

Общество с ограниченной ответственностью
«Газпром добыча Ямбург»

**Повышение надёжности систем автономного электроснабжения
управляющих комплексов кустов газовых скважин
Ямбургского НГКМ**

Творческий коллектив: Дьяконов А.А., Гункин С.И., Соснин М.Л.,
Байгускаров Ш.Х., Третьяков М.А.

2018 г.

Повышение надёжности систем автономного электроснабжения управляющих комплексов кустов газовых скважин Ямбургского НГКМ

Эксплуатируемые месторождения Ямала в настоящее время обеспечивают около 70% добываемого в России газа. Дальнейшее освоение месторождений северной части полуострова (Северо-Каменномысское, Каменномысское море, Парусовое, Антипаютинское и др.) позволит сохранить и наращивать объемы добычи углеводородного сырья в перспективном развитии.

Одним из крупнейших действующих месторождений Ямала на данный момент является Ямбургское нефтегазоконденсатное месторождение.

Промышленная разработка сеноманских залежей Ямбурга началась в 1986 г., неокомских – в 1991 г. На ЯНГКМ введены в эксплуатацию 10 установок комплексной и 4 установки предварительной подготовки газа.

Месторождение разделено на три участка. В центральной части находится самая крупная Ямбургская площадь, южнее – Харвутинская, севернее – Анеряхинская.

Несмотря на переход в настоящее время основной площади Ямбургского НГКМ в завершающую стадию разработки, характеризующуюся низкими пластовыми давлениями, ежегодно на месторождении добывается около половины газа предприятия и более трети годового объема добычи жидких углеводородов.

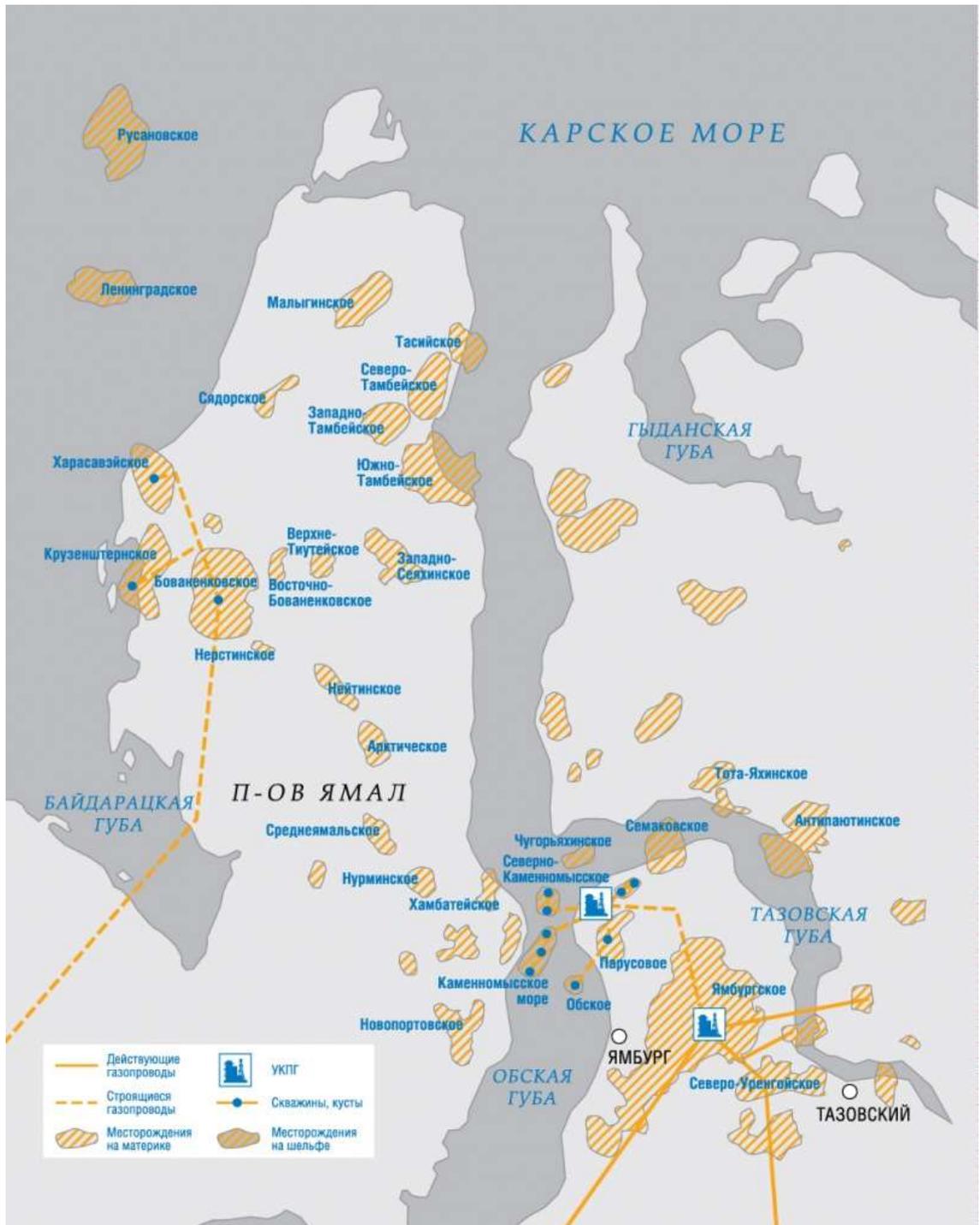


Рисунок 1. Карта действующих и перспективных месторождений Ямала.

В последние годы обустройство новых объектов и реконструкция уже эксплуатируемых производственных объектов накладывает дополнительные требования по обеспечению охраны окружающей среды и минимизации вредного воздействия на природные ресурсы региона.

При этом все большую актуальность приобретают вопросы экономии энергоресурсов и энергоэффективности производства. Решение данных вопросов на Ямале осложняется суровыми климатическими условиями Крайнего Севера, удаленностью региона от промышленных центров и недостаточно развитой транспортной инфраструктурой.

Современные технологии, без внедрения которых невозможно развитие производства, позволяют добиться значительных результатов и в повышении энергоэффективности.

Использование возобновляемых, альтернативных источников энергии выходит на первый план, когда доступность традиционных источников электроэнергии либо невозможно, либо требует значительных затрат и экономически нецелесообразно. В такой ситуации оказываются объекты, достаточно удаленные от электростанций и линий электропередач (ЛЭП): в условиях Ямбургского месторождения с протяженными участками северной тундры, как правило, кусты газовых скважин неэлектрофицированы. Чтобы обеспечить передачу информации о работе скважин на УКПГ, а также автоматическое и дистанционное управление дебитом газа и подачей метанола необходима система телемеханики (СТМ), в данном случае энергонезависимая. Для электроснабжения оборудования СТМ (датчиков давления, температуры и расхода, регулирующих устройств, контроллеров, радиомодема и т.д.) используется в качестве основного источника аккумуляторные батареи, в качестве источников пополнения энергии применяются следующие типы генерирующих устройств: ветрогенератор, солнечные батареи, термоэлектрогенератор (ТЭГ). Взаимосвязанный комплекс источников электроэнергии, управляемый контроллером СТМ в соответствии с заданным алгоритмом, позволяет обеспечить непрерывную работу кустов газовых скважин независимо от времени года и внешних воздействий окружающей среды: солнечные батареи в безветренную погоду и в летний период, ветрогенератор при скорости ветра более нескольких м/с, термоэлектрогенератор в зимний период при температуре ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 2. Солнечные батареи и ветрогенератор в составе комплекса СТМ КГС.

Не менее важным в использовании современных систем телемеханики является широкое применение алгоритмов управления и регулирования, позволяющих оптимизировать технологические процессы добычи газа, адаптировать к изменениям в зависимости от стадии эксплуатации месторождения. Использование СТМ кустов газовых скважин при проведении газодинамических испытаний позволяет отказаться от выбросов и сжигания значительных объемов природного газа, что позволяет, как сократить потери добываемого сырья, так и снизить вредное воздействие на окружающую среду.

Система телемеханики кустов газовых скважин является основой систем автоматизации, управляющих добычей газа, газового промысла и интегрируется в АСУ ТП УКПГ. Алгоритмы управления АСУ ТП УКПГ предусматривают использование СТМ КГС в комплексном управлении процессом добычи газа от газовой скважины до межпромыслового коллектора.

