

1. Наибольшее негативное влияние на добычу оказывает расположение скважины вблизи неколлектора. Эта область характеризуется низкими толщинами коллектора и ухудшенными коллекторскими свойствами. Расположение скважин вблизи ВНК также нежелательно по причине быстрого обводнения. Таким образом, определяющим фактором являются структурные особенности пласта.

2. Вторым важным фактором можно назвать пористость пласта. Хорошая пористость определяет то, что в этом же месте будет и хорошая проницаемость, а значит и высокий коэффициент охвата.

3. Третьим по важности фактором является эффективная толщина коллектора. В совокупности с пористостью и нефтенасыщенностью (удельные запасы), можно твердо сказать, что в области низких запасов будет и низкая добыча. Однако высокие удельные запасы не гарантируют высокую добычу.

4. Фактор нефтенасыщенности коллектора практически не оказывает влияния на разницу в величине добычи по скважинам.

5. Используемых нами данных не достаточно, чтобы в полной мере определить, почему некоторые скважины являются высокопродуктивными, а соседние с ними нет. Можно предположить, что распределение проницаемости коллектора по площади будет отличаться от распределения пористости.

Литература

1. Пересчет запасов нефти и растворенного газа, и ТЭО КИН месторождения Величаевско-Колодезное. Научно-технический отчет по договору №1750210/0061Д. г. Краснодар, 2011 г.

УДК 662.994/621.574.013-932.2

Паросоченко Сергей Анатольевич

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ГПА КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КС

В статье рассмотрены возможные пути решения проблемы использования наиболее крупного источника вторичных энергетических ресурсов компрессорной станции – теплоты выхлопных газов газоперекачивающих агрегатов на примере Рождественской газоконпрессорной службы Северо-Ставропольского подземного хранилища газа (ПХГ). Утилизацию тепла предлагается производить с применением абсорбционных холодильных машин и использовать полученный холод для повышения эффективности работы оборудования, установленного на КС, а также снижения расхода топливно-го газа газоперекачивающих агрегатов.

Ключевые слова: газоконпрессорная станция, вторичные энергоресурсы, теплоты выхлопных газов, утилизация теплоты, абсорбционные холодильные машины

Parosochenko Sergey A.

UTILIZATION OF GAS-COMPRESSOR UNITS' EXHAUST GASES HEAT AS A METHOD OF ENERGY AND ECOLOGICAL EFFICIENCY INCREASE OF A COMPRESSOR STATION PERFORMANCE

The problem and possible ways of the largest source of compressor stations secondary energy resources use – exhaust gases heat of gas-compressor units are considered in this paper. Rozhdestvenskaya gas compressor station of North-Stavropolskiy underground gas storage (UGS) was taken as an example. It is proposed to produce heat utilization using the absorption refrigerating machines, and to use the chill received both for the effective function of the equipment installed at the compressor stations, and for the reduction of gas pumping units fuel gas consumption.

Key words: gas compressor station, secondary energy resources, exhaust gases heat, heat utilization, absorption refrigerating machines

Согласно статистике, экономика в России является одной из наиболее энергоёмких в мире, по эффективности использования топливо-энергетических ресурсов (ТЭР) в 3–6 раз отстаёт от многих развитых стран. Причиной этого является целый ряд самых разнообразных факторов от использования морально устаревшего и физически изношенного оборудования до менталитета. Есть и объективные факторы, такие как протяжённость территории, на севере – тяжелые климатические условия, но даже с учетом этого ресурсы используются нерационально.

Опыт участия в реализации программ энергосбережения на производстве позволяет сделать вывод о том, что добиться заметной реальной экономии ТЭР без основательной модернизации оборудования или внедрения инновационных решений по использованию вторичных ТЭР, невозможно даже при имеющемся потенциале. Должное внимание энергосбережению не уделяется, реализуемые в настоящее время решения в большинстве случаев не затрагивают кардинально основные технологические процессы, некоторые мероприятия носят формальный характер. Большинство мероприятий направлено на экономию незначительного объема используемых энергетических ресурсов, что, соответственно, не может заметно изменить ситуацию.

