионно-, термо- и износостойкости. При использовании нанопокровтий появляется возможность достичь минимальной пористости структуры покрытия, близкой к компактному состоянию исходного материала, а также увеличить прочностные характеристики покрытий.

5. Своевременная замена фильтров.

Является стандартной процедурой, однако достаточно затратна, учитывая частоту применения. Обычно при замене фильтров в пробкоуловителе осуществляют следующий комплекс действий: внешний осмотр пробкоуловителя; проверка плотности фланцевых соединений; проверка состояния крепёжных деталей; проверка работоспособности присоединённой запорной арматуры; проверка исправности КИП; проверка исправности заземления; открытие крышки пробкоуловителя и проверка

прокладки; осмотр внутренней поверхности корпуса и очистка пробкоуловителя; замена фильтроэлементов; проведение ВНО, ВНК. Как видно из описания, наряду с достаточной временной продолжительностью процедура замены фильтров требует и высокого профессионализма инженерно-технического персонала. Рассматривая различные подходы по повышению качества работы системы пробкоуловителей, произвели их сравнительный анализ. Сравнительный анализ осуществлялся с привлечением группы специалистов ПХГ Романово, БФУ им И. Канта, и ОАО «Калининградгазификация».

В результате была получена следующая сводная таблица по сравнению различных подходов по повышению качества работы пробкоуловителей на ПХГ (Таблица 1).

Таблица 1
Сравнение различных особенностей применения различных методов по обслуживанию пробкоуловителя

Методы	Преимущества	Недостатки
Обеспечение высокой точности изготовления и монтажа элементов конструкции циклона	- удобство монтажа; - увеличение срока безопасной эксплуатации	- высокая стоимость; - изменение технологии производства и монтажа
Повышение прочностных свойств элементов конструкции циклона (герметизация)	- увеличение срока безопасной эксплуатации	-необходимость дополнительных работ; -дополнительное обследование
Термодиффузионное хромирование	- долговечность обработки	- высокая стоимость работ
Наноструктурированные покрытия	- повышенная износостойкость	- высокая стоимость работ; -высокая технологичность процесса
Своевременная замена фильтров	- широко распространенный способ и в случае налаживаемых отношений с поставщиками - доступный	- трудозатраты; - остановка технологического процесса

Наряду с приведенными данными, группе экспертов было предложено выделить наиболее перспективные с точки зрения применения подходы к устранению существующей проблемы. Большинство экспертов были выделены два подхода – хромирование и замена фильтров.

Основываясь на заключении группы экспертов был произведен экономический расчет затрат на проведение работ и замене фильтров (рисунок 8) и хромированию деталей пробкоуловителей (рисунок 9).

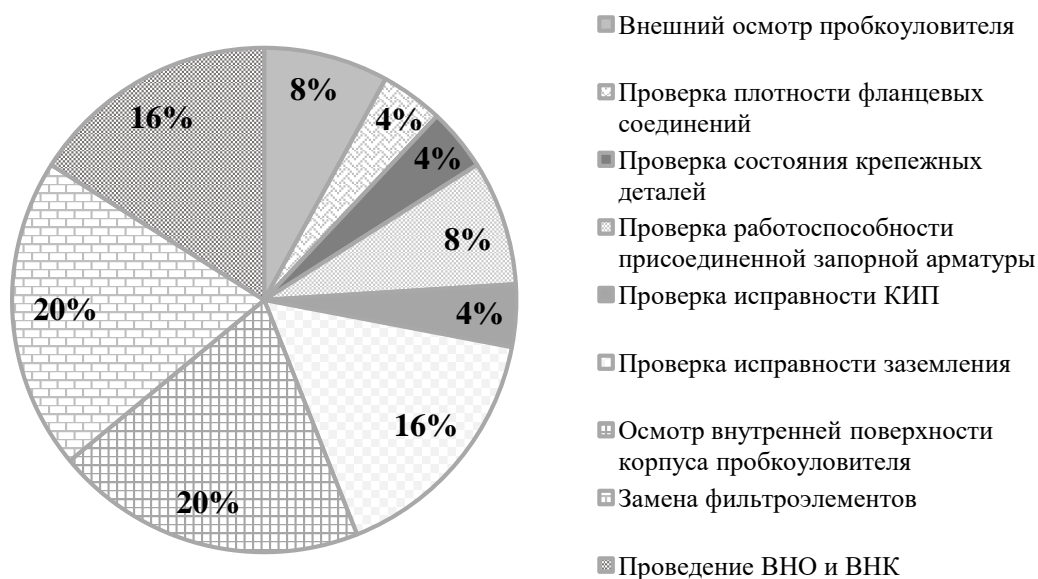


Рис. 8. Доли финансовых затрат по замене фильтроэлементов в пробкоуловителе

Из представленных данных видно, что разовое хромирование в целом значительно дороже замены фильтроэлементов, потому что требует значительных трудозатрат. Для хромирования одной детали требуется: шлифовка детали, промывка в бензине, просушка детали на воздухе, установка детали на подвесное приспособление, натирание детали кашицей кальцементированной извести, анодная обработка, погружение детали в хромовую ванну, анодное травление, промывка в ванне после хромирования, просушка детали на воздухе, снятие с подвесного приспособления, очистка от изоляции.



