

КОМПРЕССОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

О СИСТЕМНЫХ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЯХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ
ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ МОДУЛЬНЫХ
КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ
РАСПРЕДЕЛЕННОГО КОМПРИМИРОВАНИЯ НА
МАЛОДЕБИТНЫХ ГАЗОВЫХ СКВАЖИНАХ

О ВЛИЯНИИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ШИРИНЫ
РАБОЧЕГО КОЛЕСА ВЫСОКОНАПОРНОЙ СТУПЕНИ
ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА НА ЕГО
ХАРАКТЕРИСТИКИ

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В РАЗВИТИИ ГАЗОМОТОРНОГО
ТРАНСПОРТА: ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ
РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАНОВЫХ
КОМПРЕССОРОВ И АГНКС КРАСНОДАРСКОГО
КОМПРЕССОРНОГО ЗАВОДА

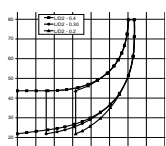
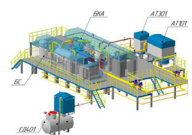
ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАСТРОЙКИ КОМПЬЮТЕРНЫХ УЗЛОВ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОДСИСТЕМ КОМПРЕССОРНОЙ
ТЕХНИКИ ДЛЯ ИХ САМОВОССТАНОВЛЕНИЯ В
УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ ПОТОКА ЗАЯВОК

ООО «ГЛ ИНЖИНИРИНГ»: РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТОВ
НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ: ПОСТАВКА ЗАПЧАСТЕЙ
И ОБСЛУЖИВАНИЕ ИМПОРТНЫХ ПОРШНЕВЫХ
КОМПРЕССОРОВ И ГАЗОПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В
УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ

КОМПРЕССОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СЕРИИ «УРАЛ».
30 ЛЕТ СОТРУДНИЧЕСТВА С ТЭК РФ

СОДЕРЖАНИЕ



- 4** О СИСТЕМНЫХ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЯХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ
Д.М. Ляпичев, В.А. Щуровский, Е.А. Черникова (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)
- 9** АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ МОДУЛЬНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ РАСПРЕДЕЛЕННОГО КОМПРИМИРОВАНИЯ НА МАЛОДЕБИТНЫХ ГАЗОВЫХ СКВАЖИНАХ
Е.Р. Ибрагимов¹, Л.Б. Минязев¹, А.Ф. Сарманаева¹, Ш.Ш. Биктимеров¹, Д.А. Яхонтов², Т.Ф. Кадыров²
¹АО «НИИ турбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», Группа ГМС, г. Казань
²ООО «Газпром добыча Ямбург»
- 15** О ВЛИЯНИИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ШИРИНЫ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ВЫСОКОНАПОРНОЙ СТУПЕНИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА НА ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ
А.Ю. Пеганов (АО «ОДК - Климов», г. Санкт-Петербург)
- 18** ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В РАЗВИТИИ ГАЗОМОТОРНОГО ТРАНСПОРТА: ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАНОВЫХ КОМПРЕССОРОВ И АГНКС КРАСНОДАРСКОГО КОМПРЕССОРНОГО ЗАВОДА
А.В. Родиченко, У.П. Сергунина, С.О. Сторожик, П.Б. Шулекин (ООО «НСК», ст-ца Динская, Краснодарский край)
- 23** ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАСТРОЙКИ КОМПЬЮТЕРНЫХ УЗЛОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОДСИСТЕМ КОМПРЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ИХ САМОВОССТАНОВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ ПОТОКА ЗАЯВОК
К.С. Ткаченко, инженер 1-й кат. (ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»)
- 26** ООО «ГЛ ИНЖИНИРИНГ»: РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
И.В. Болграбский (ООО «ГЛ Инжиниринг»)
- 27** ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ: ПОСТАВКА ЗАПЧАСТЕЙ И ОБСЛУЖИВАНИЕ ИМПОРТНЫХ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ И ГАЗОПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ
АО «АВГ»
- 29** ПОЗДРАВЛЕНИЕ НПО «ИСКРА» С 30-ЛЕТНИМ ЮБИЛЕЕМ
Редколлегия
- 30** КОМПРЕССОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СЕРИИ «УРАЛ». 30 ЛЕТ СОТРУДНИЧЕСТВА С ТЭК РФ
Е.Л. Селянская, С.В. Касьянов, О.В. Дурыманов, Ю.П. Ерышкин, С.В. Женихов (НПО «Искра»)