Для получения максимального эффекта в первую очередь необходимо направить внимание и усилия на анализ наиболее крупных статей расхода энергоресурсов. Для объектов ООО «Газпром ПХГ», как и для большинства предприятий газовой промышленности, основным энергоресурсом является природный газ (в целом по ОАО «Газпром» доля природного газа в используемых энергоресурсах превышает 90 %). По Ставропольскому УПХГ среди всех статей расхода природного газа более 80 % составляет топливный газ для привода газоперекачивающих агрегатов (к примеру, в 2008 г. 83 % газа, расходуемого на собственные нужды Ставропольского УПХГ, пришлось на топливный газ ГПА). В стоимостном выражении затраты на топливный газ ГПА за 2008 год составили более 100 млн руб.

Газотурбинный двигатель обладает целым рядом достоинств и в настоящее время незаменим для работы в составе ГПА, но экономичность не в их числе. Паспортный КПД ГПА-Ц-8Б, установленных на Рождественской ГКС, составляет 32 % при номинальном режиме работы. Кроме того, эффективность работы ГПА на ПХГ снижается при работе в зоне, не достигающей оптимального режима ввиду того, что мощность агрегата не задействована. В настоящее время большую часть сезона закачки ГПА работают с пониженной потребляемой мощностью, поскольку давление в ПХГ гораздо ниже оптимального для ГПА. При проектировании КС ПХГ все расчеты проводились исходя из условий максимального проектного давления газа в хранилище с запасом, которое не достигается даже в самом конце закачки. Таким образом, получается, что всё остальное время ГПА работают недогруженными и выдаваемая ими мощность не используется в полном объеме. Отсюда и низкая эффективность работы станции и перерасход топливного газа на каждую тысячу кВт политропной работы.

При работе ГПА образуется большой объем вторичных ресурсов – это тепло выхлопных газов ГПА, температура которых на выходе из выхлопной шахты ГПА составляет по фактическим данным замеров от 430 до 480 °С (в среднем – 450 °С). Расход выхлопных газов составляет 29,1 м³/с на 1 агрегат [1]. За 2008 год суммарно ГПА Рождественской ГКС выбросили в атмосферу около 2,3 млрд м³ выхлопных газов. В настоящее время это тепло на Рождественской ГКС никак не используется. Среди путей решения данной проблемы на КС наиболее широко распространено оборудование выхлопных шахт ГПА утилизаторами тепла, представляющими собой теплообменные аппараты, в которых происходит нагрев теплоносителя (воды) для отопления производственных и административно бытовых помещений станции. Однако это актуально только для линейных компрессорных станций при работе в зимний период или КС ПХГ, работающих при отборе газа.

Рождественская ГКС работает в летний период при закачке газа в ПХГ, поэтому необходимы другие пути использования энергии, среди которых можно выделить два основных – выработка электроэнергии и выработка холода.

Оборудование КС электростанцией, работающей на выхлопном газе ГПА, позволит экономить дорогостоящую в настоящее время покупную электроэнергию. Потребление электроэнергии по станции за сезон закачки 2008 г. составило около 5 млн кВт/ч (затраты на электроэнергию около 8 млн руб).

Поскольку Рождественская ГКС работает летом, повышенная температура окружающего воздуха способствует снижению эффективности работы как компрессорного, так и охлаждающего оборудования (АВО газа). Таким образом, для повышения эффективности необходимо при утилизации избыточной тепловой энергии получать продукт, в котором в тот момент испытывается недостаток – выработка холода, который на КС может быть использован для повышения эффективности работы оборудования по двум направлениям:

- 1) охлаждение технологического газа после компримирования (повышать эффективность работы АВО);
- 2) охлаждение воздуха на входе в осевой компрессор ГПА.

