

Конструкторское Бюро - "Энергетика. Транспорт. Технологии" зарегистрированное как ИП Архипов Н.И.



«УТВЕРЖДАЮ»

«04» марта 2024 года
Главный конструктор
КБ-ЭТТ, ИП Архипов Н. И.,
Архипов Николай Иванович

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ АВТОНОМНЫЙ ЭНЕРГОКОМПЛЕКС НА ГАЗОВОМ КОНДЕНСАТЕ



Мини-ТЭС с геотермальной ступенью
электрогенерации на криогенном
(жидкий азот) теплоносителе 4,3 МВт
переменного тока, 1 Гкал/ч тепловой
энергии на ГВС и отопление, 1 Гкал/ч холода
(сбрасывается в окружающую среду)

Назначение:

Сельское хозяйство и животноводство,
Лесное хозяйство и деревообработка,
Переработка и утилизация ТБО,
Холодильное производство

Разработчик: КБ-ЭТТ, Конструкторское Бюро –
«Энергетика. Транспорт. Технологии»
Регистрация: ИП Архипов Н.И., Россия

На основании представленных данных объекта, для удовлетворения потребностей в 2,5 МВт электрической энергии и 2 Гкал/ч тепловой энергии при условии продублированности выработки энергии

Предлагаем для Ваших нужд:

Энергокомплекс, полуавтоматическая Мини-ТЭС с геотермальной ступенью электрогенерации на криогенном (жидкий азот) теплоносителе электрической мощностью (установленная) 4,3 МВт переменного тока для собственных нужд, 1 Гкал/ч тепловой энергии для собственных нужд, холодильной мощностью 1 Гкал/ч для собственных нужд (или сброс в атмосферу)

со стандартным набором оборудования и стандартными параметрами, комплектующие РФ и СНГ, подводом необходимых коммуникаций, сооружением дымовой трубы и газоходов, в помещении заказчика.

Принципиальная схема Энергокомплекса

1. Установка топливopодготовки.
2. Мини-ТЭС с геотермальной ступенью электрогенерации на криогенном (жидкий азот) теплоносителе.

Мини-ТЭС выполнена по перспективной известной схеме: комбинированная ПГ-ТД-У (паро-газовая турбодетандерная установка) и имеет высокие показатели эффективности:

Комбинированная Паро-газовая установка (ПГУ), Газо-турбинная электростанция с утилизационным парогенераторным паровым котлом с дополнительным пароперегревателем, противодавленческими и конденсационным турбогенераторами по каскадной схеме соединения, отпуска остаточного тепла турбогенераторов на геотермальную ступень электрогенерации турбодетандерами на криогенном теплоносителе (жидкий азот) и на ГВС и отопление.

1. Общее описание Энергокомплекса

1.1. Состав Энергокомплекса:

Энергокомплекс имеет в своем составе:

1. Газо-турбинная электростанция с отпуском остаточного тепла на утилизационный паровой котёл для электрогенерации.

2. Паровой утилизационный котёл на сжиженном газе ДКВР-6-39-440, с дополнительным пароперегревателем.
3. Турбогенераторные противодавленческие установки парового котла, соединенные каскадно.
4. Турбогенераторная конденсационная установка парового котла, присоединенная каскадно.
5. Паровые конденсаторы (бойлеры) с отпуском остаточного тепла на геотермальную электрогенерацию турбодетандерами на криогенном (жидкий азот) теплоносителе и на ГВС и отопление.
6. Парогенератор криогенного теплоносителя (жидкий азот).
7. Теплообменник, охладитель пара криогенного теплоносителя (жидкий азот), подогреватель криогенного теплоносителя (жидкий азот).
8. Каскад турбодетандеров, конденсирующих пар криогенного теплоносителя (жидкий азот) с выработкой электроэнергии.
9. Воздухо-разделительные установки (ВРУ) малой мощности.
10. Накопительные емкости под давлением для криогенного теплоносителя (жидкий азот), использующие геотермальную энергию.
11. Нагреватель криогенного теплоносителя (жидкий азот), использующий геотермальную энергию, генерирующий холод.
12. Дополнительное оборудование.