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ МОДУЛЬНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ РАСПРЕДЕЛЕННОГО КОМПРИМИРОВАНИЯ НА МАЛОДЕБИТНЫХ ГАЗОВЫХ СКВАЖИНАХ

Е.Р. Ибрагимов¹, Л.Б. Минязев¹, А.Ф. Сарманаева¹, Ш.Ш. Биктимеров¹, Д.А. Яхонтов², Т.Ф. Кадыров²

¹АО «НИИТурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», Группа ГМС, г. Казань

²ООО «Газпром добыча Ямбург»

В статье выполнено сравнение технических решений опытной компрессорной установки МКУ ТАКАТ 78.2-7 М3а ХЛ1 и импортных аналогов, что позволило определить, какие решения тиражировать в серийных установках и в каких направлениях требуется модернизация. Исследования основываются на анализе данных эксплуатации объекта. В качестве основных выделены следующие технические решения, которые в дальнейшем были внедрены в серийных установках МКУ-500 ТАКАТ 52.3-7 М4а ХЛ1 и МКУ-1000 ТАКАТ 120.2-7 М4а ХЛ1: подшипники качения, воздушная система охлаждения масла и газа, внутренняя дренажная емкость и прочие.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ, ВОЗДУШНАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ МАСЛА И ГАЗА, ВНУТРЕННЯЯ ДРЕНАЖНАЯ ЕМКОСТЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ И АПРОБАЦИИ.

Внедрение технологий повышения эффективности эксплуатации газовых месторождений демонстрирует востребованность в использовании модульных компрессорных установок (МКУ) для повышения давления низконапорного газа, поступающего с куста газовых скважин и подачи его в газосборную сеть для дальнейшего использования. С целью развития промышленного потенциала регионов Российской Федерации в задачах по импортозамещению оборудования для извлечения газа месторождений, находящихся в эксплуатации ПАО «Газпром», наиболее актуальным является поиск и реализация решений отечественного производства и поставщиков.

Анализ конструкций зарубежных производителей проведен по данным эксплуатации установок «Siemens» и «GEA Grasso» (Германия). Филиал «Siemens Nederland N.D.» международного концерна «Siemens» имеет ряд реализованных на территории Российской Федерации проектов по мобильным компрессорным установкам тип МК, в том числе МК-450 (рис.1) производительностью 12500 нм³/час (при 0,1013 МПа, 20°C), начальном давлении 6,2 кгс/см² и конечном до 10 кгс/см².

На рисунке 2 представлен альтернативный вариант компрессорной установки на базе винтового компрессора «GEA Grasso» типоразмера XD большой производительности 26250 нм³/час (при 0,1013 МПа, 0°C),

начальном давлении 7 кгс/см² и конечном до 10 кгс/см².



Рисунок 1. Общий вид мобильной компрессорной установки МК-450 («Siemens Nederland N.D.») на базе винтового компрессора «Howden»



Рисунок 2. Общий вид мобильной компрессорной установки на базе винтового компрессора «GEA Grasso»

В данных установках используются компрессоры на основе винтовых холодильных компрессоров (рис.3) с золотниковым регулированием производительности. Основными конструктивными признаками холодильных компрессоров [2] является общая система смазки, применение опорных подшипников скольжения гидродинамического трения 3, 4 для восприятия радиальных нагрузок и радиально-упорных шарикоподшипников 5, с разгрузкой осевой силы уравнивающим поршнем 6.

Несмотря на то, что особенности расчета и вопросы

применения подшипников качения и скольжения в зависимости от широкого ряда параметров подробно изложены в литературных источниках [1, 2], однако в процессе эксплуатации с газовыми средами часто констатируются следы повышенного износа и повреждений данных узлов, что может быть источником выхода из строя других деталей и узлов компрессора (рис. 4).

