DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-2-61-66

УДК 622.691.24:620.179.18

М.С. Степанов, П.С. Кунина, Д.А. Иноземцев, В.В. Дубов (Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Российская Федерация)

ОБРАЗОВАНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ НАГНЕТАТЕЛЯ ПОСЛЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГАЗА ИЗ ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ГАЗА

Mikhail S. Stepanov, Polina S. Kunina, Dmitriy A. Inozemtsev, Vitaliy V. Dubov
(Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation)

DEPOSIT FORMATION IN A SUPERCHARGER WATER PASSAGES AFTER GAS SELECTION FROM THE UNDERGROUND GAS STORAGE

Введение

С наступлением отопительного сезона увеличивается потребление газа. В связи с этим для снижения нагрузок и обеспечения надежности поставок газа создаются подземные хранилища газа, в которых газ накапливают, хранят и, при увеличении спроса, отдают потребителям. Перед тем как поступить в магистральный трубопровод, отобранный из подземного хранилища газа (ПХГ), газ проходит очистку от поднимаемых из скважины примесей: частиц породы пласта, пластовой воды и углеводородов C_3 и выше.

Цели и задачи

Изучить проблему появления отложений на элементах проточной части нагнетателя вследствие недостаточной очистки газа после его извлечения из ПХГ.

Результаты

Очистка осуществляется непосредственно на ПХГ, в блоках очистки газа. Но достичь 100 %-ого эффекта очистки газа невозможно, фактор уноса все равно имеет место, а зачастую устаревшее оборудование

Background

When the heating season begins, gas consumption increases. In this regard, in order to reduce on-load and ensure reliability of gas supply, there created underground gas storage facilities for gas accumulating, storing and, in case of increasing demand, giving to consumers. Before entering the main pipeline the gas taken from the underground gas storage (UGS) is purified from the impurities lifted from the well: formation rock particles, formation water and hydrocarbons C_3 and higher.

Aims and Objectives

To study the problem of the deposit formation on the elements of the supercharger water passages due to inadequate gas purification after its extraction from the UGS.

Results

The purification is carried out right at the UGS, in gas purification units. But to achieve 100 % of the gas purification is impossible owing to presence of the entrainment factor, and often out-of-date equipment does not allow

не позволяет даже очистить газ до необходимых технических требований, кроме того на некоторых давно эксплуатируемых ПХГ очистка происходит только от механических примесей (пылеуловителями).

Все это приводит к тому, что имеет место вброс газа, содержащего различные примеси в технологические и магистральные трубопроводы, что негативно сказывается на эксплуатационных характеристиках оборудования трубопроводной системы. Особенно этим негативным воздействиям подвержены компрессорные установки, где в проточной части из-за примесей, содержащихся в газе, образуются различные отложения. Больше всего они отрицательно влияют на стабильную работу центробежного нагнетателя газоперекачивающего агрегата и могут привести к нарушению работоспособности всего агрегата в целом.

even to pure the gas up to the required technical requirements, besides on some UGS being under operation for a long time purification is implemented only from mechanical impurities (by dust collectors).

All this leads to the fact that there is an injection of gas containing various impurities into technological and main pipelines, negatively affecting the piping system equipment operating characteristics. In particularly to these negative influences the compressor units are subjected because different deposits form in supercharger water passages for the impurities containing in the gas.

Mostly they negatively affect the stable operation of the gas-compressor unit centrifugal supercharger and can lead to abnormal operation of the whole unit.

Ключевые слова: отложение, центробежный компрессор, подземное хранилище газа, газоперекачивающий агрегат, очистка газа, компрессорная станция

Key words: deposit, centrifugal compressor, underground gas storage, gas-pumping unit, gas cleaning, compressor station

Магистральные газопроводы, по которым газ транспортируется от месторождений к местам потребления, работают с относительно постоянной производительностью. Однако потребление газа характеризуется, в первую очередь, сезонной неравномерностью. С наступлением отопительного сезона потребление газа резко возрастает, особенно в регионах, где преобладают частные домовладения. В таких регионах, как, например, Краснодарский край, в частных домовладениях система отопления индивидуальна, и в качестве топлива используется сетевой природный газ (газификация региона составляет более 85 %). Для снижения пиковых нагрузок используют подземные хранилища газа (ПХГ). ПХГ - сезонные хранилища газа (от апреля по октябрь - закачка, потом - отбор), ко-

торые создаются в выработанных месторождениях углеводородов, водоносных пластах или соляных отложениях [1].

Перед тем как поступить в магистральный трубопровод, отобранный газ проходит очистку от поднимаемых из скважины примесей: частиц породы пласта, пластовой воды и углеводородов C_3 и выше.

