

Жданова Руслана Юрьевна,
студент, кафедра транспорта и хранения нефти и газа,
Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II
Zhdanova Ruslana Yuryevna,
Student, Department of Oil and Gas Transportation and Storage,
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО
РЕМОНТА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА
КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ «ГРЯЗОВЕЦКАЯ»
ORGANIZATION OF PREVENTIVE MAINTENANCE OF A GAS PUMPING
UNIT AT THE GRYAZOVETSKAYA COMPRESSOR STATION**

Аннотация. В статье рассмотрена организация планово-предупредительного ремонта газоперекачивающего агрегата компрессорной станции «Грязовецкая». Проанализированы назначение и конструкция агрегата, характерные дефекты его основных узлов, критерии выбора вида ремонта и последовательность капитального ремонта. Сформирована укрупненная карта ремонтных операций общей трудоемкостью 184 чел.-ч, установлен порядок передачи оборудования в ремонт и приемки после 72-часовой обкатки. Рассчитан годовой график ППР: капитальный ремонт назначен на февраль, текущие ремонты – на май, август и ноябрь, техническое обслуживание – в остальные месяцы. Годовой простой агрегата в ремонте составляет 12,72 ч, а расчетный фонд рабочего времени – 8627,28 ч.

Abstract. The paper examines preventive maintenance planning for a gas pumping unit at the Gryazovetskaya compressor station. The unit purpose and structure, typical defects, repair selection criteria and the sequence of overhaul operations are analyzed. An integrated repair chart with a total labor input of 184 man-hours is proposed, together with the procedure for transferring the unit to repair and accepting it after a 72-hour run-in. The annual maintenance schedule assigns an overhaul to February, routine repairs to May, August and November, and maintenance activities to the remaining months. The calculated annual repair downtime is 12.72 hours, while the available operating time is 8627.28 hours.

Ключевые слова: Газоперекачивающий агрегат, компрессорная станция, планово-предупредительный ремонт, капитальный ремонт, дефектация, график ППР.

Keywords: Gas pumping unit, compressor station, preventive maintenance, overhaul, defect inspection, maintenance schedule.

Введение. Газоперекачивающие агрегаты являются центральным оборудованием узла компримирования магистральной компрессорной станции. Они повышают давление природного газа и обеспечивают преодоление гидравлических сопротивлений линейной части газопровода. От технического состояния агрегатов непосредственно зависят пропускная способность станции, устойчивость режима транспорта газа, энергоэффективность и безопасность эксплуатации.

В условиях длительной непрерывной работы агрегат подвергается переменным механическим и тепловым нагрузкам, вибрации, загрязнению проточной части, износу подшипников и уплотнений, старению смазочных материалов и деградации элементов автоматики. Накопление повреждений может привести к росту вибрации, снижению производительности, перегреву опор, разгерметизации маслосистемы и внеплановой остановке. Поэтому основой надежной эксплуатации служит система планово-



предупредительного ремонта, объединяющая техническое обслуживание, диагностику, текущий, средний и капитальный ремонты.

Цель исследования – разработать организационно-технические решения по капитальному ремонту газоперекачивающего агрегата компрессорной станции «Грязовецкая» и сформировать годовой график ППР. Для достижения цели рассмотрены конструкция агрегата, характерные неисправности, состав ремонтных операций, требования к передаче и приемке оборудования, трудоемкость работ и межремонтные периоды.

Назначение и конструкция газоперекачивающего агрегата. Газоперекачивающий агрегат представляет собой функционально объединенный комплекс, включающий привод, центробежный нагнетатель, соединительную муфту, подшипниковые опоры, системы смазки, охлаждения, уплотнения, трубопроводную обвязку, контрольно-измерительные приборы, автоматику, блокировки и аварийную защиту. В рассматриваемой компоновке в качестве привода принят газотурбинный двигатель, а основным рабочим органом является центробежный нагнетатель.

Нагнетатель преобразует механическую энергию вращения в энергию сжатого газа. Наиболее нагруженными элементами являются ротор, рабочие колеса, вал, подшипниковые узлы, лабиринтные или контактные уплотнения и корпусные детали. Газотурбинный привод обеспечивает требуемую мощность на валу, однако предъявляет повышенные требования к чистоте воздуха, топливному газу, температурному состоянию горячей части и качеству центровки с нагнетателем.