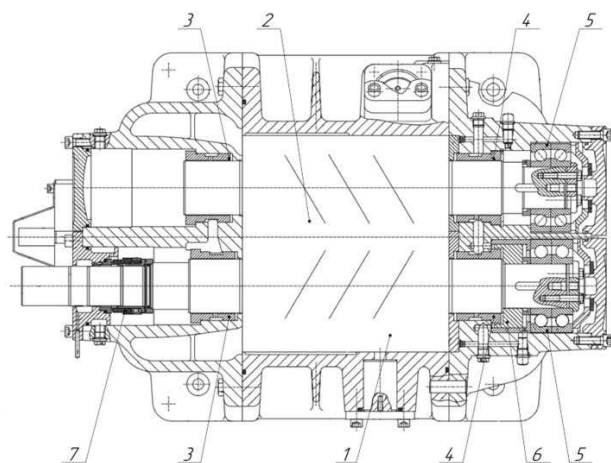


Рисунок 3. Типовая конструкция винтового маслозаполненного компрессора импортного производства 1, 2 – ведущий и ведомый роторы, 3, 4 – радиальные подшипники скольжения, 5 – упорные подшипники качения, 6 – уравнильный поршень, 7 – концевое уплотнение



Рисунок 4. Образцы компрессора импортного производства с характерными повреждениями рабочих деталей и узлов

Анализ и расследование случаев выхода из строя импортных компрессоров свидетельствует о том, что вода, поступающая с газом в сепаратор, может не в полной мере отделяться в нем и попадать в маслосистему, а соли и продукты коррозии возникающие по причине наличия воды в масле внедряются в баббитовый слой подшипника скольжения тем самым нарушая его несущие способности. Вместе с подшипниками значительным повреждениям могут подвергаться роторы и корпусные детали.

Вместе с тем, в процессе эксплуатации

компрессоров с общей системой смазки в газовой среде зачастую происходит неконтролируемое изменение свойств смазочного масла. Наиболее критично для подшипников скольжения уменьшение вязкости масла. Поэтому необходимо предъявлять повышенные требования к качеству очистки газа в входном сепараторе, а также к смазочным материалам: в частности, высокая температурная стабильность свойств и характеристик, малая летучесть и предельно низкое растворение компонентов компримируемого газа и продуктов конденсации в масле, антифрикционные и противоизносные свойства, защита от коррозии в присутствии воды [5].

Для решения этой проблемы некоторые российские изготовители используют отдельную смазку. В этом случае маслосистема делится на два контура: впрыска и смазки узлов трения. Контур впрыска масла аналогичен одноконтурной системе. Контур смазки представляет собой автономный агрегат, состоящий из маслобака, электронагревателя, фильтра грубой очистки, маслососов, охладителя масла и фильтра тонкой очистки, запорно-регулирующей арматуры и контрольно-измерительных приборов. Кроме того, при использовании одноконтурной системы смазки применяется вариант исполнения компрессора с одним уплотнением выходного вала, при использовании двухконтурной системы - вариант исполнения компрессора с пятью уплотнениями: одним выходного вала и четырьмя промежуточными. Промежуточные уплотнения предназначены для исключения попадания газа в систему смазки подшипников, но предъявляют дополнительные требования к надежности этих узлов.

В целом, дополнительный контур усложняет конструкцию и снижает надежность установки, а также увеличивает стоимость маслосистемы, однако имеет преимущества в эксплуатации установок на «грязных» и «жирных» газах: позволяет использовать недорогие отечественные минеральные масла, повышает долговечность подшипников, увеличивает срок службы масла, идущего на смазку. При этом могут быть снижены требования к качеству масла в контуре впрыска, либо использована технологическая жидкость, в том числе и пластовая вода.

АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», совместно с АО «Казанькомпрессормаш» имеет большой опыт производства и сопровождения на объектах винтовых компрессорных установок (КУ) с общей и отдельной системой смазки различного назначения: сжатие попутного нефтяного газа (ПНГ), утилизация ПНГ, сжатие и подача ПНГ в газотурбинные установки, утилизация факельных газов, дожимные компрессорные станции. По опыту эксплуатации около 30 КУ тип TAKAT с общей и более 60 с отдельной системой смазки непрерывно проводится оптимизация показателей надежности и принятых технических решений. При этом на практике, по результатам комплексного анализа параметров в процессе наработки и с учетом фактических рабочих условий, ряд КУ с отдельной смазкой переведены на общую.