Для охлаждения технологического газа после прохождения ступеней компримирования на станции установлены аппараты воздушного охлаждения, вентиляторы которых приводятся электро-

двигателями. В жаркую погоду уменьшение разности температур между охлаждаемым газом и теплым воздухом значительно снижает эффективность работы электроприводных вентиляторов АВО, что также вызывает повышенный и непроизводительный расход электроэнергии. В результате, высокая температура воздуха компенсируется значительным увеличением его расхода, достижение требуемой температуры газа на выходе АВО газа происходит за счёт увеличения как поверхности теплообмена, так и расхода воздуха, затрачиваемого на охлаждение, то есть включением дополнительных секций АВО газа. При подаче на вентиляторы АВО газа охлажденного воздуха, возрастёт депрессия по температуре на охлаждаемый газ, в результате при сохранении той же температуры газа на выходе будет возможным значительно сократить объём воздуха на охлаждение. Экономия электроэнергии достигается либо отключением части работающих секций АВО газа, либо, что предпочтительнее, снижением скорости вращения вентиляторов с использованием частотного регулирования привода.

Эффективность работы компрессорного оборудования также снижается при высокой температуре окружающего воздуха. Работа газотурбинных двигателей при температуре воздуха до $+35...+40^{\circ}\text{C}$ на входе в двигатель (номинальное значение $+15^{\circ}\text{C}$) приводит к снижению мощности (рис. 1). С апреля по октябрь 2008 года перерасход топливного газа по Рождественской ГКС составил 6,3 млн м^3 газа (11,7 млн рублей).

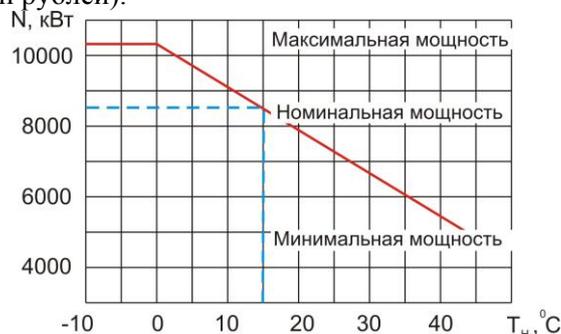


Рис. 1. График зависимости мощности N от температуры окружающего воздуха

Перерасход топливного газа – это одна сторона проблемы, связанная с работой двигателя при высокой температуре окружающего воздуха. Вторая сторона – это влияние такой работы на сам двигатель. В данном случае эффективность необходимо понимать в широком смысле – это не только расход газа, мощность, политропная работа, КПД на какой-то определённый момент времени, но и показатели двигателя, характеризующие его работу в течение продолжительного времени – ресурс двигателя, наработка на отказ, продолжительность его работы между капитальными ремонтами.

Заявленный заводом изготовителем ресурс двигателя означает то, что он может столько проработать при его работе в оптимальных условиях при номинальном режиме загрузки. Повышение эффективности работы в данной ситуации означает, что нужно стремиться создавать условия работы оборудования наиболее близкими к оптимальным. Особенно это актуально в отношении такого дорогостоящего и высокоточного агрегата, как газотурбинный двигатель.

Увеличение температуры делает воздух более разреженным при том же давлении. При этом в единице объёма смеси уменьшается массовое содержание кислорода. Другими словами, при увеличении температуры воздух снижает свои окислительные свойства. Смесь становится излишне обогащённой, то есть происходит уход из оптимального режима сжигания топлива. В результате уменьшаются обороты двигателя, снижается мощность и производительность. Для поддержания производительности ГПА дозатор топливного газа автоматически увеличивает подачу, обороты восстанавливаются, но достигается это перерасходом топливного газа. Увеличение оборотов ротора приводит к увеличению подачи воздуха осевым компрессором, однако смесь по-прежнему остается обеднённой на кислород. Увеличение скорости подачи компонентов смеси в камеру сгорания приводит, во-первых, к увеличению температуры в камере сгорания, во-вторых – к смещению фронта горения по потоку к выходу камеры сгорания, к лопаткам силовой турбины и соплового аппарата. Такое перераспределение поля температур вызывает увеличение температурной нагрузки на лопатки силовой турбины и сопловых аппаратов, и, соответственно, перегрев лопаток. Продолжительная работа в таких условиях приводит к возникновению и развитию трещин в камере сгорания, оплавлению и обгоранию рабочих лопаток силовой турбины и сопловых аппаратов, в результате чего происходит снижение ресурса двигателя. На рис. 2 представлены результаты обследования одного

из двигателей Рождественской ГКС, выполненные специалистами службы МТС ГПА Инженерно-технического центра ООО «Газпром трансгаз Ставрополь».