Система смазки обеспечивает подачу масла к подшипникам и трущимся поверхностям, отвод тепла и удаление продуктов износа. Ее отказ способен вызвать быстрый перегрев опор, повреждение шеек вала и аварийную остановку агрегата. Система автоматики контролирует давление и температуру газа и масла, частоту вращения, вибрацию, положение арматуры и состояние защит. Таким образом, ремонт ГПА должен охватывать не только механическую часть, но и все вспомогательные системы.

Таблица 1

Основные характеристики рассматриваемого ГПА

Показатель	Характеристика
Назначение	Сжатие природного газа и повышение давления
Основной рабочий орган	Центробежный нагнетатель
Тип привода	Газотурбинный
Основные системы	Смазка, охлаждение, уплотнение, контроль и защита
Режим работы	Продолжительная эксплуатация в составе КС
Температура газа на входе	до 40 °С
Контролируемые параметры	Вибрация, температуры, давления, частота вращения, герметичность

Обоснование вида ремонта и анализ дефектов. В системе ППР текущий ремонт предусматривает восстановление отдельных элементов без полной разборки, средний ремонт – частичное восстановление ресурса с заменой ограниченной номенклатуры узлов, а капитальный ремонт включает полную или близкую к полной разборку, дефектацию, восстановление ответственных деталей, сборку, регулировку и испытания. Выбор вида ремонта должен опираться на наработку, результаты диагностики, динамику вибрации и температур, состояние уплотнений, подшипников и проточной части.



Для рассматриваемого агрегата приняты характерные признаки развитого износа: повышенная вибрация роторной части, износ подшипников, ухудшение состояния уплотнений, снижение герметичности маслосистемы, загрязнение проточной части, износ шеек вала и соединительных элементов, а также отклонение давления, производительности и температурного режима от паспортных значений. Совокупность дефектов затрагивает основные и вспомогательные системы и не может быть надежно устранена только текущим ремонтом.

В связи с этим обоснован капитальный ремонт. Он позволяет восстановить ресурс ротора и опор, заменить подшипники и уплотнения, очистить нагнетатель, проверить корпусные детали, отремонтировать маслосистему, выполнить балансировку и центровку, а затем подтвердить качество ремонта функциональными испытаниями.

Таблица 2

Характерные дефекты и рекомендуемые ремонтные воздействия

Узел или система	Характерный дефект	Диагностический признак	Ремонтное воздействие
Ротор и рабочие колеса	Износ, загрязнение, дисбаланс	Рост вибрации, снижение подачи	Очистка, дефектация, восстановление лопаток, балансировка
Подшипники	Износ рабочих поверхностей	Рост температуры и вибрации	Замена подшипников, контроль посадок
Уплотнения	Износ и потеря герметичности	Утечки газа или масла	Замена уплотнений и прокладок
Вал и муфта	Износ шеек, нарушение соосности	Вибрация, нагрев муфты	Шлифование, контроль биения, центровка
Маслосистема	Загрязнение, утечки, снижение давления	Нестабильное давление масла	Промывка, замена фильтров, проверка насосов и арматуры
Автоматика и защита	Отказ датчиков или блокировок	Ложные сигналы, отсутствие защиты	Проверка, настройка и функциональная проверка

Последовательность капитального ремонта. Капитальный ремонт выполняется по этапной программе. До начала работ оформляется наряд-допуск, определяется состав персонала, проверяется наличие запасных частей, материалов, измерительных приборов, грузоподъемных механизмов и специальной оснастки. Рабочая зона ограждается, проводится инструктаж, обеспечиваются вентиляция, освещение, пожаротушение и контроль воздушной среды.

Агрегат останавливается в соответствии с технологическим регламентом, отключается от энергоснабжения и действующих коммуникаций. Газовые полости освобождаются от давления, продуваются и проверяются газоанализатором. После установки заглушек и подтверждения безопасного состояния демонтируются КИПиА, трубопроводы вспомогательных систем, муфта, привод и нагнетатель.

На ремонтной площадке вскрывается корпус нагнетателя, извлекается ротор, демонтируются подшипники и уплотнения. Детали очищаются, промываются, проходят визуальный, измерительный, ультразвуковой и магнитопорошковый контроль. По дефектной ведомости принимается решение о восстановлении или замене элементов. Затем выполняются ремонт лопаток, шлифование шеек вала, замена подшипников и уплотнений, балансировка ротора и промывка маслосистемы.



