



**Повышение надежности  
функционирования объектов ЕСГ  
на основе разработок и внедрения  
новых технических решений на КС**

### О надежности и техническом состоянии основного технологического оборудования КС за период 2008–2010 гг.

**В.И. Чернышёв (ИТЦ «Оргэнергоинжиниринг»  
ДАО «Оргэнергогаз»)**

В настоящее время в ОАО «Газпром» эксплуатируются газоперекачивающие агрегаты трех типов в количестве 4271 ед., в том числе:

- ГПА с газотурбинным приводом (ГГПА) – 3420 ед., 80 % от общего количества;
- ГПА с электроприводом (ЭГПА) – 699 ед., 16 %;
- газомотокомпрессоры (ГМК) – 152 ед., 4 %.

Распределение ГГПА, эксплуатируемых в ОАО «Газпром», по типам приводного двигателя представлено на рис. 1.

Надежность парка ГПА ОАО «Газпром» в соответствии с ГОСТ 27.002 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения» и СТО Газпром 2-3.5-138-2007 оценивается единичным показателем надежности – средней наработкой парка ГПА на отказ ( $T_o$ ) и комплексными показателями – средним коэффициентом готовности и средним коэффициентом технического использования.

Средняя наработка ГПА на отказ характеризует время его безотказной работы в пределах установленной наработки. В соответствии с указанными выше нормативными документами значение  $T_o$  должно быть не менее 3500 ч. Вместе с тем у руководства Департамента по

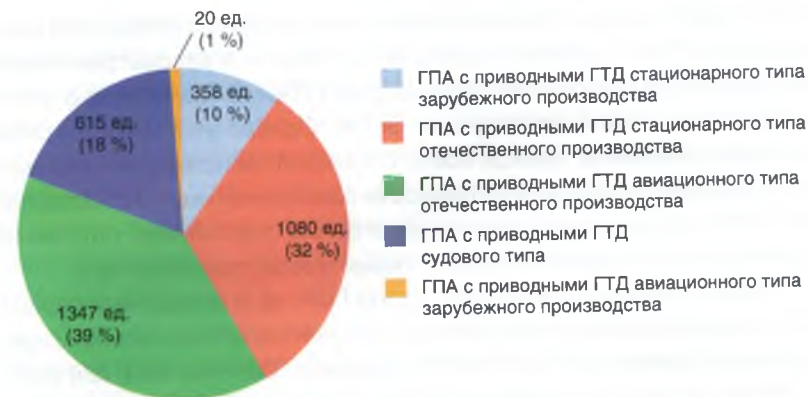


Рис. 1. Распределение ГГПА, эксплуатируемых в ОАО «Газпром», по типам приводного двигателя

транспортировке, подземному хранению и использованию газа в планах довести среднюю наработку на отказ по парку ГПА до 10 тыс. ч.

Значения средней наработки на отказ парка ГПА ОАО «Газпром» в целом и по типам ГПА, а также динамика изменения  $T_o$  представлены на рис. 2.

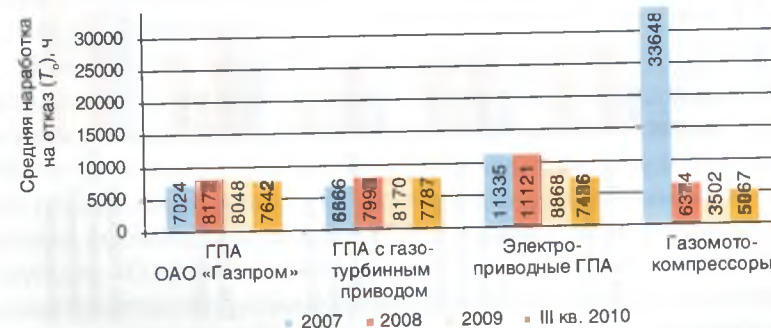


Рис. 2. Динамика средней наработки на отказ ( $T_o$ ) ГПА, эксплуатируемых в ОАО «Газпром», по типам (ГГПА, ЭГПА, ГМК)