Рис. 2. Фотография лопатки 1-й ступени соплового аппарата силовой турбины ГТД НК-14СТ (ГПА ст. № 7 Рождественской ГКС)

Это подтверждает анализ статистических данных об отказах двигателей НК-14СТ за 10 лет (1998–2008 гг.), свидетельствующий о том, что в среднем межремонтный ресурс составляет 10,7 тыс. часов, что почти в 2,5 раза меньше нормативного межремонтного ресурса (рис. 3). Капитальный ремонт двигателя проводится на заводе-изготовителе, стоимость ремонта составляет около 35 млн руб.

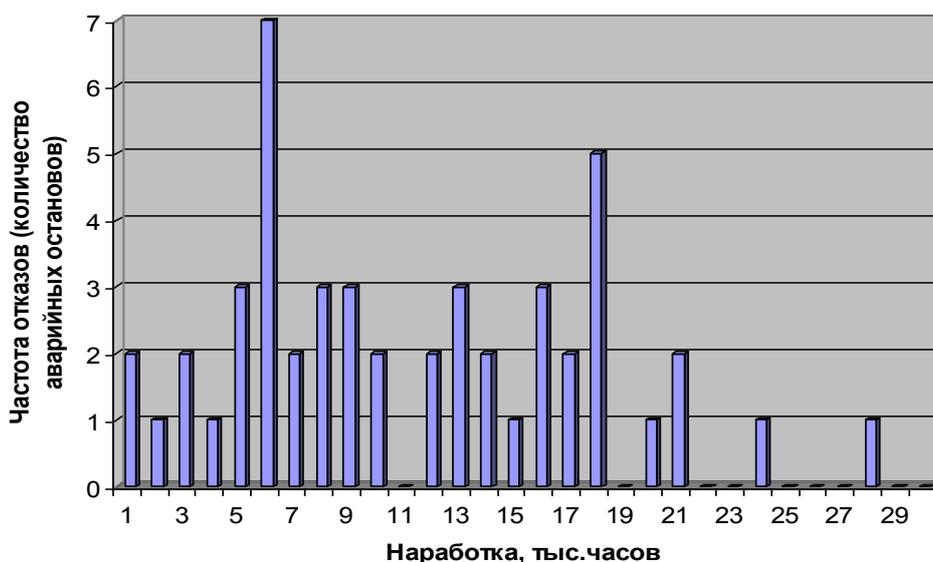


Рис. 3. Распределение количества отказов двигателей НК-14СТ от наработки

Решением комплекса обозначенных выше проблем является применение на КС абсорбционных холодильных машин (АБХМ), представляющих собой пароконденсационные холодильные установки, в которых хладагент испаряется в условиях вакуума при низких температурах за счет его поглощения (абсорбции) абсорбентом.

Существуют 2 основных типа абсорбционных холодильных машин: бромистолитиевые и водоаммиачные. В бромистолитиевых АБХМ в качестве хладагента используется вода, а в качестве абсорбента – бромид лития LiBr. В водоаммиачных АБХМ в качестве хладагента используется аммиак NH₃, а в качестве абсорбента – вода. В настоящее время наибольшее распространение получили бромистолитиевые АБХМ.

Принципиальная схема одноступенчатой бромистолитиевой АБХМ представлена на рис. 4.

Хладагент испаряется при понижении давления в испарителе. Этот процесс идет с поглощением теплоты. В отличие от пароконденсационной холодильной машины, процесс понижения давления в испарителе происходит не за счет работы компрессора, а за счет объемного поглощения (абсорбции) хладагента жидким абсорбентом в абсорбере. Затем абсорбент с поглощенным им хладагентом (бинарный раствор) поступает в генератор (или десорбер). В генераторе бинарный раствор нагревается за счет горения газа, паром или горячими выхлопными газами, в результате чего происходит выделение

хладагента из абсорбента. Обедненный абсорбент из генератора возвращается в абсорбер. Хладагент поступает под давлением в конденсатор, где переходит в жидкую фазу с выделением теплоты, а затем через редуцирующий клапан поступает в испаритель, после чего начинается новый цикл.