В связи с отсутствием на кустах газовых скважин источников постоянного электроснабжения применена система телемеханики в

энергонезависимом исполнении «Ямбург – ГиперФлоу - ТМ».

Реализованная схема позволяет обеспечить несколько режимов управления дебитом газовых скважин – от установки положения регулирующего клапана оператором в дистанционном режиме, до автоматического управления по уставкам, получаемым с уровня АСУ ТП добычи газа.

На сегодняшний день на ЯНГКМ успешно эксплуатируются три варианта исполнения СТМ КГС «Ямбург – ГиперФлоу – ТМ» с независимыми энергоустановками, отличающиеся по функциональному назначению, объему контролируемых и управляемых сигналов и мощности независимой энергоустановки.

I. Комплекс энергонезависимых устройств телеметрии газовых скважин УППГ-4А «Ямбург-Гиперфлоу-ТМ»

(Ввод в эксплуатацию – 2004 г.)

Состав комплекса энергонезависимых устройств телеметрии «Ямбург-ГиперФлоу-ТМ»:

1. Диспетчерский комплект в составе: контроллер телемеханики MOSCAD, радиостанция Motorola GP340, комплект антенно-фидерных устройств, АРМ диспетчера на базе SCADA iFIX;

2. Кустовой комплект оборудования в составе: контроллер телемеханики MOSCAD, радиостанция Motorola GM320, контроллер управления питанием электроники кустового комплекта, аккумуляторная батарея емкостью 12Ач, блок литиевых элементов емкостью 56Ач, комплект антенно-фидерных устройств, две солнечные панели PSM2-40, ветрогенератор AIRFLOW 400M.

3. Расходомерный узел «Гиперфлоу» в составе: нестандартное сужающее устройство (НСУ), комплексный датчик с вычислителем расхода «ГиперФлоу-3Пм», защитный кожух.

Блок электронных устройств кустового комплекта размещен в углубленном в грунт на 1,7м колодце, выполненном из трубы Ду500, выполняющем

термостабилизационные функции. Ветрогенератор, солнечная батарея и антенна смонтированы на мачте высотой 5 метров.

Основные принципы функционирования комплекса энергонезависимых устройств телеметрии кустов газовых скважин УППГ-4А «Ямбург-ГиперФлоу-ТМ».

Первичные преобразователи (комплексные датчики с вычислителем расхода «ГиперФлоу-3Пм») осуществляют измерение с тридцатисекундным интервалом следующих параметров: перепад давления газа на сужающем устройстве, давление газа, температура газа. По измеренным значениям каждые тридцать секунд вычисляются значения мгновенного расхода газа, пополняются часовые, суточные и общий интегрирующий счетчик прошедшего объема газа. Все мгновенные данные доступны к считыванию из первичного преобразователя в любой момент времени. Ежечасно производится архивация среднечасовых значений перепада давления, давления, температуры, часового расхода газа в энергонезависимой памяти ГиперФлоу-3Пм. Глубина архива часовых регистраций составляет 1200 часов. Ежесуточно производится архивация среднесуточных значений перепада давления, давления, температуры, суточного расхода газа в энергонезависимой памяти ГиперФлоу-3Пм. Глубина архива суточных регистраций составляет 600 суток. Данные часовых и суточных регистраций доступны к считыванию из ГиперФлоу-3Пм в любой момент времени по месту расположения датчика.

Контроллер MOSCAD осуществляет чтение данных из ГиперФлоу-3Пм (до 9 шт) и отправку их на ПУ диспетчерской для дальнейшего архивирования.

Сеансы связи между КП КГС и ПУ осуществляются в соответствии с заранее определяемой временной сеткой, которая может изменяться оператором (от четырех минутных интервалов между сеансами связи до двухчасовых). В каждом сеансе передаются следующие данные: мгновенная разность давлений газа на сужающем устройстве, мгновенное давление газа,

мгновенная температура газа, мгновенный расход газа, нарастающий объем газа, объем газа за прошедший час, объем газа за прошедшие сутки, метка времени блока данных, температура воздуха внутри отсека блока электроники кустового комплекта, телесигнализация неисправности или отсутствия связи с датчиком Гиперфлоу-3Пм, телесигнализация неисправности или отсутствия связи с контроллером КП КГС, состояние источников питания кустового комплекта (процент заряда аккумулятора, процент заряда резервного литиевого источника питания, напряжение на аккумуляторе, величины напряжений от внешних источников питания, режим питания кустового комплекта).

Оператору предоставляется возможность через интерфейс АРМ запрашивать недостающие сводки часовых и суточных данных, а также изменять параметры настройки ГиперФлоу.

Среднее расчетное время работы кустового комплекта в режиме двухчасовой временной сетки информационного обмена в условиях отсутствия дополнительных источников энергии (солнце, ветер, холод) от всех встроенных источников питания составляет 370 сут.

Объекты автоматизации комплекса приведены в таблице:

№	Газовый промысел	Количество кустов	Количество скважин	Примечание
1	УППГ-4А	31	84	

II. Комплекс энергонезависимых устройств телемеханики кустов газовых скважин Харвутинской площади Ямбургского ГКМ «Ямбург-ГиперФлоу-ТМ»

(Ввод в эксплуатацию с 2006 по 2012 годы)

Состав комплекса:

Комплекс энергонезависимых устройств телемеханики кустов газовых

скважин Харвутинской площади Ямбургского ГКМ «Ямбург-ГиперФлоу-ТМ» КТМ КГС включает монтажные комплекты кустовой телемеханики МКК и диспетчерский комплект телемеханики ДК.

Работа комплекса:

Датчики расходомеров газа «ГиперФлоу» накапливают данные о работе скважин и передают их через проводные линии связи в блок электроники кустового комплекта. В блок электроники кустового комплекта передаются данные о положении затворов регулирующих устройств дебита газовых скважин РУД-01, а также данные о положении затворов регулирующих устройств и величине расхода ингибитора из систем подачи ингибитора СПИ-01.

Кустовые комплекты передают собранные данные через радиоканал в диспетчерский комплект.

Диспетчерский комплект отображает собранные данные на экране терминала АРМ оператора, архивирует их и может передавать информацию в ИУС верхнего уровня.

На АРМ оператора формируются команды конфигурирования средств измерения, изменение расписания, а также команды управления для поддержания необходимых дебитов скважин и расходов ингибитора, которые из блока электроники диспетчерского комплекта по радиоканалу передаются в блоки электроники кустовых комплектов.

В блоках электроники и резервных блоках питания кустовых комплектов формируются сигналы управления электродвигателями регулирующих устройств РУД-01 и СПИ-01.

Кустовые комплекты работают во временной сетке периода сбора данных о режимах работы КГС от 15 минут до 120 минут.

Основной рабочий период сбора данных о режимах работы КГС составляет 60 минут.

При технологической необходимости, в случае устойчивого восполнения запаса электроэнергии от внешних источников питания

(ветряной турбины, солнечных модулей, термоэлектрических генераторов), временную сетку опроса можно установить с периодом 15 минут.

В случае отсутствия восполнения запаса электроэнергии от внешних источников питания, кустовые комплексы автоматически переходят в режим временной сетки опроса с периодом 120 минут. Изменением режима управляет контроллер питания блока электроники КК, анализируя состояние внешних и внутренних источников питания.

В основном рабочем режиме комплекс функционирует на основе расписания. Расписание составляется статически, в едином, реальном времени комплекса. Расписание доводится контроллером ДК до каждого КК. Таким образом, каждый КК имеет свои времена активности. При этом ДК, имеющий постоянное электропитание от сети, через блок бесперебойного питания активен постоянно.

Контроллеры КК периодически считывают данные, накопленные в памяти контрольно-измерительных приборов, и с исполнительных устройств и передают их в ДК в соответствии с расписанием.

Команды на поддержание заданных значений дебита газа и расхода ингибитора с АРМ оператора или системы высшего уровня из ДК передаются в БЭ КК в соответствии с расписанием. Контроллер КК управляя работой исполнительных устройств поддерживает заданные значения дебита скважин и расхода ингибитора.

Основой исполнения расписания является точная синхронизация времени всех элементов комплекса. Периодически каждый КК получает значение точного времени, и корректирует свои часы так, чтобы разница с ДК не превышала 1 с.

Датчики комплексные с вычислителем расхода «ГиперФлоу-3Пм», входящие в состав расходомеров газа, систем подачи ингибитора и коллекторных узлов Р и Т, соединены с контроллером блока электроники кустового комплекта через барьер искрозащиты БИЗ-002 двухпроводной линией связи. Электропитание датчиков осуществляется либо от встроенного

элемента питания, либо от линии передачи данных (физический стандарт – M-BUS).