Материалы совещания

Как видно из рис. 2, наилучший уровень основного показателя безотказности ГПА – среднюю наработку на отказ – в рассматриваемый период времени имеют электроприводные ГПА. Это обусловлено относительной простотой конструкции ЭГПА. Однако у ЭГПА есть свои проблемы, связанные, прежде всего, с большой зависимостью от внешних поставщиков энергии и надежности соответствующего оборудования: ЛЭП, оборудование трансформаторных подстанций, ощутимой зависимостью от климатических условий (гроза, ураганы и пр.).

Средняя наработка всех ГПА, кроме ГМК, за оцениваемый период имеет относительно высокий уровень средней наработки на отказ, превышающий требуемый ГОСТ 28775 уровень в 3500 ч почти в два раза.

Высокий уровень средней наработки на отказ ГМК в 2006–2007 гг. обусловлен недостоверностью данных, поступивших в ИССД «Инфотех» от Управлений ПХГ в момент их перевода из состава газотранспортных обществ в ООО «Газпром ПХГ».

На рис. 3 представлена динамика средней наработки на отказ парка ГПА по типам приводного двигателя.

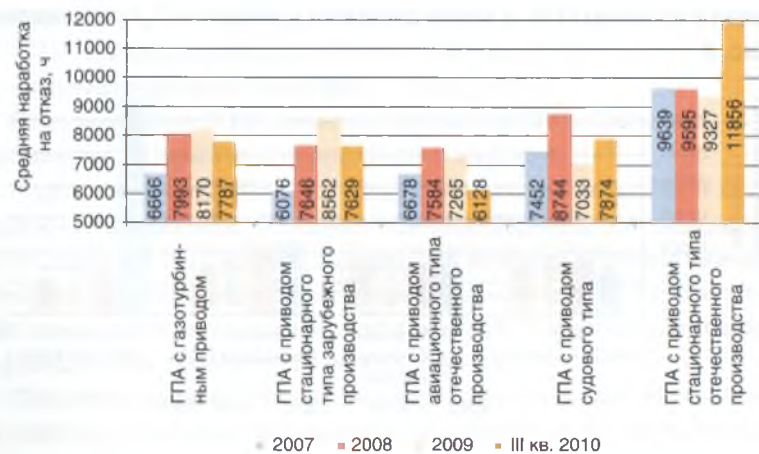


Рис. 3. Динамика средней наработки на отказ ( $T_0$ ) ГПА, эксплуатируемых в ОАО «Газпром», по типам приводного двигателя

Наилучшие и стабильно высокие значения  $T_0$  на протяжении всего оцениваемого периода имеют ГПА с приводным ГТД стационарного типа отечественного производства. Данное обстоятельство обусловлено наиболее высокой надежностью ГПА данного типа в силу доведенности конструкции узлов стационарных ГПА отечественного производства (средний срок эксплуатации более 20 лет), однако такие ГПА наименее эффективны (уровень КПД стационарных ГПА отечественного производства – 25–30 %, против КПД современных авиационных ГПА – 35–39 %).

Следует обратить внимание на ощутимый провал (более 1700 ч) значения средней наработки на отказ ГПА с приводными ГТД судового типа в 2009 г. Отчасти это связано с тем, что в этот период были введены в эксплуатацию агрегаты, оснащенные двигателями ДУ-80, имеющими пока низкую надежность. Кроме того, в 2009 г. не было произведено ни одного капитального ремонта судовых ГТД на специализированных предприятиях Украины и России.

Небольшое снижение средней наработки на отказ ГПА с приводным ГТД авиационного типа отечественного производства в 2009–2010 гг. объясняется низкой надежностью вновь вводимых ГПА данного типа (большая часть вводимых в эксплуатацию на предприятиях ОАО «Газпром» ГПА в последние годы – ГПА с приводом авиационного типа отечественного производства).

