



УДК 622.276.04 + 622.279.04

ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ СБОРА И ПОДГОТОВКИ СКВАЖИННОЙ ПРОДУКЦИИ НА МОРСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ БЛОК 63

CHARACTERISTICS OF THE COLLECTION AND PREPARATION SYSTEM OF BOREHOLE PRODUCTS ON THE OFFSHORE FIELD BLOCK 63

Диоманде Бле Хьюге

аспирант кафедры нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный технологический университет
huguesdiomande@gmail.com

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный технологический университет
olgasavenok@mail.ru

Аннотация. В статье приведено описание fpso (плавучая установка для добычи, хранения и отгрузки нефти). Подробно описана подводная система разработки залежи Тамбор морского месторождения Блок 63, подключённая к плавающей платформе по технологии FPSO. Рассмотрена система сбора и подготовки скважинной продукции и приведены основные описания, характеристики и принципы действия, а также внешний вид этих установок, разобраны условия, в которых применение их рекомендовано. Рассмотрена типовая схема сбора нефтяной продукции, используемая на месторождении Блок 63. Приведены основные узлы, применяемые при подготовке нефти данного месторождения. Проведён анализ эффективности технологической схемы подготовки скважинной продукции и рассмотрены проблемы, существующие при сборе и подготовке нефти.

Ключевые слова: плавучая установка для добычи, хранения и отгрузки нефти; преимущества эксплуатации судов FPSO; подводная часть системы добычи нефти с платформы FPSO; система сбора и подготовки скважинной продукции; блок-схема системы очистки газа; блок-схема системы сжатия газа; проблемы, существующие при сборе и подготовке нефти.

Diomande Ble Hugues

Graduate Student of Oil
and Gas Engineering Department
named after professor G.T. Vartumyan,
Kuban State Technological University
huguesdiomande@gmail.com

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of Technical Sciences,
Professor of Oil
and Gas Engineering Department
named after professor G.T. Vartumyan,
Kuban State Technological University
olgasavenok@mail.ru

Annotation. The article describes the FPSO (Floating Production, Storage and Offloading). The submarine development system for the Tambor deposit of the Block 63 offshore field connected to a floating platform using FPSO technology is described in detail. A system for collecting and preparing well products is considered, and basic descriptions, characteristics and principles of operation, as well as the appearance of these units are given, the conditions in which their use is recommended are analyzed. A typical oil production collection scheme used at Block 63 is considered. The main units used in the preparation of oil for this field are presented. The analysis of the effectiveness of the technological scheme for the preparation of borehole products is carried out and the problems existing in the collection and preparation of oil are considered.

Keywords: floating installation for oil production, storage and shipment; advantages of operating FPSO vessels; underwater part of the oil production system from the FPSO platform; system for collecting and preparing well products; block diagram of a gas purification system; block diagram of a gas compression system; problems existing in the collection and preparation of oil.

Месторождение находится в бассейне Конго, простирается более чем на 600 км, приблизительно между широтами 3° и 7° южной широты (рис. 1). Южная часть бассейна принадлежит государству Ангола. Северная часть бассейна отделена от Габонского бассейна выходом на поверхность докембрийского фундамента, который простирается с востока на запад и с северо-востока на юго-запад и носит название хребта Майумбра. Эти отложения преимущественно меловые и третичные, и залегают на докембрийском и исключительно кембрийском фундаменте. Два крупных события контролируют структуру и осадконакопление морской части – южно-атлантический рифт и региональное погружение бассейна.

Месторождение Блок 63 имеет площадь около 4172 км². Нефтеносная площадь в общей сложности составляет 3025 км². Доказанные запасы оцениваются в более чем в 3,5 млрд баррелей



и 1,2 млрд баррелей неизвлекаемых запасов. Качество нефти колеблется от 25 до 37 градусов по API, пористость от 20 до 30 %, проницаемость от 0,5 до 3 мкм² и вязкости от 0,5 до 3 сПз.

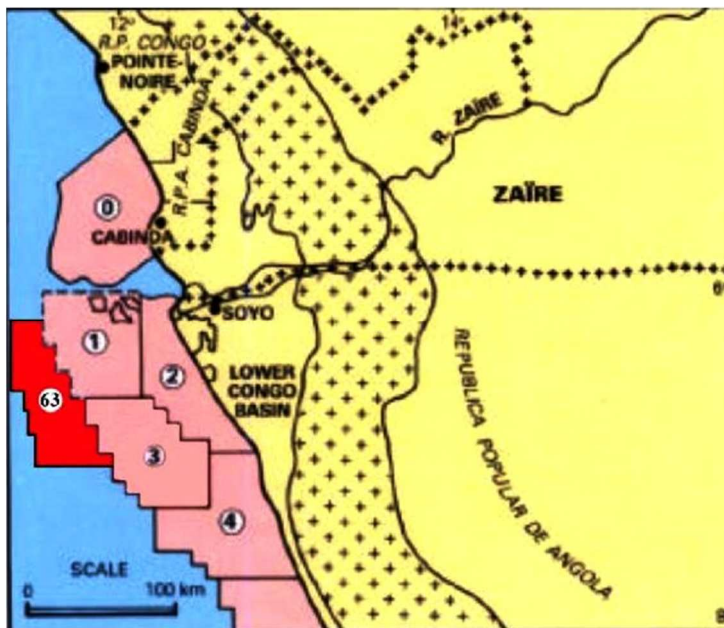


Рисунок 1 – Расположение месторождения Блок 63

FPSO (плавучая установка для добычи, хранения и отгрузки нефти)

FPSO (Floating Production, Storage and Offloading) (рис. 2) – это плавучая система добычи, хранения и выгрузки нефтепродуктов. Она является одной из ряда различных типов плавучих систем, используемых сегодня в нефтяной и газовой промышленности.