При работе датчиков комплексных в составе КТМ КГС, измеренные и вычисленные данные, накопленные в памяти датчиков, периодически считываются в память контроллера блока электроники кустового комплекта. АРМ инженера АСУ ТП имеет интерфейс, аналогичный АРМ оператора, что позволяет отслеживать и корректировать работу КТМ КГС, не мешая работе оператора.

Объекты автоматизации комплекса приведены в таблице:

№	Объекты	Количество кустов	Количество скважин	Примечание
7	Харвутинской площади			
7	ТП-9	20	44	
8	УППГ-10	15	32	
9	УКПГ-9	31	100	

III. Информационно-управляющая система кустов газоконденсатных скважин нижнемеловых отложений Ямбургского НГКМ (Ввод в эксплуатацию с 2012 по 2017 годы)

Состав комплекса:

ИУС КГС состоит из трех независимых комплексов технических средств (по количеству УКПГ, УППГ) включающих:

- пункт управления (далее ПУ ТМ) – по одному на УКПГ, УППГ;
- контролируемые пункты (далее КП ТМ) – по числу кустов;
- контрольно-измерительные устройства;
- внешние автономные источники электроэнергии, средства их установки и подключения к КП ТМ;
- исполнительные устройства;

- диагностическое оборудование;
- комплект ЗИП.

Работа комплекса:

ИУС КГС является автоматической системой с непрерывным круглосуточным режимом работы.

ИУС КГС обеспечивает передачу данных от каждого КП ТМ на АРМ ПУ ТМ по радиоканалу на полосе частот 150 ... 174 МГц.

Функционирование ИУС КГС происходит согласно регламенту, установленному оперативным персоналом эксплуатирующей организации, в пределах возможного изменения временной сетки опроса. ИУС КГС имеет основную рабочую сетку опроса КП ТМ 15 минут. Быстродействие выполнения команд управления оператора АРМ ПУ ТМ соответствует временной сетке опроса КП ТМ.

В рамках каждой из независимых частей ИУС КГС КП ТМ опрашиваются последовательно и циклично по инициативе со стороны блока электроники, соответствующего ПУ ТМ.

На АРМ ПУ ТМ формируется сообщение о пропадании связи с КП ТМ непосредственно после неудачного соединения. При потере связи ПУ ТМ с КП ТМ осуществляется автоматическое регулирование дебита скважин и подачи ингибитора в соответствии с ранее заданными уставками.

Каналы передачи данных обеспечивают передачу информации со скоростью не менее 1200 бит/сек.

Контроллеры КП ТМ с периодичностью примерно от 1 раза в минуту до 1 раза в 15 минут считывают данные, накопленные в памяти контрольно-измерительных приборов и исполнительных устройств. Накопленные данные передаются на АРМ ПУ ТМ в соответствии с установленной оперативным персоналом сеткой опроса КП ТМ.

Команды на поддержание заданных значений дебита рабочей среды и расхода ингибитора с АРМ оператора ПУ ТМ или из системы высшего

уровня (уставки) передаются в модуль электроники КП ТМ в соответствии с временной сеткой опроса КП ТМ. Контроллер КП ТМ, управляя работой исполнительных устройств, поддерживает заданные значения дебита рабочей среды и расхода ингибитора гидратообразования.

Энергоснабжение кустовых комплектов телемеханики осуществляется с использованием внешних автономных источников электроэнергии: ветрогенератора, солнечных модулей, термоэлектрогенераторов, а также аккумуляторных батарей.

В качестве источника электроэнергии для КП ТМ используются солнечные модули, оснащенные балластным шкафом (по 2 солнечных модуля на кустах с числом скважин менее 6 и по 3 солнечных модуля на кустах, включающих 6 скважин). Помимо этого, для питания КП ТМ применен ветрогенератор, оснащенный балластным шкафом. При отсутствии солнечного света и недостаточной скорости ветра, но при наличии разности температур рабочей среды и окружающего воздуха электроэнергия для работы КП ТМ поступает от термоэлектрических генераторов, установленных на коллекторе куста газоконденсатных скважин. Термоэлектрогенераторы установлены по 8 изделий на коллектор куста и оснащены балластным шкафом.

На каждом КП ТМ также предусмотрен источник энергоснабжения, используемый при отсутствии поступления электроэнергии с солнечных модулей, ветрогенератора и термоэлектрических генераторов, – блок аккумуляторов (далее по тексту АКБ)

ИУС КГС обеспечивает длительность непрерывной работы в режиме с периодом получения данных от КП ТМ не менее 15 минут:

не менее 10 лет – при питании от внешних автономных источников;

не менее 72 часов – при питании от АКБ (в случае отсутствия поступления электроэнергии от внешних автономных источников с сохранением выполнения функций в полном объеме). В случае отсутствия энергоснабжения от внешних автономных источников питания более 72

часов и разряда АКБ ниже первой контрольной точки КП ТМ автоматически переходит на двухчасовую временную сетку. При дальнейшем разряде АКБ и достижении второй контрольной точки КП ТМ автоматически отменяет возможность использования блоков температурной стабилизации БТС-003-01, регулирования при помощи РУД-02, СПИ-02, с фиксацией положения регулирующих органов, обеспечивая при этом сохранение всех информационных функций. При обратном процессе (по достижении соответственно второй и первой контрольных точек) будут последовательно автоматически восстановлены штатный режим функционирования исполнительных устройств и временная сетка опроса, заданная оператором.

Основной источник электропитания ПУ ТМ – сеть переменного напряжения 220 В 50 Гц в соответствии с нормами качества электроэнергии ГОСТ 13109-97 (далее сеть 220 В 50 Гц). При пропадании напряжения 220 В 50 Гц источники бесперебойного питания обеспечивают работоспособность ПУ ТМ в течение одного часа.

Режимы работы ветрогенератора

Ветрогенератор имеет следующие режимы работы

- свободное вращение;
- торможение.

В режиме свободного вращения при наличии достаточной скорости ветра ротор с лопастями свободно вращается (турбина вырабатывает электрическую энергию).

Режим торможения предназначен для принудительного ручного отключения ветрогенератора. При этом с помощью выключателя, расположенного в балластном шкафу, ветрогенератор отключается от системы телемеханики, а его выходные контакты соединяются накоротко. В результате ротор должен остановиться, однако при значительных скоростях ветра допускается его медленное вращение

Объекты автоматизации комплекса приведены в таблице:

№	Объекты НМО	Количество кустов	Количество скважин	Примечание
10	УКПГ-1В	8	35	
11	УППГ-2В	14	55	
12	УППГ-3В	1	6	

Общий уровень оснащения кустов газовых скважин энергонезависимыми комплексами телемеханики Ямбургского НГКМ приведен в Таблице 1.

Расчетное значение вырабатываемой электроэнергии автономными источниками КТМ КГС приведено в Таблице 2.

За длительный период эксплуатации энергонезависимых комплексов телемеханики (с 2004 года) были выявлены факты снижения эффективности автономных источников электроснабжения, связанные, как правило, с изменением природных факторов: снижение солнечной активности, высокая облачность, безветрие или недостаточно высокая скорость ветра, которые приводят к значительным снижениям заряда аккумуляторных батарей КТМ КГС. При этом алгоритмом управляющего комплекса предусматривается переход на режим экономии электроэнергии, частично поэтапно отключающий потребителей и снижающий затраты электроэнергии на управляющие воздействия на исполнительные механизмы РУД и СПИ.

В данных случаях снижается эффективность алгоритмов поддержания заданного дебита скважин и алгоритмов предупреждения гидратообразования вследствие снижения быстродействия контуров регулирования управляющих РУД и СПИ.

В связи с этим возникает необходимость поддержания основного источника электроснабжения аккумуляторных батарей в заряженном

Таблица 1.

№ п/п	Газовый (ГК) промысел	Кол-во кустов газовых скважин		Кол-во скважин	
		Всего	Из них телемеханизировано	Всего	Из них телемеханизировано
1	УКПГ-1	15	3	97	15
2	УКПГ-2	14	2	103	8
3	УКПГ-3	14	0	109	0
4	УКПГ-4	23	0	93	0
5	УКПГ-5	14	0	104	0
6	УКПГ-6	20	5	104	16
7	УКПГ-7	30	2	117	9
8	УППГ-8	18	17	67	67
9	УКПГ-9	31	31	100	100
10	ТП-9	20	20	44	44
13	УППГ-10	15	15	32	32
14	УКПГ-1В	29	8	140	35
15	УППГ-2В	25	14	120	55
16	УППГ-3В	17	1	120	6
17	УППГ-4А	31	31	83	84
Итого:		316	149	1433	471

Таблица 2.