1.2. Краткое описание

№	Показатель	Краткое описание
1	Обеспечение электроэнергией	Электрическая мощность 4,3 МВт
2	Выработка тепловой энергии	Тепловая мощность 1 Гкал/ч
3	Режим работы мини-ТЭС	Круглосуточный, круглогодичный, с ручным контролем и управлением.
4	Технологическая последовательность распределения вырабатываемых энергоресурсов	Максимальная выработка электроэнергии круглосуточно. Снятие остаточного тепла на технологию круглосуточно. Температура ГВС для собственных нужд - 65°C. Отопление, кондиционирование и вентиляция служебных и бытовых помещений круглосуточно.
5	Этапы ввода оборудования генерации электроэнергии	Виды ТО, их периодичность, стоимость ЗИП – согласно Регламентов в документации заводов-изготовителей по году выпуска и № оборудования и агрегатов. Возможно дальнейшее повышение КПД, снижение затрат на работу турбин и содержание сетей (согласно предлагаемой

		комплектации и предлагаемой дальнейшей модернизации), возможно оборудование АСУ ТП мини-ТЭС.
6	Этап ввода оборудования генерации тепловой энергии	Виды ТО, их периодичность, стоимость ЗИП – согласно Регламентов в документации заводов-изготовителей по году выпуска и № оборудования и агрегатов. Возможно дальнейшее повышение КПД, снижение затрат на работу котлов и содержание сетей (согласно предлагаемой комплектации и предлагаемой дальнейшей модернизации), возможно дополнительное оборудование АСУ ТП мини-ТЭС.
7	Присоединение мини-ТЭС	Электроэнергия: КЛ – 6 кВ на действующие секции в РП 6 кВ на ТП предприятия. Тип подключения – параллельная работа с синхронизацией на общую шину. Подключение в сеть – в соответствии с ТУ на 6 кВ. Окончательная мощность, точка и способ подключения мини-ТЭС определяются Проектом по согласованию с Заказчиком; Теплоснабжение: Окончательная мощность, точка и способ подключения мини-ТЭС определяется Проектом по согласованию с Заказчиком; Водоснабжение: Существующий водопровод.
8	Обеспечение электроэнергией и теплом	Предусматривается параллельная работа мини-ТЭС с электрической сетью, возможна работа в островном режиме.
9	Автоматизация и персонал мини-ТЭС	Ручной мониторинг всего комплекса, Единая АСУ всего предприятия выполняется дополнительно, по отдельному ТЗ.
10	Максимальный единовременный шаг (наброс) нагрузки	Величины шагов увеличения и сброса электрической нагрузки, времени между шагами соответствуют требованиям, предъявляемым к производителям мини-ТЭС при работе в островном режиме: - дисбаланс тока нагрузки по фазам – не более 5%; - качество электрической энергии соответствует ГОСТ Р 54149-2010.
11	Электропитание собственных нужд генераторных установок	От щита собственных нужд (ЩСН) параметрами: Максимальная мощность – 500 кВт; Напряжение – 380 В; Частота – 50 Гц.
12	Помещения мини-ТЭС	Помещение машинного зала соответствует СНиП II-35-76 «Котельные установки», Правилам устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов, ПБ 12-529-03.
13	Источники обеспечения предприятия сырьем и энергоносителями	От действующих сетей, в соответствии с техническими условиями на подключение к сетям и коммуникациям.