Рисунок 2 – Плавающая платформа

Внешне она напоминает судно, но спроектирована абсолютно иначе и перевозит не только всю необходимую продукцию и технологическое оборудование, обычно относящееся к платформе нелетучих масел и газопромысловой платформе, но и резервуары для сырой нефти, добываемой из скважин на морском дне.

Она надолго пришвартовывается в отведённом ей месте и соединяется со скважинами гибкой водоотделяющей колонной.

В ходе работы FPSO нефть и газ добываются самостоятельно, либо поступают с близлежащих морских платформ (МП) и хранятся до отгрузки в нефтеналивной танкер или отправки по нефтепроводу.



На рисунке 3 показана схема плавучей установки для добычи, хранения и отгрузки нефти.

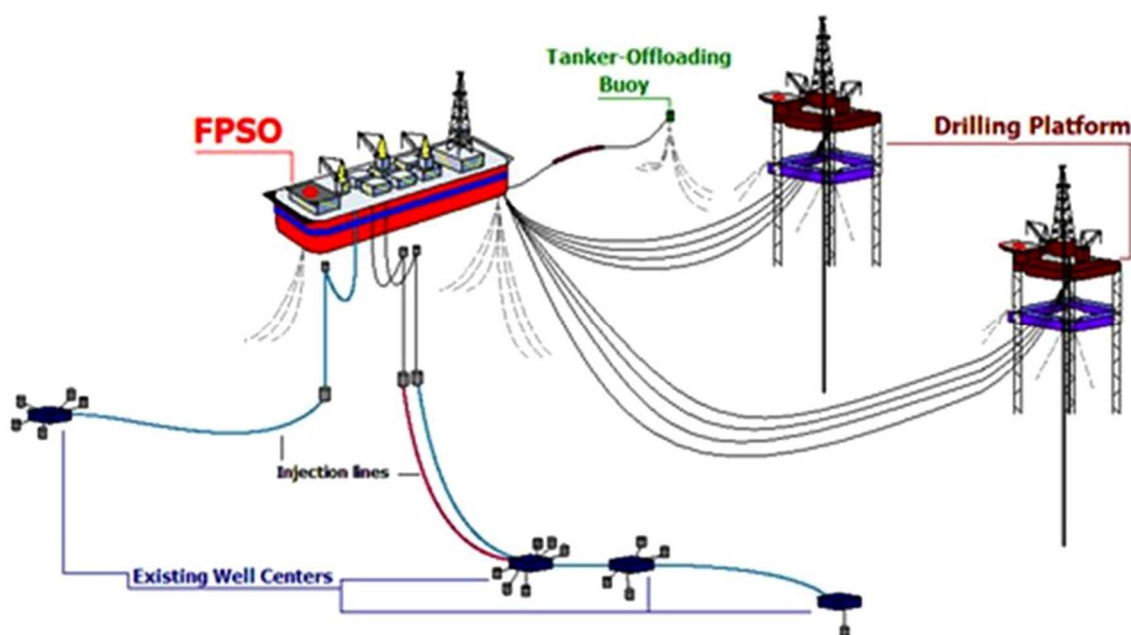


Рисунок 3 – Схема плавучей установки для добычи, хранения и отгрузки нефти

Нефть накапливается в FPSO нефти до тех пор, пока не накопится достаточного количества для наполнения нефтеналивного танкера.

На FPSO может происходить подготовка нефти. Однако предпочтительнее осуществлять первичную сепарацию на МП для экономии места в резервуарах FPSO.

FPSO предпочтительнее в приграничных шельфовых проектах, поскольку они просты в установке и не требуют нефтепроводной инфраструктуры для экспорта нефти.

FPSO могут быть переоборудованы из нефтеналивного танкера или быть специально построенным.

Первый нефтяной FPSO был построен в 1977 году на месторождении Shell Castellon, расположенном в испанском Средиземноморье.

Сегодня более 270 нефтяных FPSO развёрнуто по всему миру.

Нефть, добываемая на морских добывающих платформах, может транспортироваться на материк по нефтепроводу или танкером.

Когда для транспортировки нефти выбран нефтеналивной танкер, необходимо накапливать нефть в нефтяном резервуаре, чтобы танкер не был постоянно занят во время добычи нефти, а необходим только после того, как было добыто достаточно нефти для его полной загрузки.

Огромным преимуществом эксплуатации судов FPSO является исключение затрат на прокладку километром трубопроводов от месторождения до берегового терминала. Производственное оборудование судов FPSO позволяет производить освоение небольших месторождений нефти либо глубоководных месторождений вдали от уже существующей подводной инфраструктуры. Причём при производстве на небольших месторождениях, запасы которых могут быть исчерпаны уже через 1,5–2 года, отпадает необходимость установки дорогостоящих нефтяных платформ. Когда месторождение отработано, судно переходит к разработке следующего.

Подводная система разработки залежи Тамбор морского месторождения Блок 63 подключена к плавающей платформе по технологии FPSO, позволяющей проводить морскую добычу, подготовку, хранение и отгрузку скважинной продукции на глубине 500 метров и более. На рисунке 4 приведена подводная часть системы добычи нефти с платформы FPSO.

Из рисунка видно, что бурение производилось тремя буровыми установками. Каждая установка связана с FPSO линиями для подачи химических веществ и материалов для всех скважин и коллекторов.

Платформы типа FPSO имеют следующие преимущества:

- более быстрая разработка месторождения (18–20 месяцев против 36 месяцев);
- возможность эксплуатации в глубоких водах (до 2000 м);
- нет необходимости создания инфраструктуры (например, трубопроводы, резервуарные парки и т.д.);
- платформа может выдерживать большие нагрузки;



- подходит для использования в качестве нефтяного терминала;
- мобильность.

Технология FPSO имеет следующие характеристики:

- хранение от 200–2000 тыс. баррелей;
- добыча от 20–250 тыс. баррелей;
- водоизмещение от 40–250 тыс. тонн;
- глубина воды 30–2000 метров;
- ес верхних строений 2–33 тыс. тонн.