Сборка производится в последовательности, обратной разборке, с контролем посадок, зазоров, момента затяжки и соосности валов. После установки агрегата на фундамент подключаются системы смазки, автоматики и технологическая обвязка. Завершающий этап включает проверку герметичности, пробный пуск, регулировку и 72-часовую обкатку с контролем вибрации, температур подшипников, давления масла и параметров компримирования.

Таблица 3

Укрупненная структура капитального ремонта

Этап	Содержание	Трудоемкость, чел.-ч	Основное оснащение
Подготовка и безопасный вывод	Наряд-допуск, остановка, продувка, дегазация	14	Газоанализатор, комплект инструмента
Демонтаж	Отключение автоматики, газопроводов, муфты, привода и нагнетателя	33	Автокран, кран-балка, домкраты
Разборка и дефектация	Вскрытие корпуса, извлечение ротора, контроль деталей	36	Таль, УЗК, магнитопорошковый прибор
Ремонтные операции	Очистка, наплавка, шлифование, замена опор и уплотнений	52	Моечная установка, пресс, сварочный и балансировочный стенды
Сборка	Установка ротора, подшипников, уплотнений, центровка	30	Слесарный инструмент, прибор центровки
Монтаж и испытания	Установка на фундамент, подключение систем, пусконаладка	19	Кран, диагностическое оборудование

Суммарная трудоемкость принятого комплекса работ составляет 184 чел.-ч. Наибольшая доля приходится на восстановительные операции – 52 чел.-ч, или около 28 % общего объема. Разборка и дефектация требуют 36 чел.-ч, демонтаж – 33 чел.-ч, сборка – 30 чел.-ч. Такое распределение подтверждает, что качество капитального ремонта в значительной степени определяется полнотой дефектации, точностью восстановления ротора и правильностью последующей сборки.

Передача оборудования в ремонт и приемка после ремонта. Передача ГПА в ремонт оформляется актом, в котором фиксируются наименование и место установки оборудования, техническое состояние, выявленные дефекты, вид ремонта, дата вывода, ответственные лица и перечень передаваемой документации. Исполнителю ремонта передаются паспорт или формуляр агрегата, результаты диагностического контроля, дефектный акт, ремонтная ведомость и наряд-допуск.

В ходе ремонта инженер-механик и мастер участка контролируют соблюдение технологии, качество восстановления и сборки, корректность центровки, заполнение журналов и формуляров. Скрытые операции и контроль ответственных деталей рекомендуется оформлять промежуточными актами. Замена деталей должна сопровождаться указанием их обозначений, материалов и причин выбраковки.



Приемка выполняется комиссией после завершения сборки, проверки герметичности и функциональных испытаний. В течение 72-часовой обкатки контролируют вибрационное состояние, температуру подшипников, давление и температуру масла, герметичность систем, устойчивость режима и соответствие производительности паспортным значениям. После положительных результатов оформляется акт приемки, сведения вносятся в формуляр и ремонтный журнал, а агрегат передается эксплуатационному персоналу.

Расчет и формирование годового графика ППР. Для планирования ремонтных воздействий приняты 360 рабочих суток в год, трехсменный режим и продолжительность смены 8 ч. Межремонтный период капитального ремонта составляет 8640 ч, текущего ремонта – 2160 ч, технического обслуживания – 720 ч. К началу планируемого года наработка после капитального ремонта равна 7320 ч, после текущего ремонта – 840 ч, после последнего технического обслуживания – 120 ч.

При равномерном распределении работы на один месяц приходится 30 суток и 720 ч. Остаток до капитального ремонта составляет 1320 ч, что соответствует 1,8 месяца; поэтому капитальный ремонт назначается на февраль. До очередного текущего ремонта также остается 1320 ч, однако он не планируется отдельно, поскольку входит в объем капитального ремонта. До технического обслуживания остается 600 ч, поэтому первое ТО проводится в январе.

После капитального ремонта периодичность текущих ремонтов составляет три месяца, а технического обслуживания – один месяц. Следовательно, текущие ремонты назначаются на май, август и ноябрь, а техническое обслуживание – на январь, март, апрель, июнь, июль, сентябрь, октябрь и декабрь.