Первый образец МКУ ТАКАТ 78.2-7 М3а ХЛ1 производства АО «Казанькомпрессормаш» в соответствии с проектом «Реконструкция ГСС с применением МКУ и объединением УКПГ Ямбургского НГКМ» разработан для куста газовых скважин №611 Ямбургского НГКМ. С учетом нашего опыта и на основе анализа состояния и состава газа (таблица 1): плотность газа практически в два раза менее $1,3 \text{ кг/м}^3$, следовательно газ с достаточным запасом на реальный состав «легкий», по относительному содержанию метана - природный газ без агрессивных компонентов, было принято решение проектировать установку, согласно традиционной одноконтурной (для масла) технологической схеме, представленной на рис. 5.

Таблица 1. Состав газа, компримируемого в МКУ ТАКАТ 78.2-7 М3а ХЛ1

Наименование компонента	Доля (объемные%)
Метан, (CH ₄)	99,047
Этан	0,094
Пропан	0,0204
Изо-бутан	0,0044
Н-бутан	0,0045
Нео-пентан	0,00061
Изо-пентан	0,0014
Азот, (N ₂)	0,77
Углекислый газ, (CO ₂)	0,035
Сероводород	Отсутствует
Плотность газа при н.у. на режиме максимальной потребляемой мощности	$0,721 \text{ кг/м}^3$

Поступающий со скважины природный газ проходит двухступенчатую очистку от механических примесей, пластовой и капельной жидкости в горизонтальном сепараторе - пробкоуловителе (СП101) и вертикальном сепараторе тонкой очистки (СП102), которые в свою очередь отводятся насосом (Н401) в дренажную емкость (ЕД401), либо в шлейф на линии нагнетания МКУ. После этого очищенный газ через газовый фильтр (Ф101) поступает на сжатие в компрессор (КМ101), куда одновременно подается охлажденное в аппарате (АТ301) масло. Компримированная маслогазовая смесь проходит двукратную очистку от масла в маслоотделителе (МО101) и фильтре-коалесценции (Ф101).

Охлаждение газа до требуемой температуры нагнетания выполняется в аппарате воздушного охлаждения (АТ101).

В МКУ ТАКАТ 78.2-7 М3а ХЛ1 применен винтовой маслозаполненный компрессор производства АО «Казанькомпрессормаш» 8ГВ единичной производительности $12788 \text{ м}^3/\text{час}$ (при 0,1013 МПа, 0°С) с начального давления $1,8 \text{ кгс/см}^2$ до давления нагнетания 7 кгс/см^2 .

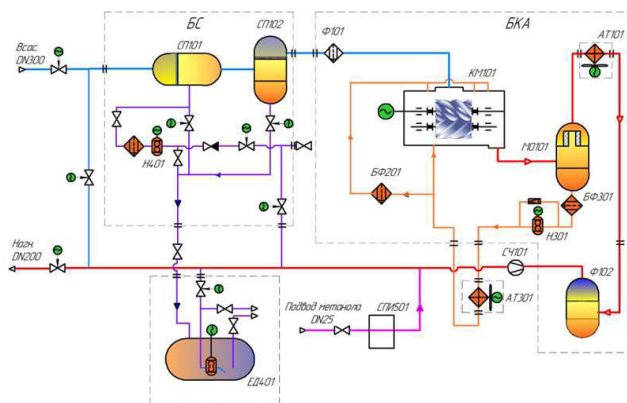


Рисунок 5. Принципиальная технологическая схема МКУ ТАКАТ 78.2-7 М3а ХЛ1

СП101 – Сепаратор пробкоуловитель (горизонтальный); СП102 – Сепаратор вертикальный; КМ101 - Компрессор; МО101 - Маслоотделитель; Ф102 – Фильтр-коалесценции; АТ101 - Аппарат охлаждения газа; БФ301 - Фильтр грубой очистки; Н301 - Рабочий маслонасос; АТ301 - Аппарат охлаждения масла; БФ201 - Фильтр тонкой очистки; ЕД401 - Дренажная емкость; Н401 - Насос.

С учетом требуемого ресурса работы и анализа фактического состава газа в конструкции компрессора были спроектированы узлы с подшипниками качения (рис. 6). Причем между опорным 1 и упорными 2 подшипниками установлен запатентованный самоустанавливающийся элемент 3 [6]. Это гарантирует центровку узлов в процессе плановой замены подшипников и позволяет при возникновении упругих температурных прогибов ротора 4 во время работы компрессора, компенсировать перекосы упорных поверхностей, обеспечивая при этом плотное прилегание и жесткую связь всей цепочки подшипников 1, 2 в линейном направлении.