Тенденцией добычи нефти в Анголе является продвижение в более глубокие воды, в большинстве из новых проектов используются стационарные единицы, такие как плавающие платформы.

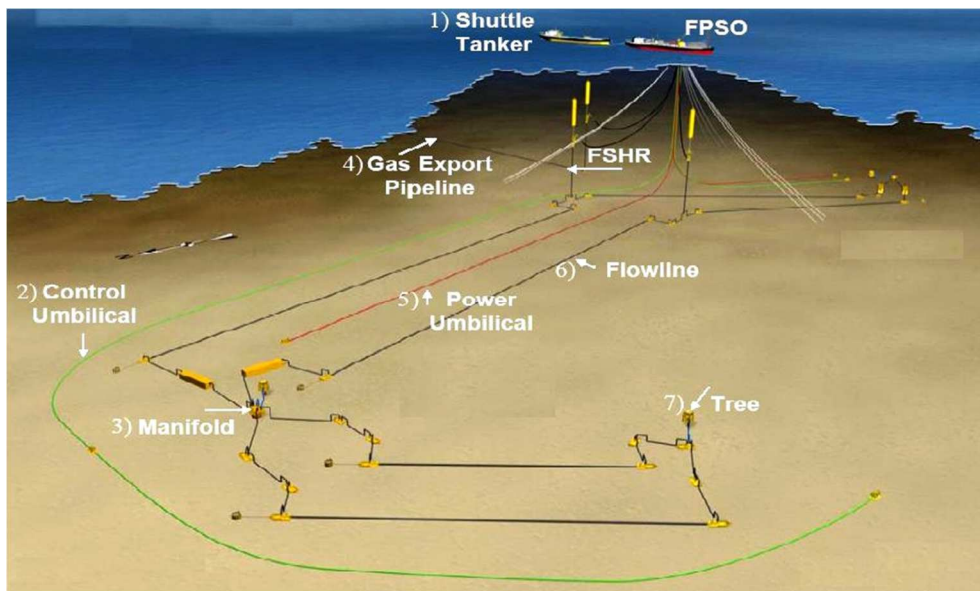


Рисунок 4 – Подводная часть системы добычи нефти с платформы FPSO:
 1) танкер для отгрузки; 2) система управления; 3) манифольд; 4) газопровод;
 5) система подача энергии; 6) трубопровод 7) фонтанная арматура

Система сбора и подготовки скважинной продукции на УПН

Для разработки залежи Тамбор морского месторождения Блок 63 используется технология FPSO. Разработка месторождения осуществляется с помощью подводных устьев, расположенных в трёх частях залежи.

Эксплуатационные и нагнетательные скважины объединены с FPSO через подводные коллекторы от трубопроводов и гибких стояков. Схема подводной добычи на залежи Тамбор приведена на рисунке 5.

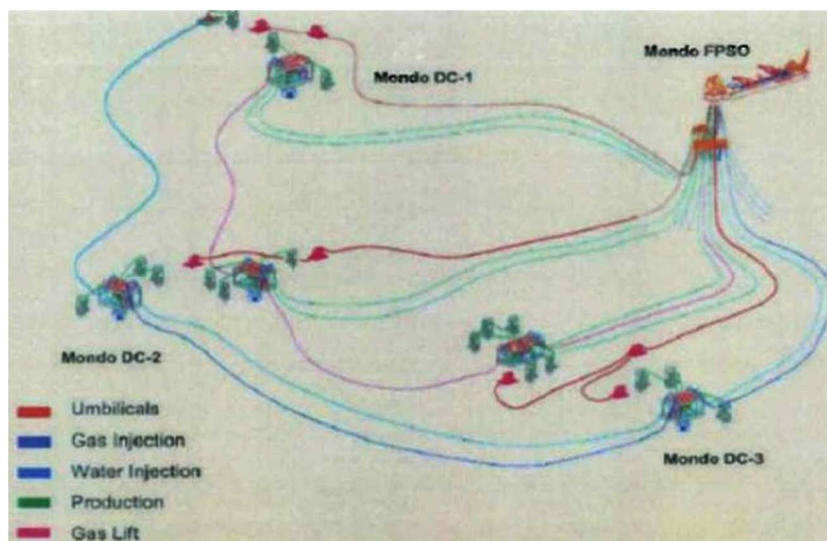


Рисунок 5 – Схема подводной добычи на залежах Тамбор



Эксплуатационные скважины

Конструкция скважины планируется в открытом стволе с гравийным фильтром.

Гравийный фильтр используется для очистки от песка. Все эксплуатационные скважины имеют постоянные приборы для измерения давления и температуры, которые установлены на забое скважины.

При разработке залежи Тамбор было запланировано использовать газлифт.

Потери нефти оцениваются от 12 до 25 тыс. барр./сут. Для поддержания этих потоков были выбраны трубы 5/34 дюймов.

Очистка песка будет контролироваться в основном через OHGP (open hole gravel pack – открытое отверстие гравийных фильтров).

Нагнетательные скважины

Эксплуатация нагнетательных скважин планируется также в открытом стволе с контролем поступления песка. Контроль песка необходим для предотвращения попадания песка обратно в скважину.

Расход нагнетания воды оценивается между 10 и 40 тыс. барр./сут.

Система подготовки и транспорта нефти

В систему подготовки и транспорта нефти флюид поступает из подводных скважин. В основном эта система позволяет разделить потоки газа, нефти и воды, поступающие на платформу.

Затем газ направляют в систему сжатия, где он используется для собственных нужд, а оставшая часть может перекачиваться на землю, закачиваться в пласты через нагнетательные скважины и использоваться для газлифта.

Жидкость направляется на насосы, подаётся в другие аппараты, резервуары или откачивается на землю.

Вода направляется, в частности, в систему очистки, после чего остаточная нефть отправляется обратно, а чистая вода сбрасывается в море. Эта вода также может быть направлена в систему закачки через нагнетательные скважины для поддержания пластового давления.