Как известно, наиболее интенсивное проявление отказов в пределах всего эксплуатационного цикла ГПА приходится на начальный этап эксплуатации, во время которого происходит доводка систем и узлов ГПА, а также на этапе выработки назначенного ресурса в силу старения оборудования, появления усталостных разрушений и пр. Безусловно, производство доводки ГПА в условиях эксплуатации на действующих КС не снимает ответственности с производителей ГПА за низкое качество продукции. Колебание значений средней наработки на отказ ГПА с приводными ГТД стационарного типа зарубежного производства отчасти обусловлено несвоевременной поставкой запасных частей.

### Основные дефекты технологического оборудования

#### Установки очистки газа и установки охлаждения газа

Следует отметить, что в настоящее время не существует обоснованных критериев для оценки надежности и эффективности работы технологического оборудования, входящего в состав установок очистки газа: пылеуловителей (ПУ) и фильтров-сепараторов (ФС), и установок охлаждения газа: аппаратов воздушного охлаждения (АВО) газа. ПУ, ФС и АВО газа относятся к «статичному» емкостному оборудованию. Эффективность работы определяется рабочими характеристиками оборудования. Так, для АВО газа это температура и давление газа на входе и выходе из АВО, а также энергопотребление, а для ПУ и ФС – перепад давления. Надежность ПУ, ФС и АВО газа определяется по результатам диагностических обследований, ППР и мероприятий по техническому обслуживанию оборудования и обеспечивается соблюдением «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПБ 03-576-03), инструкциями по эксплуатации данного оборудования и техникой безопасности при работах на опасных производственных объектах.

Оборудование эксплуатируется по техническому состоянию. Возможные причины отказов (выхода из строя) данного оборудования (нарушения целостности корпусных элементов сосудов или разрушения внутренних фильтрующих устройств) постоянно контролируются и своевременно ликвидируются. Отказов данного оборудования, влияющих на работу ГПА и транспорт газа, практически нет. В результате плановых диагностических обследований выявлены только некоторые дефекты, которые легко устранимы.

#### Пылеуловители и фильтры-сепараторы

В настоящее время на компрессорных станциях различного назначения (дожимные, линейные, подземных хранилищ) эксплуатируется 4052 пылеуловителя, в том числе: отечественного производства – 3624 ед., зарубежного производства – 428 ед.; и 1169 фильтров-сепараторов, в том числе: отечественного производства – 811 ед., зарубежного производства – 358 ед. (рис. 4).