№ п/п	Наименование АИЭ	Марка/тип, производитель оборудования	Расчетный объем электроэнергии, выработанной в 2017 году (кВт*ч)	Кол-во
Системы телемеханики КГС УКПГ Анерьяхинской площади				
1	Ветрогенератор	ВГ-01. AIR-X, ОАО "НПФ "Вымпел""	8147	31
2	Солнечная батарея	PSM-2-40, ОАО "НПФ "Вымпел""	11011	62
3	Термоэлектродгенератор	ТЭГ-01, ОАО "НПФ "Вымпел""	143	124
Системы телемеханики КГС УКПГ Харвутинской площади				
5	Ветрогенератор	ВГ-01. AIR-X, Air Breeze, ОАО "НПФ "Вымпел""	17345	66
6	Солнечная батарея	PSM-2-40, ОАО "НПФ "Вымпел""	23443	132
7	Термоэлектродгенератор	ТЭГ-01, ОАО "НПФ "Вымпел""	304	264
10	Ветрогенератор	ВГ-01. Air Breeze, ОАО "НПФ "Вымпел""	4468	17
11	Солнечная батарея	PSM-2-40, ОАО "НПФ "Вымпел""	6038	34
12	Термоэлектродгенератор	ТЭГ-01, ОАО "НПФ "Вымпел""	78	68
Системы телемеханики КГС УКПГ Сенюманской площади				
15	Ветрогенератор	ВГ-01. AIR-X, Air Breeze, ОАО "НПФ "Вымпел""	2628	10
16	Солнечная батарея	PSM-2-40, ОАО "НПФ "Вымпел""	3552	20
17	Термоэлектродгенератор	ТЭГ-01, ОАО "НПФ "Вымпел""	46	40
20	Ветрогенератор	Whisper 200, ОАО "НПФ "Вымпел""	2400	1
21	Солнечная батарея	PSM-2-40, ОАО "НПФ "Вымпел""	1776	10

22	Термоэлектрогенератор	ТЭГ-01, ОАО "НПФ "Вымпел""	9	8
Системы телемеханики КГС УКПГ Нижнемеловых отложений				
24	Ветрогенератор	Whisper 200, ОАО "НПФ "Вымпел""	48000	20
25	Солнечная батарея	PSM-2-40, ОАО "НПФ "Вымпел""	7104	40
26	Термоэлектрогенератор	ТЭГ-01, ОАО "НПФ "Вымпел""	184	160
28	Ветрогенератор	Whisper 200, ОАО "НПФ "Вымпел""	2400	1
29	Солнечная батарея	PSM-2-40, ОАО "НПФ "Вымпел""	533	3
30	Термоэлектрогенератор	ТЭГ-01, ОАО "НПФ "Вымпел""	9	8
32	Ветрогенератор	Whisper 200, ОАО "НПФ "Вымпел""	400	1
33	Солнечная батарея	PSM-2-40, ОАО "НПФ "Вымпел""	0	2
34	Термоэлектрогенератор	ТЭГ-01, ОАО "НПФ "Вымпел""	5	8
			140 024	

состоянии с использованием внешних дополнительных источников. Для этого требуется выезд на КГС и проведение работ по зарядке АКБ от внешнего зарядного устройства, подключенного к автомобильной электросети. В условиях удаленности КГС, находящихся в труднопроходимой местности и суровых климатических условиях, а также отсутствия достаточного количества оборудованных транспортных средств, существует высокая вероятность снижения эффективности части КТМ КГС, за счет снижения энергоэффективности источников, влияющая, в том числе на добычу газа и газового конденсата.

Для того чтобы средства телемеханики не стали фактором снижения плановых показателей по добычи углеводородного сырья требуются дополнительные автономные источники электроэнергии, расширяющие функциональные возможности ранее существующих энергетических комплексов. В этом случае наиболее эффективным средством может стать дизель-генератор в автономном исполнении.

Дальнейшим развитием системы электроснабжения комплексов телемеханики в плане повышения энерговооруженности и энергоэффективности, стал разработанный ООО НПФ «Вымпел» автономный энергетический комплекс (АЭК) на основе КТМ КГС нижнемеловых отложений Ямбургского НГКМ.

Предложения по испытаниям АЭК «Вымпел» включены в План испытаний нового энергетического оборудования на 2017 год, утвержденный Департаментом ПАО «Газпром» (В.А. Михаленко). В качестве объекта испытаний предложен КГС 103В Ямбургского НГКМ, оснащенный действующей системой телемеханики с энергонезависимой системой электроснабжения.

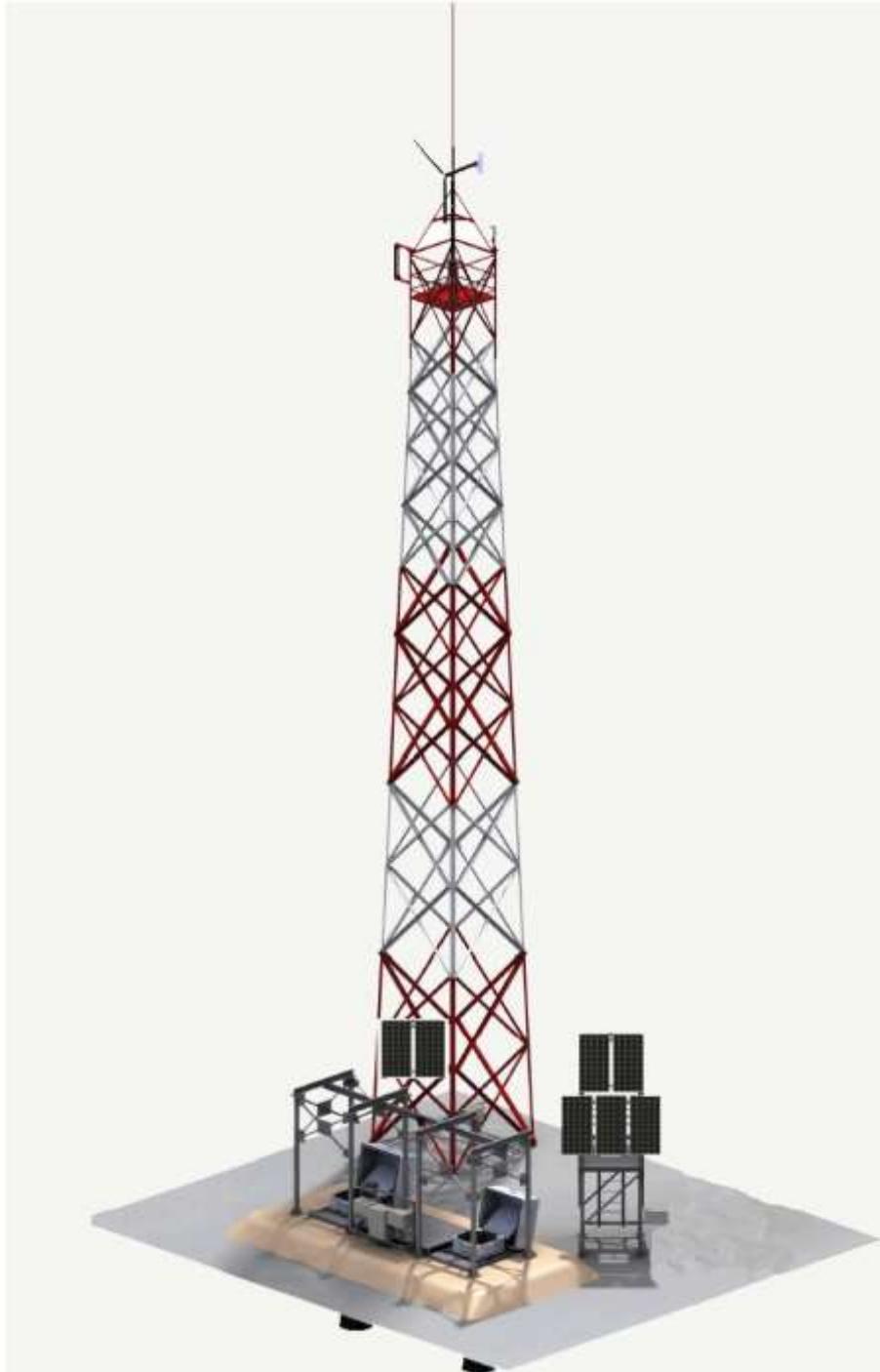


Рисунок 3

Комплекс представляет собой совокупность возобновляемых взаимно-резервируемых источников энергии.