В системе подготовки производится разделение нефти и газа, нефти и воды. Возможность использования этих процессов связано с большой разницей между массовой плотностью воды, нефти и газа. Для большей эффективности процесса разделения потоки нагреваются. Тепловая энергия поступает от блоков утилизации теплоты отходящих газов от печи или турбины и также за счёт собственно добытого газа в качестве топлива.

Часть воды по-прежнему остаётся в виде эмульсии и не может быть сепарирована. Для разрушения эмульсии используются электродендраторы.

Газ отделяется в сепарационной установке, которая снижает давление на величину, близкую к атмосфере. Блок-схема системы подготовки нефти показано на рисунке 6.

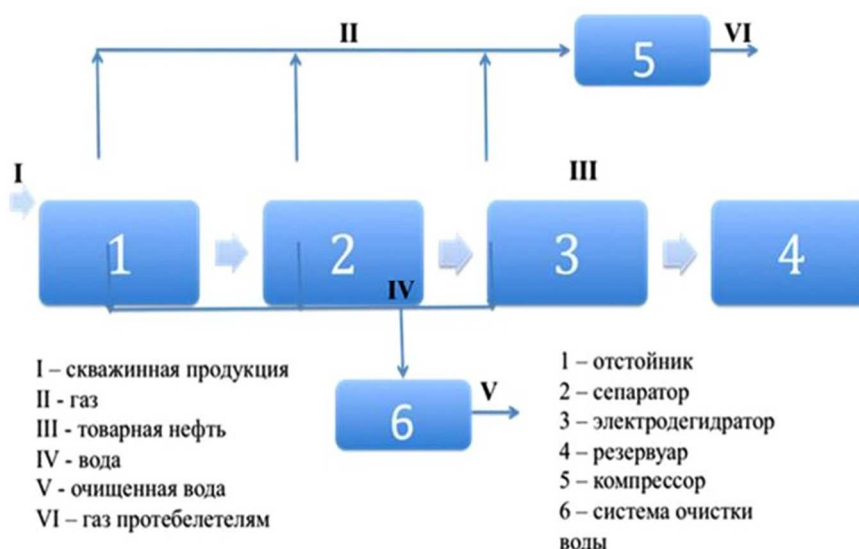


Рисунок 6 – Блок-схема системы подготовки нефти



На рисунке 7 приведена предлагаемая схема сепарации нефти.

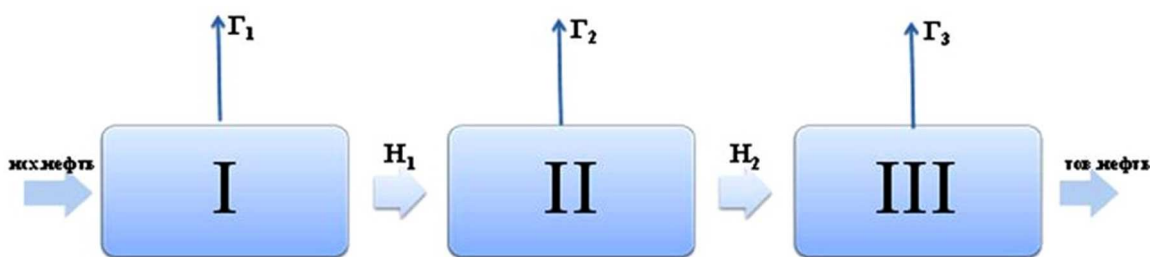


Рисунок 7 – Предлагаемая схема сепарации нефти

Система сжатия газа

Система сжатия газа состоит из компрессора по рекуперации паров (URV). Эти блоки получают газ из системы подготовки нефти.

Наибольший объём газа идёт в систему высокого сжатия, которая состоит из параллельных батарей центробежных компрессоров.

После сжатия газ отправляют на:

- другое месторождение (на новый проект Анголы);
- газлифт (используется, чтобы произвести больше нефти); газ вводится через затрубное пространство, снижает вес столба нефти, поэтому увеличивается перепад давления между пластом и скважиной и таким образом содействует подъёму и транспортировке нефти;
- использование в качестве топливного газа (газ, отделённый от конденсата, используется в качестве топлива для газовой системы турбины для выработки электроэнергии);
- закачку (газ закачивается в скважины для ППД в отсутствии спроса или инфраструктуры его перекачки);
- другие цели, если есть и другие пути использования газа;
- сжигание (малая часть).

Блок-схема системы очистки газа и блок-схема системы сжатия газа приведены в рисунки 8 и 9.