В процессе эксплуатации, средняя наработка подшипниковых узлов МКУ ТАКАТ 78.2-7 М3а ХЛ1 на КГС-611 составляет более 20 000 ч., на сопрягаемых поверхностях на шейках вала роторов дефектов не выявлено, следы коррозии на элементах отсутствуют. Несмотря на это в качестве дополнительных предупредительных мер выполнялся систематический отбор проб масла. Основные показатели по результатам измерения для различных марок масел представлены в таблицах 2 и 3.

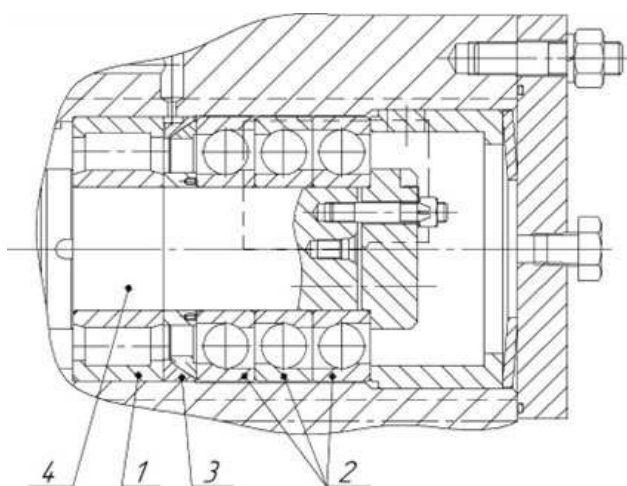


Рисунок 6. Подшипниковый узел компрессора 8ГВ
1 – опорный подшипник, 2 – упорный подшипник,
3 – самоустанавливающийся элемент, 4 – ротор

Таблица 2. Испытания на маслах KLUBER SUMMIT NGSH-68

Наименование показателя	Результат измерения	Вход КЦ	Выход КЦ
Наработка, ч	70	310	560
Вязкость кинематическая при 40°C, мм ² /с	59,38	57,13	56,27
Вязкость кинематическая при 100°C, мм ² /с	9,88	9,24	9,2
Кислотное число, мг КОН на 1 г масла	0,11	0,17	0,07
Вода, ppm	<1,000	<1,000	<1,000
Механические примеси, ppm:			
- фосфор	8	7	0
- кремний	0	4	0
- натрий	9	31	9
- железо*	11	12	0
*повышенное содержание носит «случайный» характер, т.к. связано с промывкой системы маслом DSL-68, которое вымывает железо			

Как видно из таблицы 3 некоторые показатели имеют отклонения от нормы. Однако, зафиксированные отклонения не повлияли на долговечность подшипников. Данное обстоятельство не только подтверждает целесообразность применения подшипников качения, но позволяет сделать практически значимые выводы в отношении выбора системы смазки. Если для подшипников скольжения отдельная система смазки необходима для обеспечения надежной работы компрессора, на подшипниках качения по результатам

эксплуатации ее необходимость не выявлена. Таким образом, с учетом того, что состав газа более чем 50-ти кустов газовых промыслов ГП 2, 3, 4, 5, 6 Ямбургского месторождения ПАО «Газпром» равен представленному в таблице 1, на серийных МКУ обоснована возможность применения подшипников качения с общей системой смазки.

Таблица 3 - Испытания на масле Gazpromneft PAO NG-100

Наименование показателя	Метод испытания	Норма по СТО 84035624-249-2018	Результат измерения с погрешностью при P=0,95
Наработка, ч	-	-	3500
Вязкость кинематическая при 40°C, мм ² /с, в пределах	ГОСТ 33	90,00–110,00	98,41±0,53
Массовая доля воды, %	ГОСТ 14870 раздел 2	-	отсутствие
Массовая доля механических примесей, %	ГОСТ 6370	отсутствие	0,005±0,004
Кислотное число, мг КОН на 1 г масла, не более	ГОСТ 11362 и п.7.3 СТО 84035624-249-2018	0,20	0,02±0,01
Индекс вязкости, не менее	ГОСТ 25371 метод В	120	170 ± 1
Коэффициент местного сопротивления	ζ _{мс}	46,6	37,2
Эквивалентная длина ТТКЦ, км	L _э	7,86	4,55