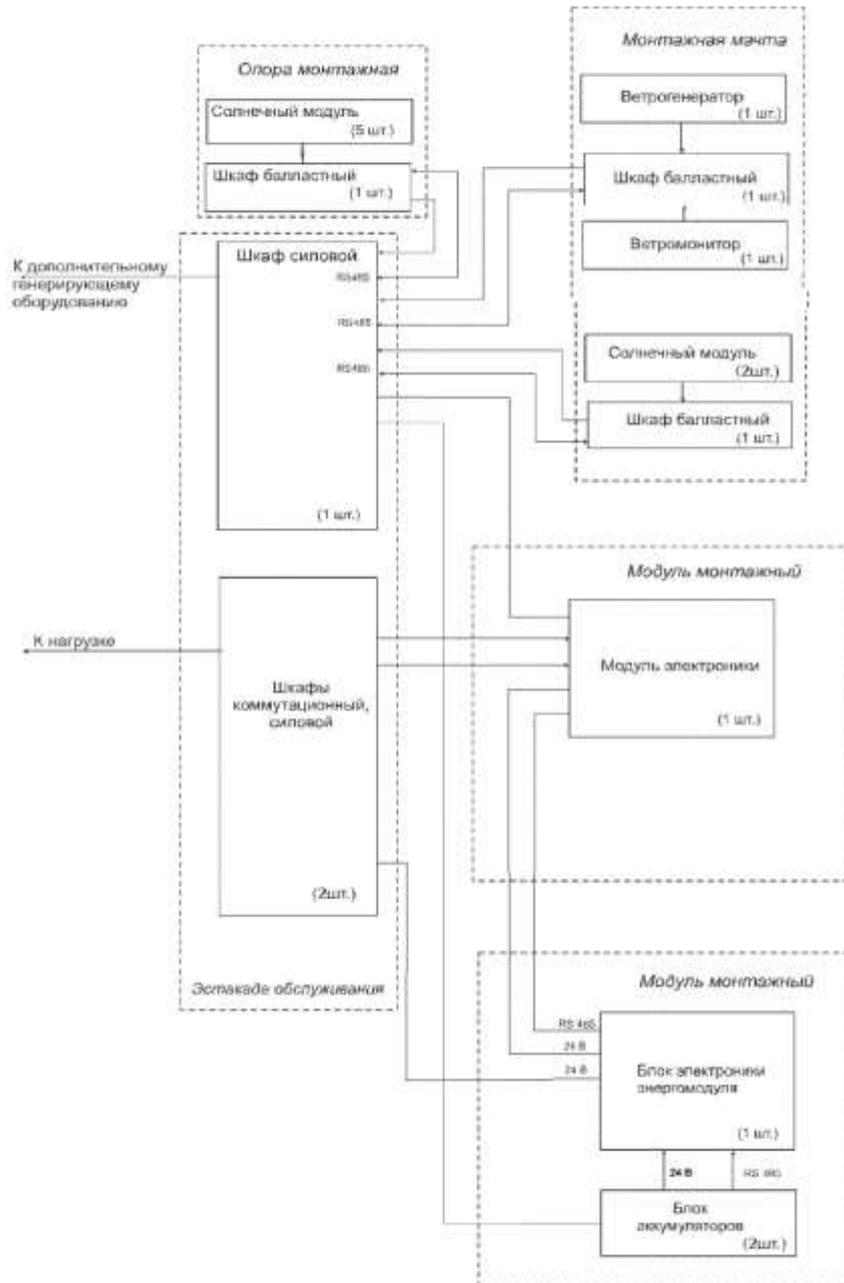


Рисунок 4. Структурная схема АЭК "Вымпел"

Комплекс состоит из следующих основных блоков:

- генерирующего оборудования (возобновляемых источников энергии);
- блока накопителей электроэнергии;
- балластной системы;
- резервного источника энергии (модуля энергетического на базе дизель-генератора);

- программно-технического комплекса (ПТК);
- строительно-монтажного комплекта.

АЭЖ выполняет следующие функции:

- обеспечивает электропитанием требуемой категории основных потребителей (оборудование телемеханики, технологическое оборудование, контрольно-измерительные приборы, средства связи и охранной сигнализации);

- определяет оптимальный режим накопления и расходования энергии в аккумуляторах с учетом требований технологического процесса и специфики работы возобновляемых источников энергии;

- осуществляет мониторинг климатических факторов;

- осуществляет измерение параметров источников энергии из состава комплекса и передает их в систему телемеханики по стандартным интерфейсам;

- осуществляет коррозионную защиту металлических сооружений (при наличии в составе комплекса блока коррозионной защиты и мониторинга).

Возобновляемые источники энергии:

а) **ветрогенератор Whisper-200** с горизонтальной осью вращения преобразовывает кинетическую энергию воздушного потока в электрическую энергию. Предназначен для работы в районах с низкими скоростями ветра (в среднем менее 5,4 м/с) за счет большого диаметра ротора. Ветрогенератор производится с бесщёточным генератором на постоянных магнитах, который в сочетании с аэродинамически высокоэффективными лопастями вырабатывает до 1кВт мощности при скорости ветра 11,6 м/с. Отличается литой алюминиевой рамой, улучшенным теплообменником и ровной тихой работой регулятора отклонения. Регулятор отклонения защищает турбину при критических скоростях ветра поворотом генератора и лопастей от

фронтального потока, уменьшая площадь воздействия, при этом не снижаются выходные показатели электроснабжения. Ветрогенератор устанавливается на высоте не менее 25 метров над землей. Конструкция стойки, при помощи которой ветрогенератор крепится к башне, позволяет опускать ветрогенератор при помощи грузоподъемного устройства на площадку верхнего уровня башни для периодического осмотра и технического обслуживания.

Для слежения за ветровыми нагрузками ветрогенератор комплектуется ветромонитором и контроллером ветромонитора для передачи полученных данных в программно-технический комплекс.

б) **солнечные модули** КСМ-180 и PSM-2-40, ОАО "НПФ "Вымпел"" относятся к фотоэлектрическим солнечным электростанциям, в которых используется способ прямого преобразования энергии солнечного излучения в электрическую энергию. Количество модулей выбирается, исходя из мощности, потребляемой оборудованием объекта, при наличии солнечного света модули способны полностью обеспечить потребности оборудования в электроэнергии. Общая мощность солнечных модулей (5 шт. КСМ-180 и 2 PSM-2-40), реализуемая при помощи доступных технических решений, может достигать 0,98 кВт.

Блоком накопителя энергии является блок аккумуляторов (АКБ), состоящий из элементов номинальным напряжением 2 В (2 группы необслуживаемых аккумуляторов по 800 А*ч с общей емкостью 1600 А*ч и напряжением 24 в). Аккумуляторы могут эксплуатироваться как в режиме постоянного подзаряда, обеспечивая в аварийных случаях всю нагрузку постоянного тока, так и в циклическом режиме: разряд-заряд. Блоки АКБ имеют в своем составе токовый модуль для контроля тока заряда/разряда, температуры аккумуляторов и передачи данных в ПТК по интерфейсу RS-485.

Балластная система включает в себя балластные шкафы,

подключенные к возобновляемым источникам энергии. Балластные шкафы предназначены для отслеживания параметров каждого генерирующего источника и для поддержания необходимого уровня напряжения в комплексе за счёт отвода излишков энергии в резистивный балласт, если аккумуляторы полностью заряжены. Данные измерений параметров возобновляемых источников передаются в программно-технический комплекс по интерфейсу RS-485.

Программно-технический комплекс содержит:

1) Модуль электроники (МЭ), имеющий в своем составе контроллеры, в которые при изготовлении и конфигурировании комплекса встраивается оригинальное программное обеспечение разработки ООО «НПФ «Вымпел». Модуль электроники на основе данных токового модуля осуществляет расчёт энергоёмкости АКБ, выбор оптимального режима расходования электроэнергии и не допускает глубокого разряда аккумуляторной батареи.