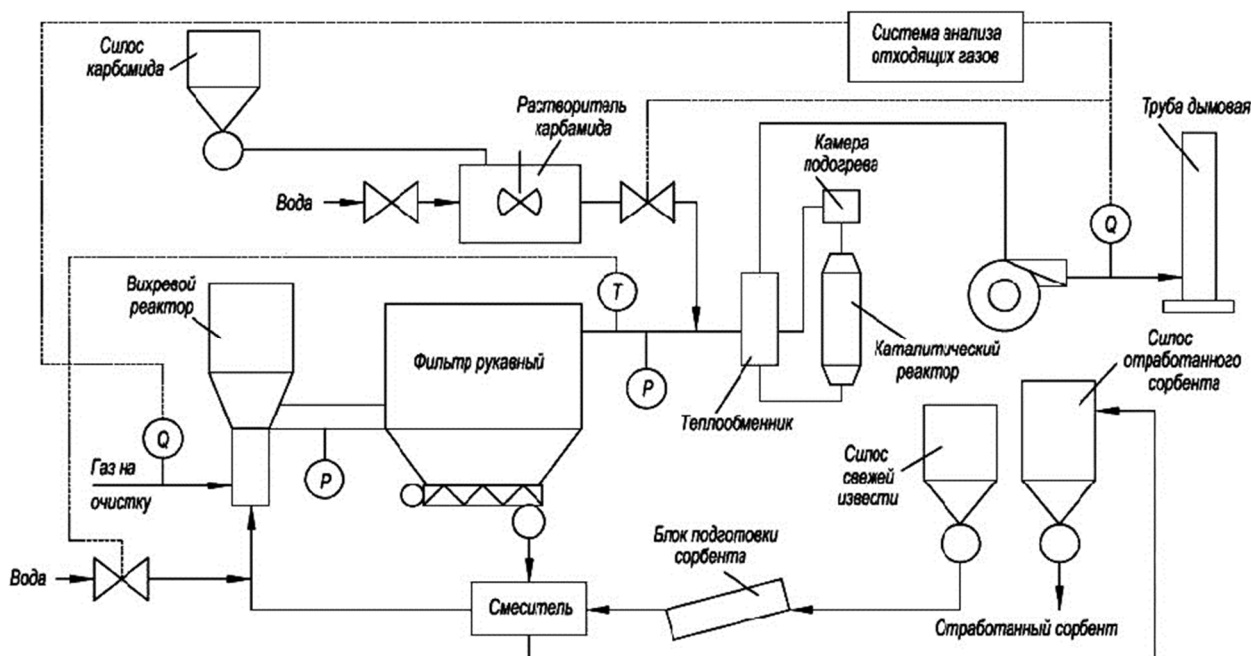


Рисунок 8 – Блок-схема системы очистки газа

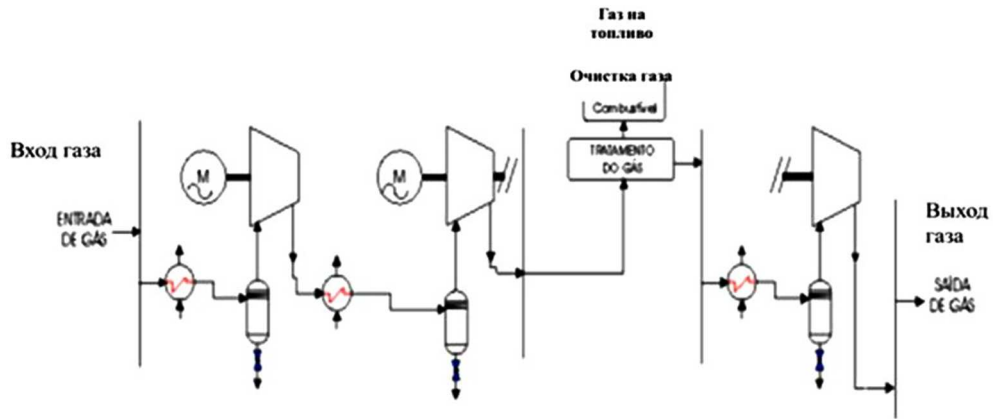


Рисунок 9 – Блок-схема системы сжатия газа

Система для производства электроэнергии и горячей воды состоит в основном из турбины. Эта система состоит из авиационной турбины, генератора (рис. 10 и 11).

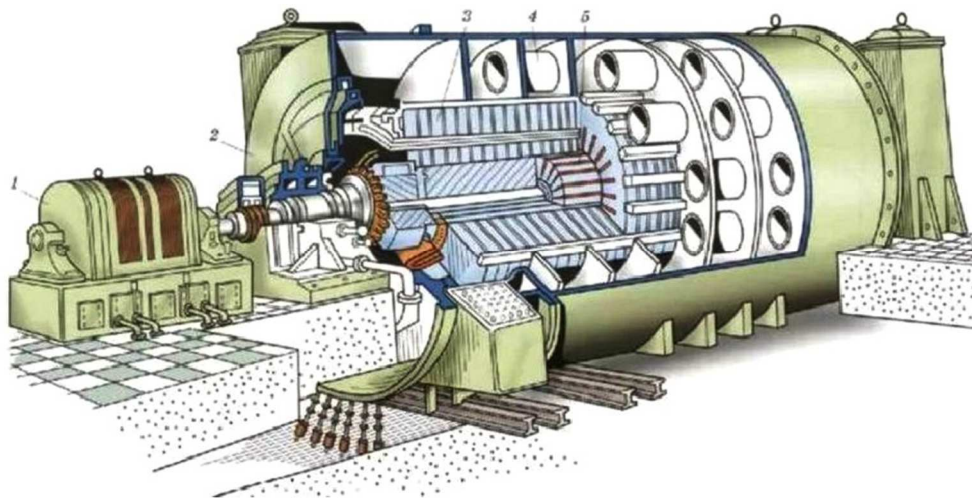
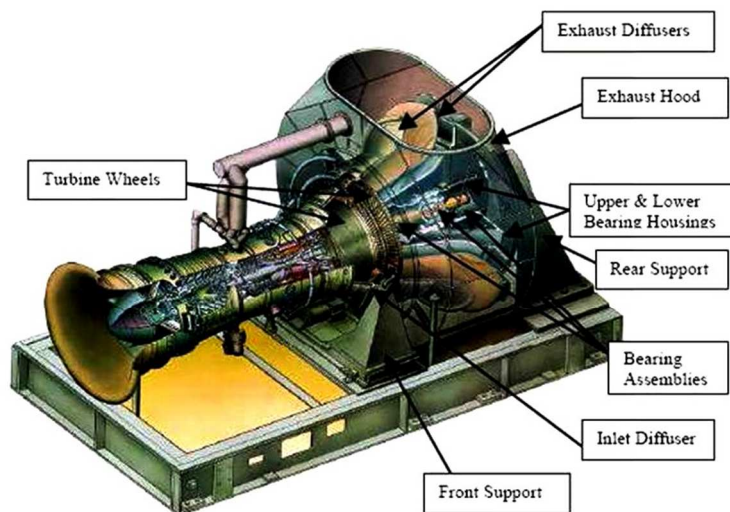


Рисунок 10 – Схема турбогенератора:
 1 – возбудитель; 2 – корпуса; 3 – сердечника статора;
 4 – секций водородного охлаждения; 5 – ротора



TYPICAL GAS TURBINE ARRANGEMENT
 [POWER TURBINE COMPONENTS INDICATED]

Рисунок 11 – Конструкция газовой турбины



Часть тепла от выхлопных газов выделяют в WHRU (система регенерации тепла). Это в основном теплообменники. Горячая вода в основном используется для нагрева продукции добывающих скважин в целях разделения трёх потоков жидкости (газа, нефти и воды). В некоторых случаях может быть дополнительный нагрев воды в печи. В последних проектах UEP в системе используется 4 турбогенератора мощностью около 25 МВт каждый, один в качестве резерва. Ёмкость в стратегии резервирования составляет около 75 МВт, а на спрос электрической энергии, как правило, не превышает 65 МВт (рис. 12 и 13).