Изменение концентрации хладагента в абсорбере и генераторе сопровождается изменением температуры насыщения. Для снижения потерь энергии при циркуляции абсорбента между абсорбером и генератором устанавливается рекуперативный теплообменник.

Наибольшее распространение получили АБХМ, с использованием энергии горячей воды или пара. Кроме того, на ряде ГПА за рубежом внедрены АБХМ, работающие непосредственно на тепловой энергии выхлопных газов, которые для наших условий представляют наибольший интерес. Одной из наиболее известных компаний по производству АБХМ и единственной компанией, предлагающей АБХМ, работающие на энергии выхлопных газов, является американская компания BROAD. Абсорбционные холодильные машины компании BROAD, работающие на энергии выхлопных газов (серии BE), уже нашли применение в странах – лидерах мировой энергетики (США, Германия, Япония, Корея, Арабские Эмираты).

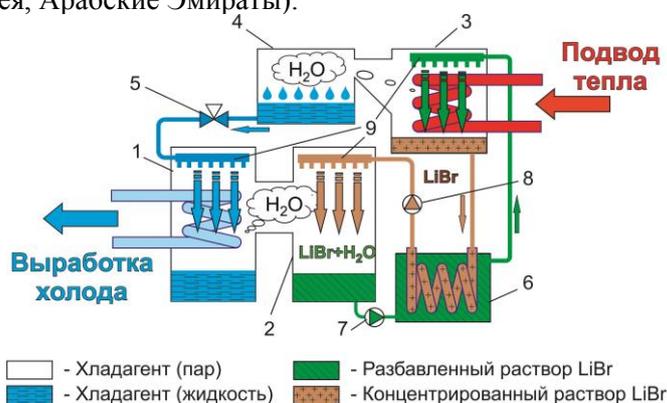


Рис. 4. Принципиальная схема работы одноступенчатой бромисто-литиевой АБХМ: 1 – испаритель; 2 – абсорбер; 3 – десорбер (генератор); 4 – конденсатор; 5 – редуцирующий клапан; 6 – теплообменник; 7 – насос разбавленного раствора; 8 – насос распыления концентрированного раствора; 9 – распылители

В России внедрение АБХМ, работающих на энергии выхлопных газов, только начинается [2, 3]. Как следует из приведённого в статье [3] примера, использование схемы утилизации тепла выхлопных газов абсорбционной холодильной машиной для охлаждения воздуха на входе газотурбинного привода электростанции позволяет значительно повысить КПД двигателя и мощность (до 15 %).

Окончательный ответ на вопрос об эффективности использования АБХМ могут дать только опытно-промышленные испытания. Для этого предлагается установить АБХМ с обвязкой одного ГПА для проведения испытаний. Это позволит точно определить все преимущества, выявить недостатки, определить эксплуатационные расходы, рассчитать эффективность.

Вопросы, рассмотренные в статье на примере Рождественской ГКС, актуальны как для других компрессорных станций ПХГ, работающих на закачку, особенно в южных регионах, так и для линейных КС.

Проблема повышения энергоэффективности производства многогранна, и мероприятия, направленные на её решение позволят, не только снизить издержки и получить прибыль, но и повысить экологичность производства: чем меньше энергии затрачивается на единицу производимой продукции (услуг), тем меньше воздействие производственных объектов на окружающую среду, меньше выбросы вредных веществ, снижение тепловых выбросов в атмосферу, что немаловажно и должно быть учтено при формировании программ и концепций энергосбережения.

Литература

1. СТО Газпром 2-3.5-039-2005. Каталог удельных выбросов вредных веществ газотурбинных газоперекачивающих агрегатов. Разраб. ООО «ВНИИГАЗ»; утв. и введ. в действие: распоряж. ОАО «Газпром» № 206 от 30.08.2005 г. с 15.12.2001 г. Москва: ООО «ИРЦ Газпром», 2005. 147 с.
2. Абсорбционные технологии в системах тригенерации // Газотурбинные технологии. 2007. № 6. С. 36–37.
3. О повышении мощности и кпд ГТД в теплое время года за счет охлаждения циклового воздуха // Газотурбинные технологии. 2008. № 1. С. 16–18.