Основным элементом в составе модуля электроники является контроллер ПЛК-3000, оснащенный модулями ввода-вывода. В контроллер загружается разработанное ООО «НПФ «Вымпел» программное обеспечение, позволяющее осуществлять управление оборудованием комплекса. Применение контроллера ПЛК-3000 обусловлено низким энергопотреблением, которое достигается использованием специального режима сохранения энергии;

2) Коммутационное оборудование - блок электроники энергомодуля, шкафы силовой, коммутационный и питания для подключения всего оборудования комплекса. Блок электроники энергомодуля предназначен для сбора данных о состоянии блока аккумуляторов и передачи их в модуль электроники по интерфейсу RS-485 и для управления питанием потребителей энергии.

3) Шкаф силовой предназначен для коммутации и распределения силовых и информационных цепей модуля электроники, блока электроники энергомодуля, балластных шкафов, блока аккумуляторов и модуля энергетического, в результате чего на АКБ поступает силовое напряжение, а на шкафы балластные из блока электроники энергомодуля выдается измерительное напряжение блока аккумуляторов. Шкаф силовой имеет диагностический разъем для подключения по стандартным интерфейсам внешнего сервисного устройства для анализа функционирования АЭК. В шкафу предусмотрены выключатели для принудительного отключения ветрогенератора, солнечных модулей, блока аккумуляторов и техническая возможность для подключения дополнительных источников энергии для подзарядки блока аккумуляторов.

Модуль энергетический (рисунки 5-9) предназначен для преобразования механической энергии вращающихся частей поршневого двигателя внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия (дизельного двигателя) в электрическую энергию посредством генерирования переменного тока, последующего трансформирования в постоянное сверхнизкое напряжение для заряда АКБ и резервного электропитания оборудования телемеханики в случае недостаточного энергоснабжения от возобновляемых источников энергии.



Рисунок 5



Рисунок 6



Рисунок 7

Основные параметры МЭ приведены в таблице 3.

Таблица 3

Таблица 1 Наименование параметра	Значение
Мощность электрогенератора номинальная, кВт, не менее	5,0
Тип генератора	синхронный
Максимальное выходное напряжение постоянного тока, В	34
Максимальный выходной ток, А	120
Двигатель	дизельный
Тип двигателя	4-х тактный
Максимальная мощность двигателя,	6,0

кВт, не менее	
Частота вращения двигателя, об/мин	3000
Система охлаждения двигателя	воздушная принудительная
Система смазки двигателя	принудительная
Система пуска двигателя	электростартер
Марка дизельного топлива	зимнее или арктическое
Температура застывания топлива, °С, не выше	минус 45
Степень защиты двигателя	IP 23
Минимальная температура запуска ДЭ, °С	минус 20
Максимальная при эксплуатации ДЭ температура окружающего воздуха, °С	плюс 50
Масса, кг, не более	109
Рабочий объём, см ³	418
Расход топлива (при номинальной нагрузке), л/ч	1,4
Длина, мм, не более	770
Ширина, мм, не более	535
Высота, мм, не более	680

Модуль энергетический представляет собой заглубляемый в грунт монтажный модуль из состава строительного-монтажного комплекта со средствами теплозащиты и устройствами обслуживания, в котором размещены:

-дизельный электроагрегат (ДЭ) с оборудованием собственных нужд:

электрозапуска, питания (подачи и очистки топлива и воздуха, подаваемых в цилиндры двигателя), смазки, охлаждения, выпуска и снижения уровня шума отработавших газов;

- система питания ДЭ (топливная система);
- система подачи воздуха в монтажный модуль (приточная вентиляция);
- система вытяжной вентиляции;
- системы отвода отработавших газов дизельного двигателя;
- блок управления МЭ;
- блоки аварийного отключения;
- контрольно-измерительные датчики;
- извещатели охранно-пожарной сигнализации;
- модуль пожаротушения;
- коммутирующие устройства.

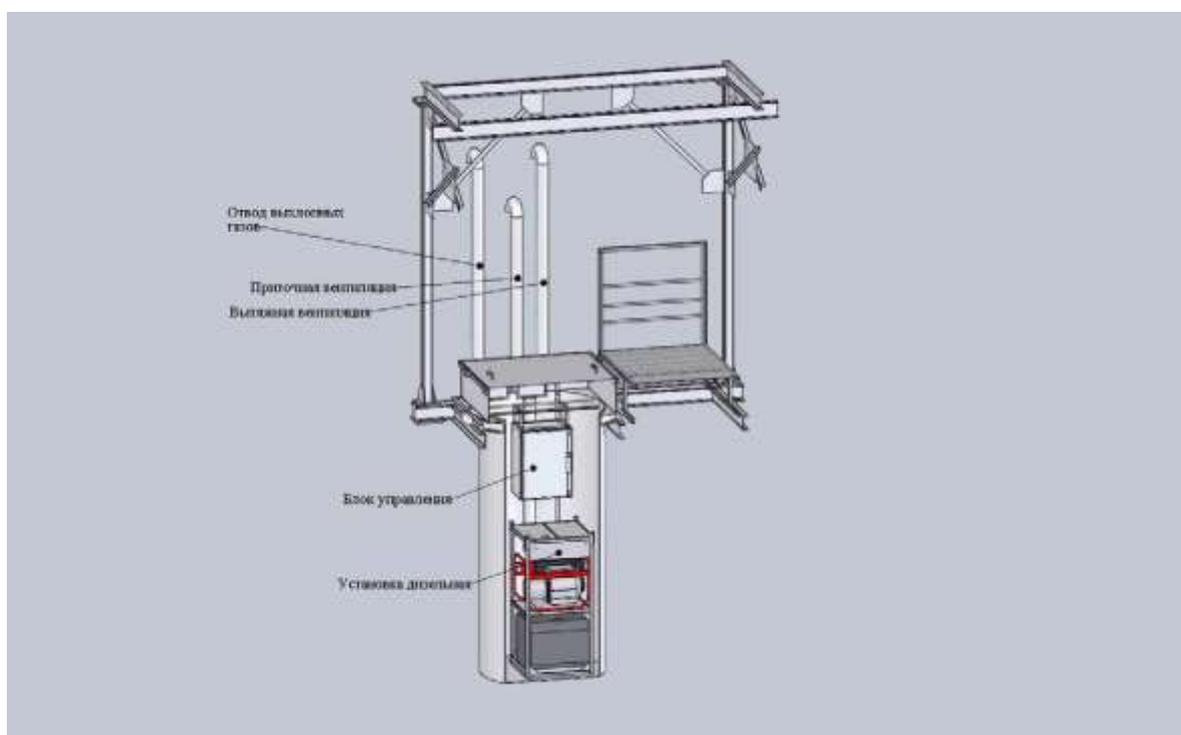


Рисунок 8. Общий вид модуля энергетического

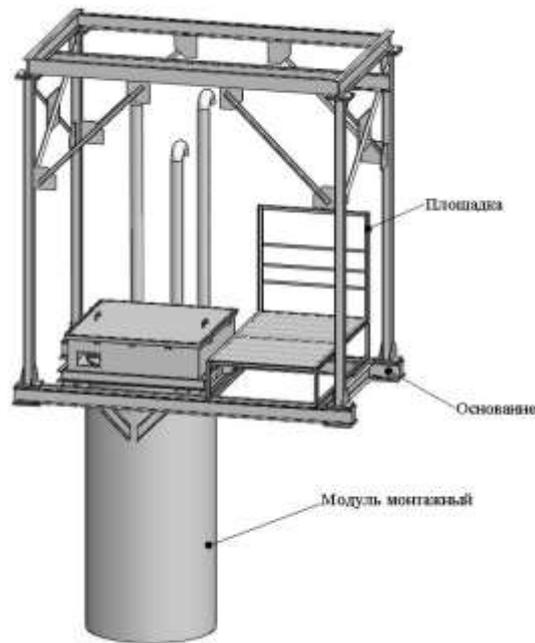


Рисунок 9.

Модуль энергетический работает в составе автономного энергетического комплекса в качестве резервного источника питания в автоматическом, кратковременном режиме параллельно с работой возобновляемых источников энергии.

Регламент работы МЭ в составе контролируемого пункта (КП) системы телемеханики имеет следующий алгоритм: при условии процента заряда АКБ АЭЖ ниже критического состояния автоматически запускается дизельный электроагрегат и работает в прерывистом режиме. Время включения и останова программируются исходя из эксплуатационных характеристик дизельного электроагрегата. Прекращение работы МЭ происходит при условии достижения процента заряда АКБ необходимой величины.