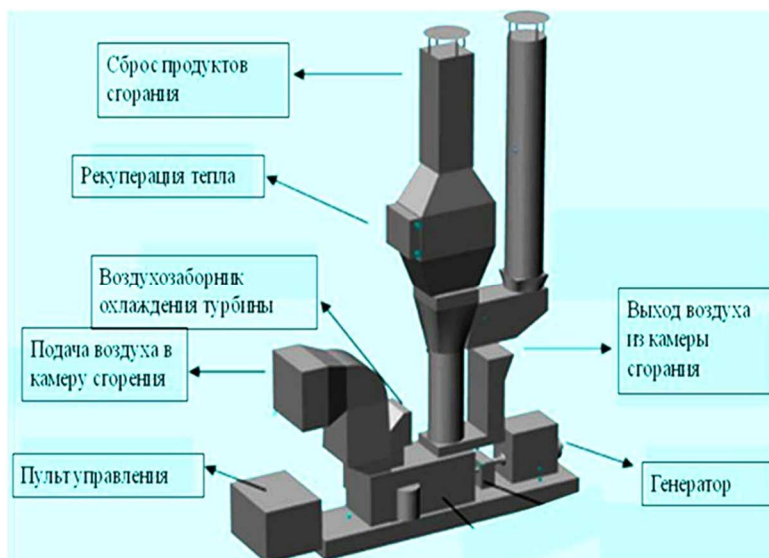


Рисунок 12 – Схема турбогенератора с подогревом воды через WHRU

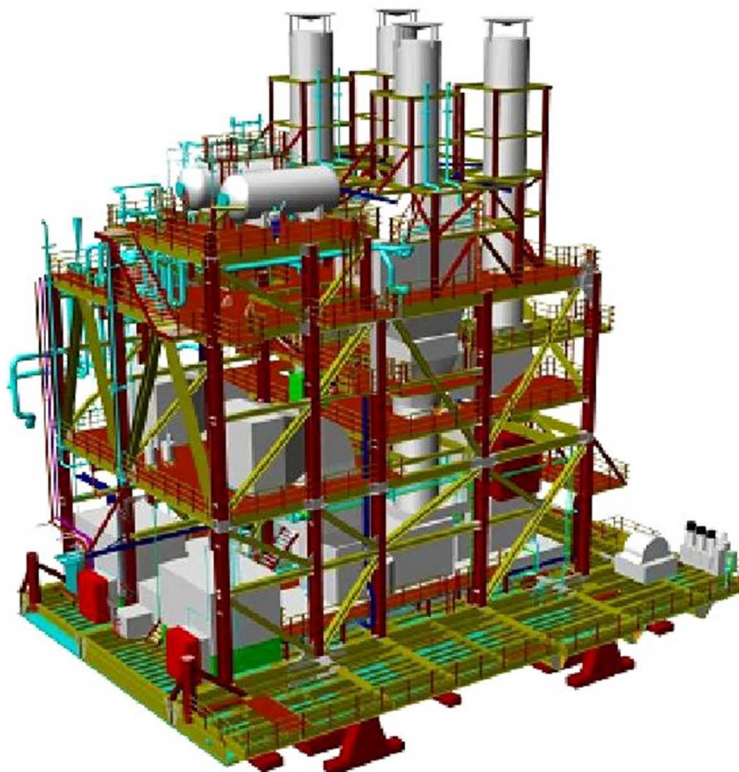


Рисунок 13 – Модуль электрической мощности (2 турбогенератора)

Машины (насосы, компрессоры и турбины)

Основным оборудованием являются насосы, компрессоры и турбины. Эти устройства потребляют энергию. Эти машины также вырабатывает тепло в окружающую среду. Так что есть потенциал для получения тепловой энергии.



Проблемы, существующие при сборе и подготовке нефти

Наиболее серьёзной проблемой промышленной подготовки нефти является нестационарность потока продукции в нефтепромысловом оборудовании. Нестационарность проявляется не только и не столько в колебаниях объёмных расходов потоков, сколько в колебаниях фазового и компонентного составов нефтепромысловой продукции. Учитывая, что нефть – многокомпонентное природное соединение с большим содержанием в ней естественных ПАВ, имеющих решающее значение в стабилизации и разрушении водонефтегазовых дисперсных систем, такие изменения составов определяют, как правило, нарушения технологических режимов работы нефтепромыслового оборудования.

Как уже ранее подчёркивалось, скважинная продукция нефтяных месторождений не просто многофазная смесь, включая известные агрегатные состояния вещества (жидкое, газовое и твёрдое), но и высокодисперсная система. Жидкость представляет собой, в первую очередь, смесь двух практически нерастворимых (при термобарических условиях промысла) многокомпонентных жидкостей (солёная вода и нефть). Нефть, в свою очередь, это смесь многокомпонентных взаиморастворимых жидкостей переменной природы. Нефтяной газ – смесь многокомпонентного газа пластовой нефти, паров нефти и воды, компонентный состав которой постоянно меняется из-за изменения термобарических условий в промысловой системе сбора и подготовки. Твёрдые вещества в скважинной продукции представлены:

- в первую очередь, кристаллами парафина с адсорбированными на них естественными ПАВ;
- мельчайшими частицами породы, размеры которых не превышают характерных размеров пустот в коллекторе;
- механическими примесями, попадающими в скважинную продукцию после проведения различных геолого-технических мероприятий, включая надводный и капитальный ремонт скважин и т.п.