Очистка осуществляется непосредственно в ПХГ, в блоках очистки газа. Но достичь полной очистки газа невозможно, фактор уноса все равно имеет место, а зачастую устаревшее оборудование не позволяет даже очистить газ до необходимых технических требований, а на некоторых ПХГ очистка происходит только от механических примесей (например в Ставропольском крае) [2]. Все это приводит к тому, что происходит вброс в

технологические и магистральные трубопроводы газа, содержащего различные примеси, что негативно сказывается на эксплуатационных характеристиках оборудования трубопроводной системы.

Примеси, содержащиеся в газе в результате недостаточной очистки, образуют различные отложения (углеродистые и пылевые, легкоудаляемые и трудноудаляемые) в оборудовании компрессорных станций.

Если давление отбираемого из ПХГ газа ниже давления в магистральном трубопроводе, то такое хранилище считается ПХГ с

низким давлением. В этом случае для увеличения давления газа до магистрального используется компрессорная станция [3].

Именно на таких компрессорных станциях образование отложений в проточной части нагнетателя имеет наиболее явный характер.

Исследования показали, что распределение отложений по лопаткам рабочих колес неравномерно. Так как нагнетатель может иметь несколько ступеней сжатия, то наибольшее количество отложений наблюдалось на первых ступенях (рисунок 1).

а)

б)

- а) отложения на рабочем колесе ротора нагнетателя;
б) отложения на корпусе нагнетателя

Рисунок 1. Отложения в виде илесто-глинистых композиций на элементах нагнетателя

Также через проточную часть нагнетателя проходят легкокипящие жидкие углеводороды, которые содержатся в газе, и постепенно покрывают всю внутреннюю поверхность нагнетателя, что приводит к увеличению налипания отложений на элементах проточной части. Как показало исследование, самым опасным видом отложений являются пирофорные соединения.

Пирофорное соединение - вредное вещество 2-ого класса опасности, является смесью продуктов сероводородной коррозии сульфидов железа, смолистых веществ и механических примесей, которое способно к самовозгоранию при контакте с кислородом. Полной гарантией против этих явлений может быть только предварительное удаление из газа сероводорода и элементарной серы. Кстати, следует отметить, что такие отложения появляются также и в резервуарах сырой нефти [4].

Без сомнения, все отложения в проточной части нагнетателя нарушают стабильную работу газоперекачивающего агрегата (ГПА). Из-за неравномерности образования отложений на лопатках нагнетателя возникает неуравновешенность ротора, приводящая к по-

явлению сил и моментов, вызывающих вибрацию, как самого ротора, так и всей машины в целом, т.е. статистический, динамический и дисбаланс моментов ротора. Кроме того, при диагностике выявляется и аэродинамический дисбаланс.

В результате образования отложений происходит сужение межлопаточного пространства, что инициирует неустойчивый режим работы - срыв потока с выпуклой поверхности профиля лопаток в результате больших положительных углов атаки, а также микропомпажи. Из-за неустойчивого течения газа возникает интенсивная пульсация перекачиваемого газа, и, как следствие, значительная вибрация всего агрегата и осевой сдвиг ротора.

Отрицательное влияние отложения оказывают и на маслосистему, так как, попадая в маслбак, они забивают трубопроводы маслосистемы. Это приводит к разнице давления в фильтрах маслоочистки, вследствие чего поступает недостаточное количество масла в подшипники скольжения, в результате происходит повреждение вкладышей подшипников и даже выплавление бабита вкладыша (рисунок 2).

Рисунок 2. Расплавление поверхности вкладыша подшипника

Как показывает практика, подшипники скольжения на газоперекачивающих агрегатах, работающих с таким качеством газа, отработывают максимум один сезон, а то и намного меньше [5]. Наличие в масле попавших из газа посторонних примесей влияет на работу системы отвода масла, в которой забиваются сливные отверстия. В результате этого масло поступает в газовую полость уплотнения нагнетателя, а не возвращается обратно в маслобак, что приводит к повреждениям торцовых и лабиринтных уплотнений.

Список литературы

1. Актуальные проблемы наук о Земле: сб. тр. II науч. конф. студентов и молодых ученых с междунар. участием / Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2016. 586 с.
2. Шавалеев Е.В. Повышение эффективности эксплуатации оборудования компрессорного цеха подземного хранилища газа // Нефтегазовые технологии и новые материалы. Проблемы и решения: сб. науч. тр. Уфа, 2014. С. 251-253.
3. Подземное хранение газа / М.В. Лурье, А.С. Дидковская, Д.В. Варчев, Н.В. Яковлева. М.: Нефть и газ, 2004. 172 с.
4. Шибнев А.В., Засецкий В.Г., Щербицкис И. Повышение надежности ПХГ на основе прогнозирования вибросостояния технологического оборудования компрессорного цеха // ПХГ: надежность и эффективность: тез. докл. II Междунар. конф. М., 2008. С. 96-97.
5. Кунина П.С., Величко Е.И., Абессоло М. Анализ технического состояния упорных подшипников газоперекачивающих агрегатов // Нефть. Газ. Новации. 2014. № 5 (184). С. 41-44.