Устройства, входящие в МЭ, связаны между собой электрическими и механическими связями конструктивно установлены модуль монтажный строительного комплекта.



Рисунок 10.

Модуль монтажный (рисунок 10) представляет собой выполненный из трубы диаметром 1420 мм заглушенный с нижнего торца и заглубленный в грунт теплоизолированный колодец. Модуль монтажный предназначен для размещения в нем в рабочем положении дизельного электроагрегата и блока управления МЭ с целью защиты от низких температур и неблагоприятных погодных воздействий. На оголовке монтажного модуля размещен блок ввода кабелей, имеющий проходные разъемы для подключения соединительных кабелей, идущих от коммутационного оборудования контролируемого пункта (шкаф силовой) к оборудованию модуля энергетического (шкаф подключения). Над оголовком монтажного модуля располагается грузоподъемное устройство, предназначенное для обеспечения возможности подъема (опускания) оборудования МЭ из модуля монтажного с целью проведения технического обслуживания.

Эстакада обслуживания представляет собой пространственную металлоконструкцию, предназначенную для монтажа оборудования МЭ и обеспечения возможности безопасной и удобной работы с ним.



Рисунок 11.

Дизельный электроагрегат (рисунок 11) обеспечивает необходимую выработку электроэнергии и продолжительность автономной работы.

Оборудование ДЭ включает в свой состав:

- систему электрического запуска со вспомогательным (автономным) источником электропитания;
- систему забора воздуха;
- систему питания (топливную систему);
- выхлопную систему;
- систему смазки;
- систему охлаждения.

Электропитание цепей управления и исполнительных устройств ДЭ осуществляется от независимого источника по одно или двухпроводной схеме постоянным током номинальным напряжением 24 В.

ДЭ оборудован устройством для автоматического заряда стартерных аккумуляторных батарей, как во время своей работы от штатного генератора, так и от основных АКБ при длительных перерывах в работе.

Работа ДЭ автоматизирована. Осуществляется дистанционное и

автоматическое управление работой электроагрегата со сроком необслуживаемой работы в течение не менее 250 ч.

Защита электрических цепей электроагрегата предусматривает защиту генератора, аппаратуры и приборов от токов короткого замыкания и перегрузок выше допускаемых значений. Аварийная защита и аварийно-предупредительная сигнализация ДЭ срабатывает при достижении предельных значений следующих параметров:

- давление масла;
- температура двигателя.

Система автоматики ДЭ обеспечивает останов двигателя исполнительными устройствами при аварийных режимах. Аварийный останов сопровождается световой индикацией на АРМ оператора диспетчерского комплекта. Подача топлива ДЭ управляется и контролируется блоком управления МЭ. Производительность топливного насоса ТС обеспечивает расход топлива дизельного двигателя на максимальной мощности. Под топливным баком размещается металлический поддон, оснащенный датчиком уровня, для сбора утечек нефтепродуктов и загрязнений. Конструкция топливного бака и работа системы питания исключает возможность утечки топлива.

Приточно-вытяжная вентиляция МЭ (рисунок 12) создает необходимые условия эксплуатации (температуру, относительную влажность, скорость движения воздуха) размещенного в монтажном модуле оборудования.

Канал приточной вентиляции обеспечивает подачу наружного воздуха в нижнюю часть заглубляемого в грунт монтажного модуля. Канал вытяжной вентиляции обеспечивает забор воздуха из верхней части монтажного модуля и отвод его в атмосферу. Принудительная вентиляция монтажного модуля осуществляется с помощью электровентиляторов, расположенных в приточном и вытяжном каналах. Конструкция наружных трубопроводов

приточной и вытяжной вентиляции исключает попадание в вентиляционные каналы атмосферных осадков.



Рисунок 12

Выпускной трубопровод системы (рисунок 10) отработавших газов герметично присоединяется к выхлопной системе дизельного двигателя и не допускает утечку выхлопных газов в монтажный модуль.

Для извлечения дизельного электроагрегата из монтажного модуля с помощью грузоподъемного устройства выпускной трубопровод имеет быстроразъемное герметичное соединение.

Блок управления (рисунок 13), располагающийся в модуле монтажном над дизельным электроагрегатом, обеспечивает работу оборудования в составе МЭ в соответствии с заданным алгоритмом и состоит из:

- контроллера;
- зарядного устройства;
- автоматических выключателей с дистанционным управлением;
- устройств измерения тока и напряжения;

- приемно-контрольного прибора охранно-пожарной сигнализации (ОПС);
- резервной АКБ;
- датчиков контроля температуры и влажности.



Рисунок 13.

К блоку управления МЭ подключаются:

- датчики контроля работы ДЭ;
- устройства управления работой ДЭ;
- датчики и исполнительные устройства ТС;
- электровентиляторы приточно-вытяжной системы принудительной вентиляции;
- устройства управления вентиляционными клапанами;
- датчик температуры и датчики ОПС.

В процессе эксплуатации блок управления МЭ собирает и передает в систему телемеханики и на автоматизированное рабочее место оператора (АРМ) информацию о параметрах работы и условиях функционирования оборудования, размещенного в монтажном модуле.

Модуль энергетический оснащен охранно-пожарной сигнализацией и средствами пожаротушения.

В противопожарное оборудование входят:

- прибор приемно-контрольный охранно-пожарный;
- датчики (извещатели) охранно-пожарной сигнализации;
- средства пожаротушения.

Средство автономного объемного или локального пожаротушения – модуль пожаротушения, предназначенным для тушения электрооборудования и горюче-смазочных материалов. Модуль пожаротушения установлен в верхней части монтажного модуля. Срабатывание модуля пожаротушения происходит в результате разрушения теплового замка (колбы) запорно-распылительного устройства или принудительном срабатывании при повышении температуры в защищаемой зоне выше предельного заданного уровня. Извещатели пожарной сигнализации устанавливаются в верхней части монтажного модуля.

Предлагаемые технические решения успешно реализованы на КГС 103В УКПГ-1В ЯНГКМ в составе КТМ КГС. В декабре 2017 - январе 2018 года проведены предварительные приемочные испытания АЭК, показавшие эффективность дополнительного источника электроэнергии при возникновении ситуаций связанных с понижением эффективности ветрогенераторов и солнечных батарей.

Графики трендов основных параметров, отражающие процесс проведенных проверок при испытаниях АЭК, показаны на Рисунках 14-16.