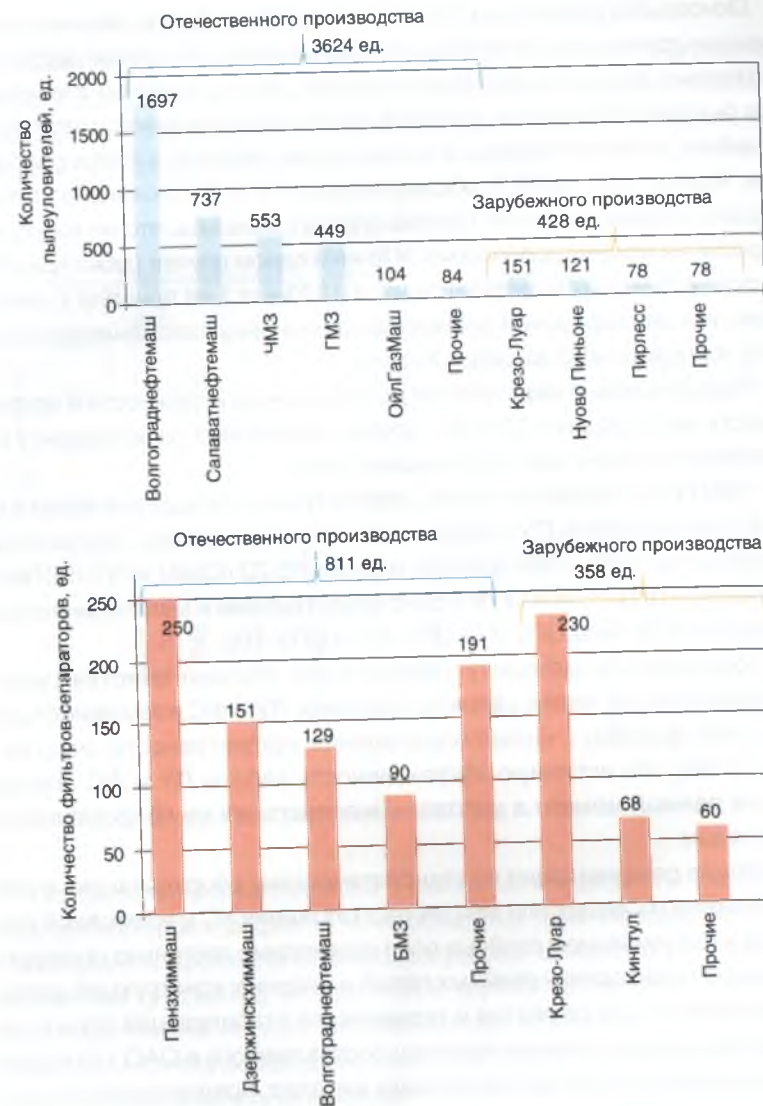


Рис. 4. Пылеуловители и фильтры-сепараторы



Основными дефектами ПУ и ФС являются дефекты сварных швов приварки дренажных патрубков, обечаек и днищ. Из прочих дефектов необходимо выделить неполный проплав швов и подрезы в сварных швах быстродействующих затворов, расслоение основного металла на обечайках, а также подрезы и плоскостные дефекты в корне сварных швов. Кроме того, на 90 % обследованных ПУ и ФС выявлена сплошная равномерная коррозия. Однако следует отметить, что ни коррозия, ни эрозия на момент проведения ЭПБ ни в одном случае (даже при ЭПБ сосудов, введенных в эксплуатацию в 1970-е гг.) не привела к уменьшению толщин корпусных элементов на величину заложенного по паспорту коррозионного запаса в 2–3 мм.

Рекомендуемые мероприятия по повышению надежности и эффективности эксплуатации ПУ и ФС, кроме положенных по регламенту обслуживания и плану диагностических работ:

- при проектировании новых, реконструкции и модернизации старых КС использовать ПУ «нового» поколения (например, совместного производства ООО «ОйлГазМаш» и фирм PECO (США) и PROSERMAT (Франция) – ЦПУ-7,5А и ЦПУ-7,5Б с циклотрубами и мультициклонные пылеуловители типа ЦПУ-7,5, ЦПУ-8,3 и ЦПУ-10);

- разработать методику определения степени очистки газа и предусмотреть на вновь разрабатываемых ПУ и ФС возможность отбора проб (врезки) с целью определения эффективности очистки в связи с тем, что истинную эффективность работы ПУ и ФС определить на данный момент в условиях эксплуатации не представляется возможным.

Общие рекомендации по технологическому оборудованию: в районах Крайнего Севера или местах расположения КС с возможной просадкой и выпучиванием свайных опор необходимо постоянно проводить работы по мониторингу свайных полей и опорных конструкций, устранению выявленных дефектов и термической стабилизации грунта; организовать ведомственную приемку поставляемого в ОАО «Газпром» оборудования или заводскую приемку металла, предназначенного для изготовления оборудования.

### Аппараты воздушного охлаждения газа

В настоящее время на предприятиях ОАО «Газпром» эксплуатируется 8888 ед. АВО газа, в том числе 5864 ед. отечественного и 3024 ед. зарубежного производства. График распределения АВО газа по производителям представлен на рис. 5.