Выводы

1. Причиной неустойчивых течений газа в проточной части ГПА (после его извлечения из ПХГ) является его недостаточная очистка, что приводит к появлению различного рода отложений на лопатках нагнетателя.
2. Вследствие образования отложений на лопатках нагнетателя могут возникнуть аварийные и опасные ситуации, вызванные в т.ч. повреждением вкладышей подшипника скольжения, осевым сдвигом и т.д.

References

1. *Sbornik trudov II nauchnoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem «Aktual'nye problemy nauk o Zemle»* [Collection of Scientific Works of II Scientific Conference of Students and Young Scientists with international Participation «Actual Problems of Earth Sciences»]. Rostov-na-Donu, Izd-vo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2016. 586 p. [in Russian].
2. Shavaleev E.V. *Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii oborudovaniya kompressornogo tsekha podzemnogo khranilishcha gaza* [Increase in the Efficiency of Operation of the Equipment of the Compressor Shop of the Underground Gas Storage]. *Sbornik nauchnykh trudov «Neftegazovye tekhnologii i novye materialy. Problemy i resheniya»* [Collection of Scientific Works «Oil and Gas Technologies and New Materials. Problems and Solutions»]. Ufa, 2014, pp. 251-253. [in Russian].
3. Lur'e M.V., Didkovskaya A.S., Varchev D.V., Yakovleva N.V. *Podzemnoe khranenie gaza* [Underground Gas Storage]. Moscow, Neft' i gaz, 2004. 172 p. [in Russian].
4. Shibnev A.V., Zasetskii V.G., Shcherbitskii I. *Povyshenie nadezhnosti PKhG na osnove prognozirovaniya vibrosostoyaniya tekhnologicheskogo oborudovaniya kompressornogo tsekha* [Increase of UGS reliability on the basis of forecasting of the vibration state of the technological equipment of the compressor sector]. *Tezisy dokladov II Mezhdunarodnoi konferentsii «PKhG: nadezhnost' i effektivnost'»* [Thesis of Reports of II International Conference «UGS: Reliability and Efficiency»]. Moscow, 2008, pp. 96-97. [in Russian].
5. Kunina P.S., Velichko E.I., Abessolo M. *Analiz tekhnicheskogo sostoyaniya upornykh podshipnikov gazoperekachivayushchikh agregatov* [Analysis of Thrust Bearing Technical Status Used in Gas Compressor Units]. *Neft'. Gaz. Novatsii - Oil. Gas. Novations*, 2014, No. 5 (184), pp. 41-44. [in Russian].

Авторы

• Степанов Михаил Сергеевич
Кубанский государственный
технологический университет
Ассистент кафедры «Оборудование
нефтяных и газовых промыслов»
Российская Федерация, 350058,
г. Краснодар, ул. Старокубанская, 88/4
тел. (861) 233-65-29
e-mail: m.s.stepanov@mail.ru

• Кунина Полина Семеновна, д-р техн. наук,
профессор
Кубанский государственный
технологический университет
Заведующая кафедрой «Оборудование
нефтяных и газовых промыслов»
Российская Федерация, 350058,
г. Краснодар, ул. Старокубанская, 88/4
тел. (861) 233-65-29
e-mail: pelagea47@mail.ru

• Иноземцев Дмитрий Александрович
Кубанский государственный
технологический университет
Ассистент кафедры «Оборудование
нефтяных и газовых промыслов»
Российская Федерация, 350058,
г. Краснодар, ул. Старокубанская, 88/4
тел. (861) 233-65-29

• Дубов Виталий Викторович
Кубанский государственный
технологический университет
Старший преподаватель кафедры «Оборудова-
ние нефтяных и газовых промыслов»
Российская Федерация, 350058,
г. Краснодар, ул. Старокубанская, 88/4
тел. (861) 233-65-29

The Authors

• Stepanov Mikhail S.
Kuban State Technological University
Assistant of Equipment for Oil and Gas Fields
Department
88/4, Starokubanskaya str., Krasnodar, 350058,
Russian Federation
tel: (861) 233-65-29
e-mail: m.s.stepanov@mail.ru

• Kunina Polina S., Doctor of Engineering
Sciences, Professor
Kuban State Technological University
Head of Equipment for Oil and Gas Fields
Department
88/4, Starokubanskaya str., Krasnodar, 350058,
Russian Federation
tel: (861) 233-65-29
e-mail: pelagea47@mail.ru

• Inozemtsev Dmitriy A.
Kuban State Technological University
Assistant of Equipment for Oil and Gas Fields
Department
88/4, Starokubanskaya str., Krasnodar, 350058,
Russian Federation
tel: (861) 233-65-29

• Dubov Vitaliy V.
Kuban State Technological University
Senior Lecturer of Equipment for Oil and Gas Fields
Department
88/4, Starokubanskaya str., Krasnodar, 350058,
Russian Federation
tel: (861) 233-65-29