Таблица 4

Годовой график планово-предупредительного ремонта

Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
ТО	КР	ТО	ТО	ТР	ТО	ТО	ТР	ТО	ТО	ТР	ТО

При трудоемкости капитального ремонта 184 чел.-ч, текущего ремонта 42 чел.-ч и технического обслуживания 12 чел.-ч, численности бригады четыре человека и восьмичасовом рабочем дне расчетная продолжительность одного воздействия составляет соответственно 5,75; 1,31 и 0,38 ч. Годовой простой определяется с учетом одного капитального, трех текущих ремонтов и восьми технических обслуживаний и составляет 12,72 ч.

Календарный фонд при принятом режиме равен 8640 ч. После вычета ремонтного простоя годовой фонд рабочего времени составляет 8627,28 ч, а коэффициент технического использования – приблизительно 0,9985. Высокое значение связано с использованием трудоемкости как основы расчета продолжительности работ и предполагает одновременную работу четырех специалистов. В реальном производственном графике следует дополнительно учитывать технологические выдержки, время охлаждения и дегазации, транспортирование узлов и фактическую продолжительность 72-часовой обкатки.

Таблица 5

Расчет годового простоя оборудования

Вид воздействия	Количество в год	Продолжительность одного воздействия, ч	Суммарный простой, ч
Капитальный ремонт	1	5,75	5,75
Текущий ремонт	3	1,31	3,93
Техническое обслуживание	8	0,38	3,04
Итого	12	—	12,72



Охрана труда и контроль качества. Ремонт газоперекачивающего агрегата относится к работам повышенной опасности. До вскрытия оборудования необходимо подтвердить отсутствие давления и опасной концентрации газа, установить заглушки, исключить случайный пуск, отключить электропитание и вывесить предупредительные плакаты. Персонал должен применять средства защиты органов зрения, слуха, рук и дыхания, а грузоподъемные операции выполнять по утвержденной схеме строповки.

Контроль качества включает входной контроль запасных частей, измерение шеек и посадочных мест, неразрушающий контроль ответственных деталей, проверку балансировки, центровки, герметичности и параметров автоматики. Приемочные критерии должны быть заранее включены в ремонтную документацию. Особое значение имеет трендовый анализ вибрации до и после ремонта, позволяющий объективно оценить восстановление технического состояния роторной системы.

Заключение. Разработана схема организации планово-предупредительного ремонта газоперекачивающего агрегата компрессорной станции «Грязовецкая». На основании характера дефектов и необходимости восстановления ресурса основных узлов принят капитальный ремонт, включающий безопасный вывод агрегата, демонтаж, разборку и дефектацию, восстановление ротора и вспомогательных систем, сборку, центровку, монтаж и испытания.

Общая трудоемкость ремонтных операций составляет 184 чел.-ч. Наиболее трудоемкими являются восстановительные работы, разборка и дефектация, что определяет требования к квалификации персонала и оснащению ремонтной площадки. Приемка агрегата должна выполняться комиссионно после проверки герметичности, автоматики и 72-часовой обкатки с контролем вибрации, температуры опор и давления масла.

Годовой график предусматривает капитальный ремонт в феврале, текущие ремонты в мае, августе и ноябре и восемь технических обслуживаний. Расчетный годовой простой составляет 12,72 ч, а фонд рабочего времени – 8627,28 ч. Полученные результаты могут использоваться как основа для подготовки ремонтной ведомости, потребности в персонале, материалах и запасных частях, а также для календарного планирования вывода ГПА из эксплуатации.

Список литературы:

1. ГОСТ 18322-2016. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения.
2. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности для объектов, использующих сжиженные углеводородные газы».
4. Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов.
5. Инструкция по организации и проведению планово-предупредительных ремонтов газоперекачивающих агрегатов.
6. Шаммазов А.М., Коршак А.А. Основы нефтегазового дела. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2002.
7. Ремонт оборудования насосных и компрессорных станций: учебно-методическое пособие.
8. Эксплуатация и ремонт газоперекачивающих агрегатов: справочное пособие.
9. ГОСТ Р ИСО 20816-1-2021. Вибрация. Измерение и оценка вибрации машин.
10. Правила по охране труда при эксплуатации объектов теплоснабжения и теплопотребляющих установок.