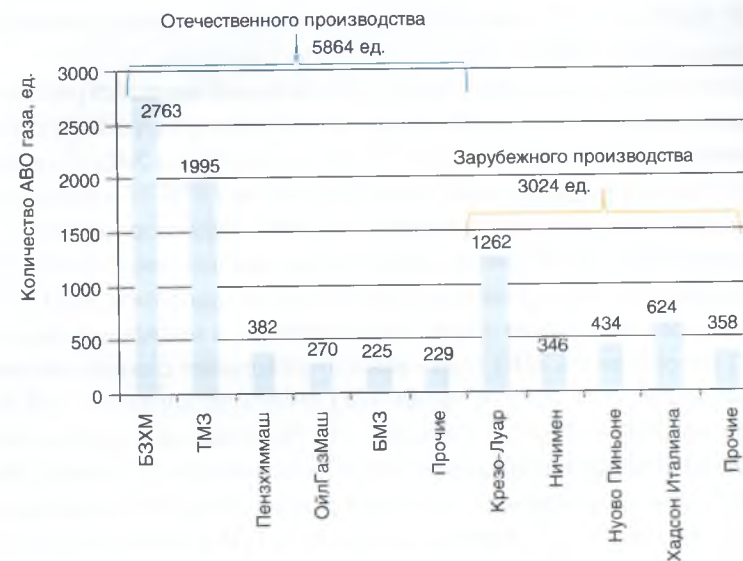


Рис. 5. График распределения АВО газа по производителям

Основными дефектами АВО газа являются дефекты в сварных швах коллекторов и дефекты теплообменных труб. Необходимо отметить наличие коррозии на фланцах, штуцерах, камерах и участках теплообменных труб между поверхностью трубной доски и началом оречения практически на всех обследованных АВО газа. Среди прочих дефектов АВО газа необходимо выделить отказы двигателей вентиляторов, негерметичность фланцевых соединений, смещение или перекос опорных конструкций.

Рекомендуемые мероприятия по повышению надежности и эффективности эксплуатации АВО газа, кроме положенных по регламенту обслуживания и плану диагностических работ:

- для повышения эффективности работы АВО газа использовать систему наружной промывки производства ЗАО «Турбтект Санкт-Петербург» (ИП 1280-10-10) и мобильный комплекс для внутренней химической очистки АВО газа производства ООО «Синергетические технологии» (ИП 1283-10-10);

- для повышения эффективности и снижения энергопотребления при эксплуатации АВО газа внедрять частотно-регулируемый привод вентиляторов АВОГ-ЧРП (ИП 1271-10-08) производства ЗАО «Газмаш-проект», а также использовать для АВО газа типа 2АВГ-75 и АВЗ «комплекты для модернизации» производства ЗАО «Гидроаэроцентр»;

- определить регламентируемое количество возможно заглушаемых обремененных теплообменных трубок для каждого типа АВО газа;

- при проектировании новых, реконструкции и модернизации старых КС использовать АВО газа «нового» поколения с обязательным оснащением их САУ АВО. К таким АВО относятся аппараты АВГ МГ разработки ООО «НПК «ОйлГазМаш»» (г. Подольск) и аппараты типа АВГБ-75/83/100/160 производства ОАО «Пензхиммаш» (г. Пенза). Данные АВО газа выпускаются с системой рециркуляции охлаждающего воздуха и без нее. Распределение количества ГПА в диапазонах наработки с начала эксплуатации представлено в табл. 1.

Из таблицы видно, что более трети всего парка ГПА ОАО «Газпром» по состоянию на 01.07.2010 г. выработали свой назначенный ресурс. Наибольшая часть выработавших назначенный ресурс ГПА относятся к парку стационарных агрегатов, в том числе: стационарные агрегаты отечественного производства – 70 % ГПА и стационарные агрегаты зарубежного производства – 58 % ГПА.