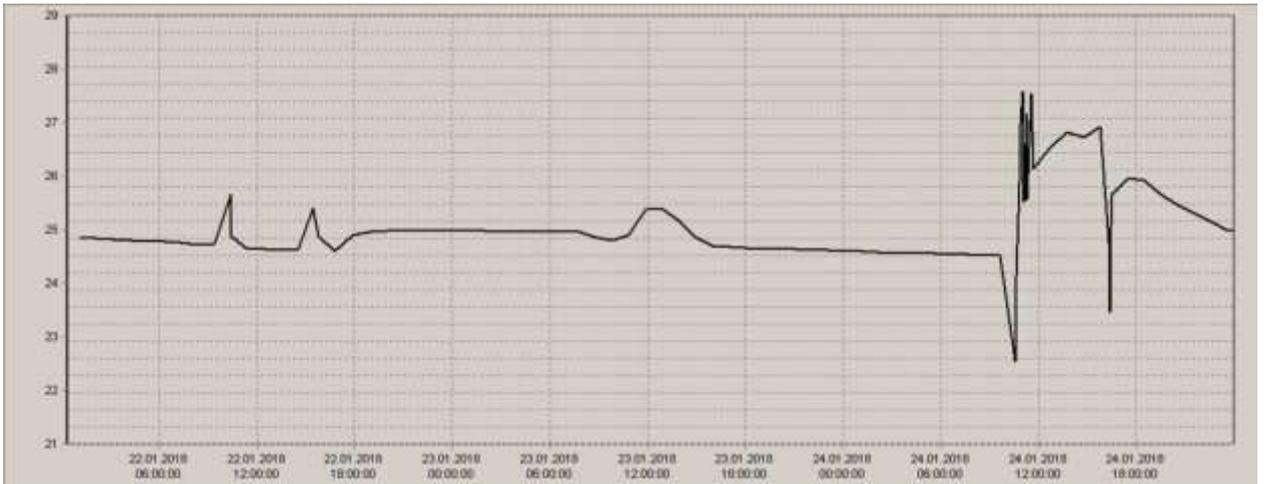


Рисунок 14. Напряжение на АКБ токового модуля АЭК

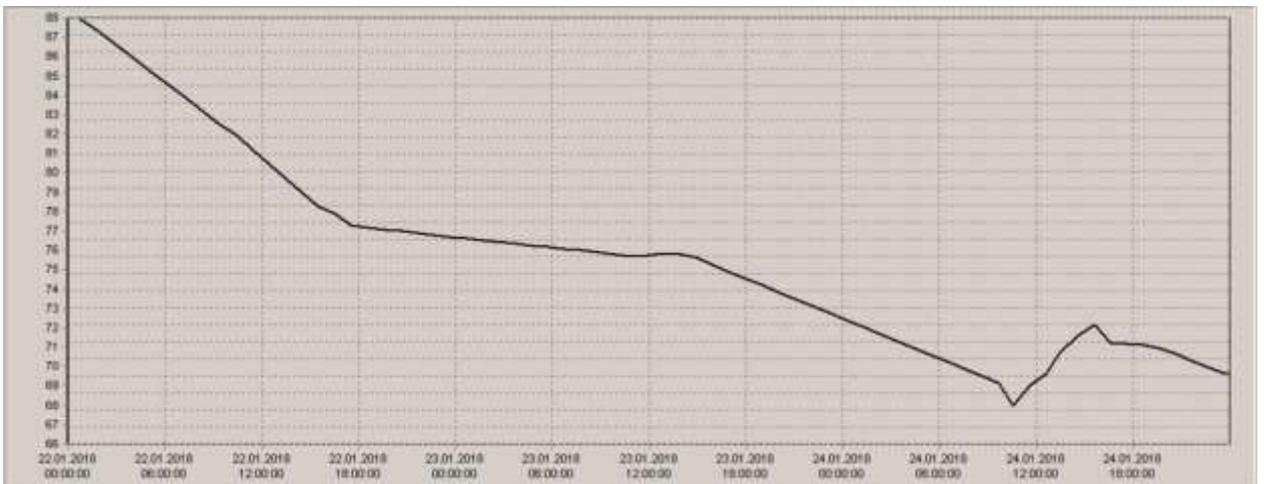


Рисунок 15. Процент заряда АКБ АЭК

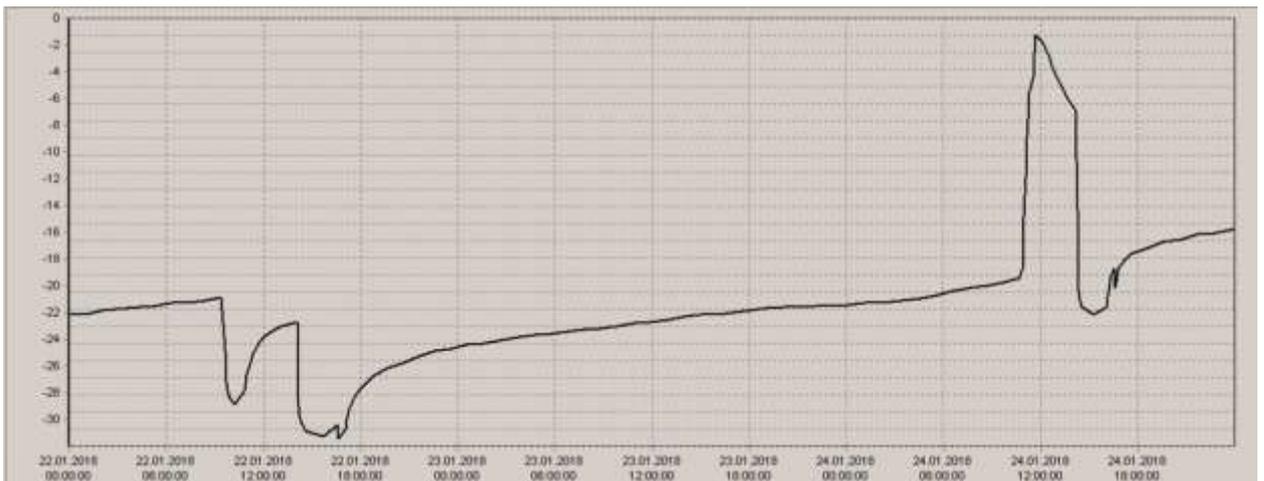


Рисунок 16. Температура в блок-боксе энергетического модуля

Результаты проверки соответствия фактических, полученных в результате испытаний, технических характеристик и показателей требованиям ТЗ, ТУ и нормативным документам РФ и ПАО «Газпром» приведена в Приложении 1.

В соответствии с Технологической дорожной картой, утвержденной В.А. Маркеловым 23.05.2015, планируется проведение второго этапа приемочных испытаний и дальнейшая опытная эксплуатация АЭЖ «Вымпел».

По результатам проведенной работы по повышению надежности систем автономного электроснабжения управляющих комплексов кустов газовых скважин на базе КТМ КГС нижнемеловых отложений Ямбургского НГКМ реализовано техническое решение, позволяющее обеспечить полное функционирование систем автоматизации КГС при снижении эффективности основных возобновляемых источников электроэнергии, за счет применения дополнительных генерирующих дизельных агрегатов модульного исполнения, связанных в единый автоматизированный энергетический комплекс.

Приложение 1

Таблица соответствия технических параметров АЭЖ «Вымпел», полученных в результате испытаний с 22 по 24 января 2018 г.

Наименование параметра	Значение по ТУ	Измеренное значение	Соответствие	Примечание
Выходное напряжение комплекса, В	24 ^{+10%} _{-15%}	24,4	+	
Мощность потребления комплекса на собственные нужды Вт, не более	30	28,5	+	
Интерфейс обмена с системой телемеханики	RS-485		+	
Блок аккумуляторов				
Емкость, А·ч	1600		+	*
Номинальное напряжение, В	24		+	
Количество элементов в блоке, шт	12		+	
Солнечный модуль				
Максимальная мощность, Вт	180	1260 (с 7 шт. СМ)	+	*
Количество, шт.	7		+	
Ветрогенератор				
Номинальное напряжение, В	24			*
Мощность (при скорости ветра 11,6 м/с), Вт	1000	990 (при скорости ветра 12 м/с)	+	*
Скорость вращения, об/мин	1200			*
Стартовая скорость, м/с	3,1			*
Предельная скорость ветра, не более, м/с	18			*
Штормовая скорость ветра, не более, м/с	55			*
	Система уклонения			*

Аварийная защита	от ветра и блок разгрузки			
Ось вращения	Горизонтальная			*
Количество лопастей, шт	3			*
Диаметр ветроколеса, м	2,7			*
Масса, кг	30			*
Ветромонитор				
Диапазон измерений скорости ветра, м/с	От 0 до 60			*
Диапазон значений азимута, град	360			*

* Паспортные данные

+ Значение соответствует

Таблица соответствия технических параметров модуля энергетического, полученных в результате испытаний с 22 по 24 января 2018 г.

Наименование параметра	Значение по ТУ	Измеренное значение	Соответствие	Примечание
Дизельный электроагрегат				
Мощность электрогенератора номинальная, кВт, не менее	5,0	5,0	+	
Тип генератора	синхронный			*
Максимальное выходное напряжение постоянного тока, В	34			*
Максимальный выходной ток, А	120	120	+	
Двигатель	дизельный			*
Тип двигателя	Одноцилиндровый четырёхтактный			*
Максимальная мощность двигателя, кВт, не менее	6,0			
Частота вращения двигателя, об/мин	3000			*
Система охлаждения двигателя	воздушная принудительная			*
Система смазки двигателя	принудитель			*

	ная			
Система пуска двигателя	электро стартер			*
Марка дизельного топлива	зимнее или арктическое			*
Температура застывания топлива, °С, не выше	минус 45			*
Степень защиты двигателя	IP 23			*
Минимальная температура запуска ДЭ, °С	минус 20			*
Максимальная при эксплуатации ДЭ температура окружающего воздуха, °С	плюс 50			*
Масса, кг, не более	109			*
Рабочий объём, см ³	418			*
Расход топлива (при номинальной нагрузке), л/ч	1,4			*
Длина, мм, не более	770			*
Ширина, мм, не более	535			*
Высота, мм, не более	680			*

* Паспортные данные

+ Значение соответствует