Удельная поверхность дисперсной системы в составе скважинной продукции сопоставима с удельной поверхностью породы нефтяных залежей. Поэтому роль поверхностных явлений во всех основных процессах подготовки нефти, нефтяного газа и попутной пластовой воды становится определяющей. Особенно наглядно можно представить этот феномен в объяснении так называемого эффекта «старения» водонефтяных эмульсий и эффективности процесса «обессоливания» товарной нефти.

На основании проведённых расчётов была подобрана схема трёхступенчатой сепарации нефти, наиболее полно удовлетворяющая требованиям, предъявляемым к подготовке нефти на данной платформе.

Литература:

1. Запорожец Е.П. Регулярные процессы и оборудование в технологиях сбора, подготовки и переработки нефтяных и природных газов / Е.П. Запорожец и др. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012. – 620 с.
2. Зиберт Г.К. Технологии и техника сбора нефтяного газа / Г.К. Зиберт и др. – М. : Недра, 2013. – 404 с.
3. Голубев Н.В. Основы проектирования судовых энергетических установок / Н.В. Голубев, Н.М. Горбунов, А.В. Поздеев. – Л. : Судостроение, 1973. – 392 с.
4. Вербицкий С.В. Мировой флот FPSO. Современное состояние и перспективы развития / С.В. Вербицкий и др. // Труды ЦНИИ имени акад. А.Н. Крылова. – 2012. – № 66(350). – С. 125–134.
5. Галиев А.А. Численное моделирование сепаратора с изменением конструктивных особенностей // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 4. – С. 56–58.
6. Галиева Р.А. Исследование одновременной очистки газа от кислых компонентов и сероорганических соединений новыми абсорбентами физико-химического действия // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 42–44.
7. Зиянгилов А.Г. Перспективы применения мобильных компрессорных установок в условиях завершающей стадии разработки газовых месторождений / А.Г. Зиянгилов, Т.И. Мухамедьянов, В.И. Павлюченко // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 4. – С. 62–64.
8. Кусов Г.В. Автоматизированная система управления установкой подготовки попутного нефтяного газа / Г.В. Кусов, О.В. Савенок; Под общ. ред. Т.М. Сигитова // Современные тенденции развития нефтегазовой и машиностроительной отраслей : сборник научных статей по материалам I Международной научно-практической конференции (25 мая 2016 года, г. Пермь). – Пермь : ИП Сигитов Т.М., 2016. – С. 21–29.
9. Кусов Г.В. Модернизация низкотемпературных сепараторов на Уренгойском газоконденсатном месторождении / Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 2. – С. 179–197.
10. Кусов Г.В. Анализ системы подготовки газа на Уренгойском газоконденсатном месторождении (на примере УКПГ-15) / Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции «Теоретические и прикладные исследования в области естественных, гуманитарных и технических наук» (17 июня 2016 года, г. Прокопьевск). – Прокопьевск, 2016. – С. 84–95.
11. Кусов Г.В. Влияние систем автоматизации и контроля на надёжность функционирования систем сбора, подготовки и транспорта газа / Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Сборник статей международной исследовательской организации «Cognitio» по материалам XII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки XXI века» (31 июля 2016 года, г. Москва). – М. : Международная исследовательская организация «Cognitio», 2016. – С. 45–48.



12. Кусов Г.В. Обоснование применимости экспоненциального закона распределения при оценке надёжности блочного автоматизированного нефтепромыслового оборудования / Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 8. – С. 158–165.
13. Кусов Г.В. Анализ эффективности подготовки газа на УКПГ-9 Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения. Технологическая часть / Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 3. – С. 40–51.
14. Кусов Г.В. Анализ эффективности подготовки газа на УКПГ-9 Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения. Модернизация аппаратов осушки газа / Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 3. – С. 52–72.
15. Кусов Г.В. Анализ системы сбора и подготовки газа Бованенковского месторождения / Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Сборник статей научно-информационного центра «Знание» по материалам XX Международной заочной научно-практической конференции «Развитие науки в XXI веке» (13 декабря 2016 года, г. Харьков). – Харьков : научно-информационный центр «Знание». – Ч. 2. – С. 22–29.
16. Кусов Г.В. Характеристика системы сбора и подготовки газа на Медвежьем месторождении // Журнал «Научный форум. Сибирь». – Тюмень : ООО «Русарра», 2016. – Т. 2. – № 4. – С. 31–33.
17. Кусов Г.В. Система сбора и подготовки газа на примере УКПГ-13 Уренгойского газоконденсатного месторождения / Г.В. Кусов, О.В. Савенок, Одунлами Казим Алан // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 4. – С. 120–133.
18. Савенок О.В. Перспективы рационального использования попутного нефтяного газа в России // Газовая промышленность. Спецвыпуск журнала «Газовая промышленность»: Вузовская наука – нефтегазовой отрасли. – 2013. – № 692. – С. 91–95.
19. Савенок О.В. Методы и технологии переработки и эффективного использования попутного нефтяного газа / О.В. Савенок, Д.Д. Шарыпова // Нефть. Газ. Новации. – 2013. – № 10. – С. 64–71.
20. Шестерикова Р.Е. Энергетический анализ влияния очистки газа от диоксида углерода на его транспортировку по магистральным газопроводам / Р.Е. Шестерикова, А.А. Шестерикова, И.А. Галанин // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 74–77.
21. Paik J.K. Ship-Shaped Offshore Installations. Design, Building and Operation / J.K. Paik, A.K. Thaya-mballi. – Cambridge University press, 2007. – 536 p.
22. Yamada K. Marginal field development by adopting FPSO lease contract / K. Yamada, M. Kawase, Y. Shimamura // Journal of the Japanese Association for Petroleum Technology. – 1999. – Vol. 64. – Iss. 6. – P. 527–532.
23. Yoshihide Shimamura. FPSO/FSO: State of the art // Journal of Marine Science and Technology. – 2002. – Vol. 7. Iss. 2. – P. 59–70.