Часть стационарных ГПА отечественного производства, такие как ГТК-10, проходят модернизацию по программе «Рекон», остальным ГПА либо продлевают назначенный ресурс после прохождения

Таблица 1

Распределение количества ГПА в диапазонах наработки с начала эксплуатации (по состоянию на 01.09.2010 г.)

Тип ГПА	Количество ГПА, имеющих наработку в тыс. машинных часов, ед.				Количество ГПА, отработавших назначенный ресурс	
	до 30	30–100	100–180	более 180	ед.	%
ОАО «Газпром»	755	1926	1501	87	1608	37
Стационарные ГПА отеч. производства	20	307	690	68	758	70
Стационарные ГПА заруб. производства	29	122	205	2	207	58
Авиационные ГПА отеч. производства	361	731	254	–	254	19
Судовые ГПА	160	280	171	4	175	28
ЭГПА	169	362	158	13	171	24
ГМК	16	124	23	–	23	14
Примечание. Учитывалась наработка с начала эксплуатации ЦБН в составе ГПА.						

установленных процедур, либо они постепенно заменяются на ГПА нового поколения, согласно Программе реконструкции.

Как отмечалось выше, большая часть отказов и дефектов проявляется у любого технического устройства в начальный период эксплуатации (обкатка) и при наработке, близкой к назначенному ресурсу. Основываясь на данных таблицы, свидетельствующих об относительной новизне ГПА с авиационным и судовым приводом, можно прогнозировать повышение надежности ГПА данных типов в будущем, учитывая, что разработчик будет вести работу по устранению дефектов, модернизации технологий, а также доводке проблемных узлов.



**Распределение количества ГПА новых образцов по обществам ОАО «Газпром»**

Как упоминалось ранее, более трети ГПА, эксплуатируемых в ОАО «Газпром», оработали свой назначенный ресурс. Одним из направлений поддержания эффективной и надежной работоспособности ЕСГ является реконструкция морально устаревших и оработавших свой назначенный ресурс ГПА. В связи с концепцией импортозамещения последнее время на реконструируемых и вновь вводимых объектах ЕСГ устанавливаются ГПА преимущественно отечественного производства новых образцов. К ГПА новых образцов условно можно отнести следующие:

- ГПА-16Р АЛ – с приводом авиационного типа, поставки ЗАО «Уфа-АвиаГаз»;

- ГПА-Ц-16 АЛ – с приводом авиационного типа (ОАО «СМНПО им. М.В. Фрунзе»);

- ГПА-16Р НК-38 – с приводом авиационного типа (ЗАО «Уфа-АвиаГаз»);

- ГПА-16 «Волга» – с приводом авиационного типа (ОАО «КМПО»);

- ГПА-16 «Волга» ДГ – с приводом судового типа (ОАО «КМПО»);

- ГПА-16 «Нева» – с приводом авиационного типа (ЗАО «Завод «Киров-Энергомаш»);

- ГПА-25Р НК – с приводом авиационного типа (ООО «Самара-АвиаГаз»);

- ГПА-Ц-25 – с приводом авиационного типа (ОАО «СМНПО им. М.В. Фрунзе»);

- ГПА-Ц-25СД – с приводом судового типа (ОАО «СМНПО им. М.В. Фрунзе»).

Ряд ГПА данных образцов уже не один год эксплуатируются на КС ОАО «Газпром». Распределение количества ГПА новых образцов по обществам ОАО «Газпром» представлено в табл. 2.