Другим отличием опытной установки от аналогов ряда других производителей является система охлаждения масла и газа. У иностранных производителей и ряда отечественных компаний, которые стремятся представить продукцию максимально соответствующую аналогам, широкое применение находят системы с промежуточным теплоносителем на основе этиленгликоля. Не смотря на эффективность данных систем в широком диапазоне рабочих параметров [3, 4], сравнительный анализ показывает на существенные недостатки в вопросах эксплуатации, связанные с наличием контура промежуточного теплоносителя:

- усложнение работы и системы автоматизации, следовательно, уменьшение надежности установки,

- уменьшение полезной площади внутри контейнера,
- увеличенные на 20-30% капитальные затраты,
- необходимость соблюдения повышенных мер безопасности и технического обслуживания, повышенные расходы на электроэнергию дополнительного оборудования и дозаправку теплоносителей.

Необходимо также отметить, что на российском рынке отсутствуют производители теплоносителей, обеспечивающие независимое от импортных компаний производство продукта высокого уровня на основе собственных технологий и сырья, в том числе присадок.

Принимая во внимание высокие требования к надежности МКУ перед разработчиками поставлена задача максимально упростить конструкцию, минимизировать количество систем и номенклатуру оборудования. Поэтому в МКУ ТАКАТ 78.2-7 М3а ХЛ1 применены воздушные аппараты масла (АВОМ) и газа (АВОГ), выполненные в блочно-модульном исполнении (рис. 7), что обеспечило предельное упрощение процесса охлаждения при оптимальных массо-габаритных показателях.

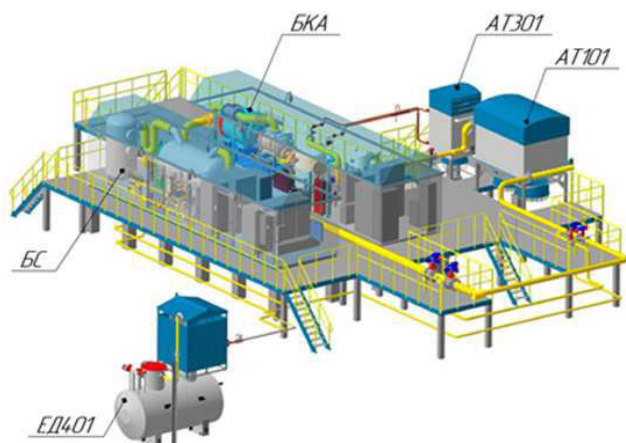


Рисунок 7. Общий вид МКУ ТАКАТ 78.2-7 М3а ХЛ1

При эксплуатации на месторождении проблем с обеспечением режимов работы АВОМ и АВОГ не выявлено, тем самым гарантированно обеспечение длительного всесезонного ресурса установки. Поэтому данное решение в дальнейшем было внедрено в серийных МКУ-500 ТАКАТ 52.3-7 М4а ХЛ1 и МКУ-1000 ТАКАТ 120.2-7 М4а ХЛ1. Кроме того в серийных МКУ для уменьшения площади застройки аппараты размещены на крыше единого блок-контейнера (рис. 8).

Как видно в общем плане МКУ ТАКАТ 78.2-7 М3а ХЛ1 (рис. 9) относительно компактно размещенного на общей площадке оборудования выделяется отдельно стоящая дренажная ёмкость ЕД401. Аналогичный недостаток имеется и у других производителей (рис. 9), что увеличивает площадь застройки, а также приводит к повышенной стоимости строительных и монтажных работ, ухудшает обслуживаемость.

Поэтому специалистами ООО «Газпром добыча Ямбург» в серийных МКУ-500 ТАКАТ 52.3-7 М4а ХЛ1 и МКУ-1000 ТАКАТ 120.2-7 М4а ХЛ1 было предложено

разместить дренажную емкость внутри контейнера. Усовершенствование по данному вопросу выполнено за счет размещения емкости внутри сепарационного отсека под двухступенчатым горизонтальным сепаратором (рис. 10).