References:

1. Zaporozhets E.P. Regular processes and equipment in technologies of oil and natural gas gathering, preparation and processing / E.P. Zaporozhets et al. – Krasnodar : Publishing House – South, 2012. – 620 p.
2. Siebert G.K. Technology and equipment in the collection of oil gas / G.K. Siebert et al. – M. : Nedra, 2013. – 404 p.
3. Golubev N.V. Design bases for the ship power plants / N.V. Golubev, N.M. Gorbunov, A.V. Pozdeev. – L. : Shipbuilding, 1973. – 392 p.
4. Verbitskiy S.V. World FPSO Fleet. Modern state and prospects of development / S.V. Verbitskiy et al. / Proceedings of Central Scientific Research Institute named after acad. Krylov A.N. // Proceedings of Central Scientific Research Institute named after acad. – 2012. – № 66 (350). – P. 125–134.
5. Galiev A.A. Numerical modeling of a separator with change of design features // Bulatovskie readings. – 2018. – V. 4. – P. 56–58.
6. Galiev R.A. Investigation of the simultaneous gas purification from the acidic components and the sulfur compounds by the new absorbents of the physical and chemical action // Bulatovskie readings. – 2017. – Vol. 4. – P. 42–44.
7. Ziyangirov A.G. Perspectives of the mobile compressor unit's application in the conditions of the final stage of the gas fields development / A.G. Ziyangirov, T.I. Mukhamedianov, V.I. Pavlyuchenko // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 4. – P. 62–64.
8. Kusov G.V. Automated control system for the associated petroleum gas preparation unit / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Modern trends in the development of oil-gas and machine-building industries: collection of scientific articles on the materials of the I International scientific-practical conference (May 25, 2016, Perm) / Under general editorship of T.M. Sigitov. – Perm : IE Sigitov T.M., 2016. – P. 21–29.
9. Kusov G.V. Modernization of the low-temperature separators at the Urengoy gas-condensate field / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). – 2016. – № 2. – P. 179–197.
10. Kusov G.V. Analysis of the gas preparation system at the Urengoy gas condensate field (by the example of GCPG-15) / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Collection of scientific papers on the materials of All-Russian scientific-practical conference «Theoretical and applied research in the field of natural, humanities and technical sciences». (June 17, 2016, Prokopyevsk). – Prokopyevsk, 2016. – P. 84–95.
11. Kusov G.V. Influence of automation and control systems on the reliability of the systems of collection, preparation and transport of gas / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Collection of articles of international research organization «Cognitio» on the materials of XI International Scientific Conference «Actual problems of science of the XXI century» (July 31, 2016, Moscow). – M. : International research organization «Cognitio», 2016. – P. 45–48.



12. Kusov G.V. Justification of the exponential distribution law applicability at the reliability estimation of the block automated oilfield equipment / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Gornyi Informational-Analytical Bulletin (scientific and technical journal). – 2016. – № 8. – P. 158–165.
13. Kusov G.V. Analysis of the gas preparation efficiency at the gas processing unit 9 of the Yamburg oil-gas-condensate field. Technological part / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnical bulletin). – 2016. – № 3. – P. 40–51.
14. Kusov G.V. Analysis of Gas Treatment Efficiency at Gas Processing Unit-9 of the Yamburg oil-gas-condensate field. Modernization of the gas drying apparatuses / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Science. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). – 2016. – № 3. – P. 52–72.
15. Kusov G.V. Analysis of the gas collection and preparation system of Bovanenkovskoye field / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Collection of articles of scientific-informational center «Znaniye» on materials of the XX International correspondence scientific-practical conference «Development of science in the XXI century». (December 13, 2016, Kharkov). – Kharkov : Scientific-Information Center «Knowledge». – Part 2. – P. 22–29.
16. Kusov G.V. Characteristics of the gas gathering and preparation system at the Medvezhiy field // Journal «Scientific Forum. Siberia». – Tyumen : LLC «Rusarra», 2016. – V. 2. – № 4. – P. 31–33.
17. Kusov G.V. System of gas gathering and preparation on an example of Urengoi gas-condensate field RPG-13 / G.V. Kusov, O.V. Savenok, Odunlami Kazim Alan // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). – 2016. – № 4. – P. 120–133.
18. Savenok O.V. Prospects of the associated petroleum gas rational use in Russia // Gas industry. Special issue of the journal «Gazovaya Promyshlennost»: Higher education science – oil and gas industry. – 2013. – № 692. – P. 91–95.
19. Savenok O.V. Methods and technologies of processing and effective use of the associated petroleum gas / O.V. Savenok, D.D. Sharypova // Oil. Gas. Innovations. – 2013. – № 10/2013. – P. 64–71.
20. Shesterikova R.E. Energy analysis of an influence of the gas cleaning from the carbon dioxide on its transportation on the main gas pipelines / R.E. Shesterikova, A.A. Shesterikova, I.A. Galanin // Bulatovskie readings. – 2017. – V. 4. – P. 74–77.
21. Paik J.K. Ship-Shaped Offshore Installations. Design, Building and Operation / J.K. Paik, A.K. Thayamballi. – Cambridge University press, 2007. – 536 p.
22. Yamada K. Marginal field development by adopting FPSO lease contract / K. Yamada, M. Kawase, Y. Shimamura // Journal of the Japanese Association for Petroleum Technology. – 1999. – Vol. 64. – Iss. 6. – P. 527–532.
23. Yoshihide Shimamura. FPSO/FSO: State of the art // Journal of Marine Science and Technology. – 2002. – Vol. 7. Iss. 2. – P. 59–70.