Таблица 2

Распределение количества ГПА новых образцов по обществам ОАО «Газпром»

	ГПА-16Р АЛ	ГПА-Ц-16 АЛ	ГПА-16Р НК-38	ГПА-16 «Волга»	ГПА-16 «Волга» ДГ	ГПА-16 «Нева»	ГПА-25Р НК	ГПА-Ц-25	ГПА-Ц-25СД	ГПА новых образцов
ООО «ГПТГ Уфа»	16									16
ООО «ГПТГ Н. Новгород»				4	6		4			14
ООО «ГПТГ Ухта»		2					1	6	3	12
ООО «ГПТГ Югорск»		5	1		5					11
ООО «ГПТГ С.-Петербург»						6				6
ООО «ГПТГ Самара»			1					1		2
ООО «ГПТГ Москва»		1								1
ОАО «Газпром»	16	8	2	4	11	6	5	7	3	62

**Конструктивные недостатки и выполняемые мероприятия по повышению надежности ГПА новых образцов**

На 01.10.2010 г. в эксплуатации в ОАО «Газпром» находится 88 газо-перекачивающих агрегатов новых образцов (около 2 % от общего числа ГПА ОАО «Газпром») с приводом авиационного и судового типов. На примере более распространенных из них оценим техническое состояние нового оборудования на КС ОАО «Газпром».

**По ГПА-16 «Волга» НК**

Основные конструктивные недостатки:

- негерметичность выхлопного тракта (выдувание уплотнений);
- запорная арматура, применяемая в системе отбора воздуха от ГПА, не соответствует температурному режиму работы (постоянные утечки через уплотнение штока после непродолжительной работы);

- недостаточная производительность системы приточно-вытяжной вентиляции;
- недостаточный обогрев блока двигателя в зимний период;
- не предусмотрена защита кабельной продукции от воздействия атмосферных осадков;
- сбой программного обеспечения;
- не обеспечен гарантированный запуск двигателя НК-38СТ, НК-16-18СТД без продувки ДУС на режиме XII.

Выполнены следующие мероприятия:

- проведена полная замена системы СУМП агрегата ГПА-16 «Волга» ст. № 4, ведутся работы по замене СУМП на ГПА-16 «Волга» ст. № 3;
- обеспечено присутствие на договорных отношениях представителя ВНИЭМ на компрессорной станции для наладки СУМП.

#### *По ГПА-16 «Волга» ДГ*

Перечень систем ГПА, имеющих конструктивные несовершенства:

- конструкции узлов выхлопного тракта;
- блока топливной аппаратуры;
- системы подготовки воздуха;
- система резервирования электропитания;
- нестабильность работы системы магнитного подвеса нагнетателя;
- высокий уровень вибродинамических характеристик и низкая работоспособность трансмиссии на всех режимах работы.

Выполнены следующие мероприятия:

- применен новый блок нагнетателя с ЦБН производства ОАО «СМНПО им. М.В. Фрунзе»;
- с целью улучшения виброчастотных и прочностных характеристик валопровода и повышения виброустойчивости турбоблока применена конструкция укороченной трансмиссии (на 300 мм);
- дополнительно предусматривается оснащение агрегата системой вибродиагностики;

- применен новый блок топливной аппаратуры, выполнено размещение БТА на стенке внутри контейнера блока двигателя с применением аппаратуры во взрывозащищенном исполнении;
- доработана конструкция маслобака для улучшения перемешивания и нагрева масла;
- для обеспечения температуры масла на входе в двигатель ДГ-90Л2.1 равной 55 °С достаточно одной установки АВОМ-140 вместо двух проектных АВОМ-100.

#### *По ГПА-16 серии «Уфа»*

Основные конструктивные недостатки:

- обрыв РЛ ТВД;
- разрушение лопаточного аппарата КВД;
- трещины наружного корпуса двух двигателей АЛ-31СТ;
- нагрев рессоры со стороны ЦБН при работе ГПА;
- выход из строя элементов САУ вследствие низкого качества монтажа, недостаточной проектной мощности, низкой надежности всей системы измерения;
- нестабильность работы СУМП;
- постоянные отказы покупных изделий.