Рис. 9. Доли финансовых затрат по хромированию деталей пробкоуловителя

Однако, рассматривая вопрос использования пробкоуловителей на значительном временном интервале, невозможно отвергать вариант хромирования с такой категоричностью (рисунок 10).

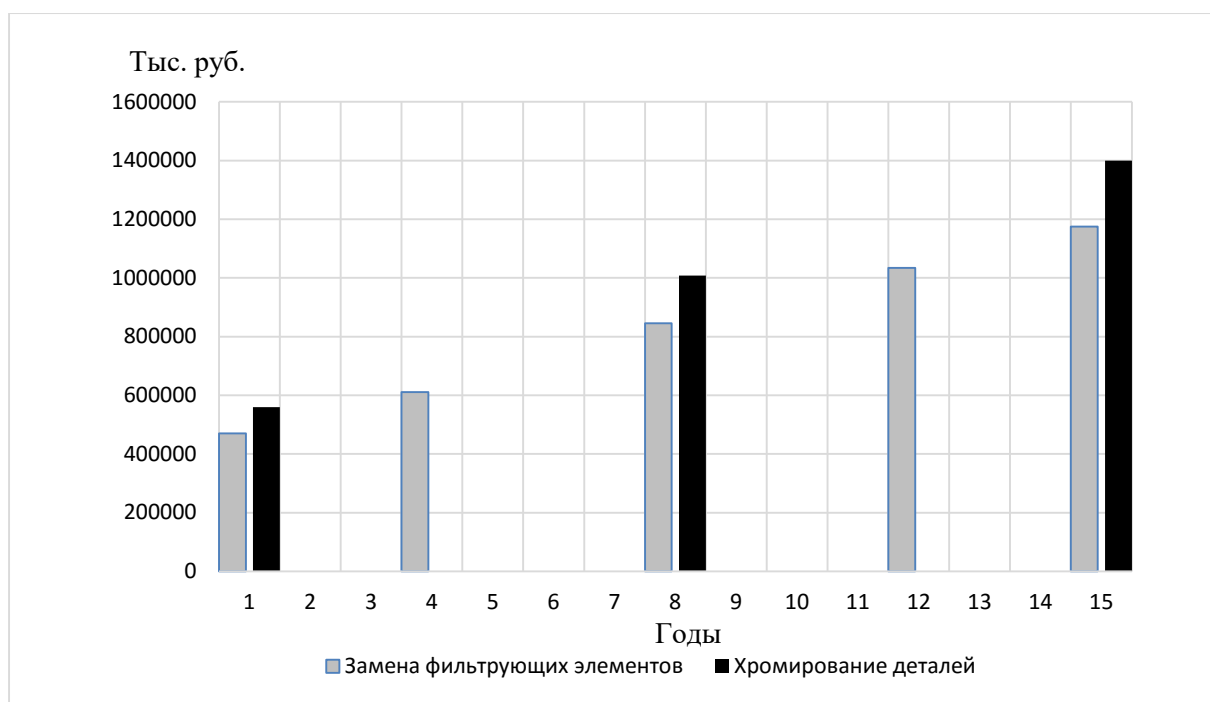


Рис. 10. Экономическое сравнение интервалов проведения работ по хромированию и замене пробкоуловителей во времени (с учетом затрат)

Исходя из представленных данных, следует, что на значительном временном интервале использование технологии хромирования деталей пробкоуловителя предпочтительнее с экономической точки зрения. Так, на настоящий момент затраты по замене фильтроэлементов пробкоуловителя на ПХГ в течение 15 лет составляют 4 136 000 руб. Работы же по хромированию деталей пробкоуловителя в течение аналогичных 15 лет потребуют 2 968 000 руб.

В итоге необходимо подчеркнуть, что вопрос обеспечения надежности функционирования различных элементов газотранспортной системы (в том числе и пробкоуловителей) является серьезной насущной проблемой энергосистемы. Успешное разрешение данной проблемы требует комплексного подхода, направленного как на техническое перевооружение систем, так и на повышение квалификации кадров и изменение подходов к обеспечению менеджмента качества нефтегазового оборудования в России в целом.

Литература

1. *Бараз В. Р.* Корреляционно-регрессионный анализ. М.: Недра, 2015. – 43 с.
2. *Крагельский И. В.* Основы расчётов на трение и износ. М.: Недра, 2010. - 526 с.
3. *Кропн Л. И., Акбрут А. И.* Устройство для очистки газов. – М.: Недра, 2007. – 84 с.
4. *Тарасов В. В., Лоханина С. Ю.* Особенности оценки износостойкости при абразивном изнашивании. М.: Недра, 2013. – 83 с.
5. *Щербань П. С., Нордин В. В.* Комплексный подход к управлению качеством процессов функционирования сложных технических объектов // Вести высших учебных заведений Черноземья 2014, № 4 С. 51-56.