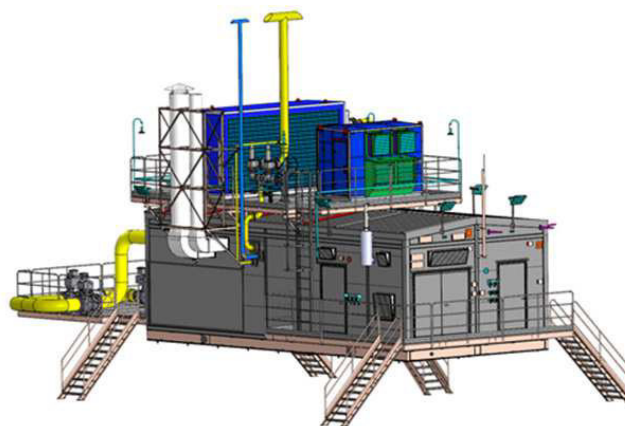


Рисунок 8. Общий вид МКУ-1000 ТАКАТ 120.2-7 М4а



Рисунок 9. Дренажная емкость МКУ ВГ-100/5,2-9 БМ-ХЛ1

Дренажная ёмкость представляет собой сварной стальной бак, оснащенный всеми контрольно-измерительными приборами для надежной и безаварийной эксплуатации, а также элементами для обслуживания без демонтажа (рис. 11).

Таким образом успешное промышленное внедрение выделенных технических решений, а именно подшипники качения, воздушная система охлаждения масла и газа, подтвержденное значительным сроком наработки первого образца МКУ ТАКАТ 78.2-7 М3а ХЛ1 подтвердило целесообразность их применения в серийных МКУ. Вместе с тем, в серийных МКУ-500 ТАКАТ 52.3-7 М4а ХЛ1 и МКУ-1000 ТАКАТ 120.2-7 М4а ХЛ1 выполнено ряд улучшений, одно из которых, оптимизация размещения дренажной емкости.

Таким образом, в работе были проведены и освещены следующие этапы по вопросам проекти-

рования и эксплуатации модульных компрессорных установок в системах распределенного компримирования на малодебитных газовых скважинах:

- рассмотрение рынка импортных производителей КУ и определение основных недостатков технических решений;
- анализ эксплуатационных испытаний первого образца импортозамещающей МКУ ТАКАТ 78.2-7 М3а ХЛ1;
- получение практического подтверждения правильности принятых в МКУ ТАКАТ 78.2-7 М3а ХЛ1 решений и внедрение их в серийные МКУ.



Рисунок 10. Дренажная емкость МКУ-1000 ТАКАТ 120.2-7 М4а ХЛ1

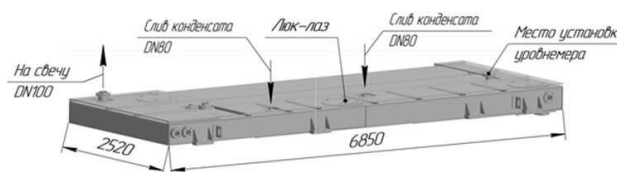


Рисунок 11. Общий вид дренажной емкости серийных МКУ

Список литературы

1. Амосов П.Е., Бобриков Н.И., Шварц А.К., Верный А.Л. Винтовые компрессорные машины. Справочник. Л., «Машиностроение», 1977.-256с.
2. Хисамеев И.Г., Максимов В.А. Двухроторные винтовые и прямозубые компрессоры: теория, расчет и проектирование. Казань: изд-во «Фэн», 200.-638с.
3. П. И. Бажан, Г. Е. Каневец. В. М. Селиверстов. Справочник по теплообменным аппаратам. М., «Машиностроение», 1989.-200с.
4. Лашутина Н.Г., Верхова Т.А., Сuedов В.П. Холодильные машины и установки. – М.: КолосС, 2006 – 440с.
5. Компрессоры в технологических процессах. Смазочные материалы: учебное пособие/ Н.В. Соколов, С.Н. Кузорова; Минобрнауки России, Казан. Нац. Исслед. Технол. Ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2021. 108 с.
6. Паранин Ю.А., Биктимеров Ш. Ш., Калимуллин Ф. Ф., Сарманаева А.Ф. Подшипниковый узел ротора винтового компрессора / Патент на изобретение РФ №2702812, МПК F04C 18/16 , F04C 29/00, F01C 21/02, 11.10.2019.