Выполнены следующие мероприятия:

- монтаж «рассекателей» для равномерного охлаждения двигателя в составе ГПА ст. № 14 на КС-4 «Поляна»;
- продолжается опытно-промышленная эксплуатация системы электрического зажигания СЭЗ-130, системы топливопитания АЛ-31СТ с применением изделий 816.ДБВ и 816.СКВБ производства ОАО «Волчанский агрегатный завод»;
- выполнена установка в систему суфлирования АЛ-31СТ(Н) приводных сепараторов масляных паров для исключения эффекта дымления со свечей суфлирования.



Нерешенные вопросы:

- ужесточение контроля проведения работ на всех этапах сборки АЛ-31СТ(Н) как при изготовлении новых двигателей, так и при их ремонте с целью максимально возможного исключения производственных дефектов;
- доведение надежности АЛ-31СТ до требований ТУ.

#### По ГПА-Ц-25БД

Основные конструктивные недостатки:

- разрушение элементов опорно-упорного подшипника ЦБН;
- элементов проточной части ЦБН;
- элементов теплозвукоизоляции диффузора I ступени выхлопного тракта агрегата.

Выполнены мероприятия:

- устранены разрушения дефлектора на трубопроводах сброса воздуха из КПВ двигателя;
- проведена корректировка описания алгоритма режимов пуска ГПА, подачи питания на БУШД М-1 для обеспечения взрывозащиты двигателя НК-36СТ;
- выполнена ревизия уплотнений с заменой обойм для предупреждения увеличения расхода газа через I ступень уплотнения ТГДУ при изменении режима работы ЦБН;
- выполнена доработка фланцевых соединений для исключения прорыва выхлопных газов по фланцевым соединениям выхлопной шахты;
- в конструкцию системы трубопроводов АВОМ введен дополнительный гидрозатвор с антисифонным устройством для исключения попадания масла из систем ГПА в полость двигателя.

#### Выводы:

1. Средняя наработка парка ГПА ОАО «Газпром» в с 2007 г. по III кв. 2010 г. превышала нормативное значение (находилась в диапазоне 7024–8172 ч), однако не в полной мере удовлетворяет требованиям руководства ОАО «Газпром» ( $T_{o\text{ ср}} = 10\ 000$  ч).

2. Наибольшую озабоченность руководства Департамента вызывает средняя наработка на отказ газоперекачивающих агрегатов новых образцов с газотурбинным приводом. Наиболее слабыми звеньями в конструкции этих ГПА являются приводной ГТД (особенно НК-36СТ, НК-38СТ, ПС-90ГП25, АЛ-31СТ, ДУ-80), система автоматического управления ГПА и система электромагнитного подвеса ротора ЦБН.

3. Старение парка ГПА ОАО «Газпром» (37 % агрегатов отработали назначенный ресурс) требует принятия более активных мер по определению дополнительного ресурса безопасной эксплуатации ЦБН, приводных ГТД и систем автоматического управления (САУ ГПА).

4. Техническое состояние пылеуловителей и сепараторов не создает «узких мест» в газотранспортной системе. Однако следует отметить низкий уровень совершенствования этого оборудования отечественными производителями в сравнении с зарубежными фирмами.

5. Руководители не всех компрессорных станций с должной мерой ответственности относятся к эксплуатации АВО газа в плане периодической очистки теплообменных поверхностей от загрязнений. Необходимо активнее внедрять современные способы и методы очистки наружных и внутренних поверхностей теплообменных секций.

6. Принимаемые предприятиями-разработчиками и предприятиями – изготовителями ГПА меры по повышению надежности новых образцов носят пока эпизодический характер. Требуется более активная работа «на местах» по доведению до руководства Департамента конструктивно-производственных дефектов, создающих угрозу выполнения производственных планов по добыче, транспортировке и подземному хранению газа.

В качестве примера плодотворной работы в этом направлении можно привести ООО «Газпром трансгаз Ухта» и ООО «Газпром добыча Надым».