14	Аварийное (резервное) топливо	Для мини-ТЭС аварийное (резервное) топливо определяется при проектировании и согласовывается с Заказчиком.
15	Требования к системе дистанционного управления	Система дистанционного управления, оборудование для контроля и распределения мощности подбирается дополнительно, в соответствии с технологическими циклами мини-ТЭС, утвержденной Заказчиком в ходе проектирования.
16	Охлаждение генераторных установок	Воздушное, с собственной принудительной циркуляцией.
17	Воздухоподготовка для мини-ТЭС	Машинный зал предусматривает принудительную вытяжную и естественную приточную вентиляцию и подготовку воздуха для горения при наружной температуре +50 - -50°C и высоте над уровнем моря 1000 метров.
18	Требования к архитектурно-строительным, объемно-планировочным решениям	Архитектурно-строительные, объемно-планировочные решения и конструктивные решения определяются Проектом по согласованию с заказчиком. При необходимости выполняются геологические и геодезические изыскания.
19	Дымовые трубы	Высота дымовых труб определяется Проектом по результатам расчетов вредных выбросов в атмосферу в нежилом секторе. Световое ограждение дымовых труб и наружная маркировочная окраска соответствуют требованиям нормативных документов. Конструкция дымовых труб предусматривается из материалов для работы с высокотемпературной средой (до 500°C). Газоходы предусматриваются индивидуальные.
20	Состав мини-ТЭС	Определяется Проектом по дальнейшему повышению КПД и согласовывается с Заказчиком.
21	Топливоснабжение	Основное топливо – газовый конденсат. Возможна комплектация для работы на другом топливе.
22	Водоснабжение	Химводоподготовка – тип, состав и размещение ХВО для подпитки тепловых сетей уточняются Проектом в соответствии с нормативами подпиточной воды тепловых сетей и химическим анализом воды.
23	Приборы учета	В соответствии с требованиями нормативных документов.
24	Степень автоматизации мини-ТЭС	Предусматривается работа мини-ТЭС с необходимостью присутствия обслуживающего персонала в машинном зале. Контроль параметров и управление непосредственно возле оборудования.
25	Особые условия проектирования	Предусматривается параллельная работа мини-ТЭС с электрической сетью, передача в сеть и прием из сети электрической мощности.

		Предусматривается установка узлов учета на электроэнергию, тепловую энергию, пар, воду.
26	Границы проектирования	Объем проектных работ определяется Генеральным проектировщиком и согласовывается с Заказчиком.
27	Исходные данные	Предоставляются Заказчиком.

1.3. Описание Установки топливподготовки

Установка топливподготовки в состав Энергокомплекса не входит и выполнена отдельно, с сопряжением с агрегатами, устройствами и оборудованием Энергокомплекса.

Установка топливподготовки рассчитана на газовый конденсат.

1.4. Описание Мини-ТЭС

Мини-ТЭС выполнена по перспективной известной схеме: комбинированная ПГ-ТД-У (паро-газовая турбодетандерная установка) и имеет высокие показатели эффективности:

Комбинированная Паро-газовая установка, газо-турбинная электростанция с утилизационными парогенераторным паровым котлом с дополнительным пароперегревателем, противодавленческими и конденсационным турбогенераторами по каскадной схеме соединения, отпуска остаточного тепла турбогенераторов на геотермальную ступень электрогенерации турбодетандерами на криогенном теплоносителе (жидкий азот), паровыми конденсаторами, теплообменниками, нагревателями и хим-водоподготовкой с подготовкой криогенного теплоносителя (жидкий азот), отпуска остаточного тепла на ГВС и отопление.

1.5. Прототипы частей комбинированного Энергокомплекса

Утилизационные ТЭС: множество установок.

Геотермальная ЭС: Мутновская ГеоЭС (Камчатка), Паужетская ГеоЭС, Верхне-Мутновская, Океанская, Менделеевская и другие.

Турбо-детандерные ЭС: множество установок.

2. Характеристики Энергокомплекса (ЭК)

2.1. Характеристики Энергокомплекса в максимальном режиме

№	Наименование	Ед. изм.	Величина
1	Расход жидкого топлива ($H_u = 42$ МДж/кг)	кг/ч	545,2
2	Теплота сгорания топлива 2 ГТУ номинальная	Гкал/ч	5,7
3	Теплота сгорания топлива котла ДКВР дополнительная	Гкал/ч	0,7
4	Мощность электрическая установленная 2 ГТУ	МВт	1,6
5	Мощность электрическая установленная Паротурбинной электростанции парового водяного котла типа ДКВР	МВт	1,2
6	Мощность электрическая установленная Криогенной электрогенерации с геотермальной ступенью	МВт	1,5
7	Мощность электрическая суммарная номинальная	МВт	4,3
8	Мощность электрическая собственных нужд	кВт	300
9	Теплота остаточная от конденсатора водяного цикла на ГВС и отопление	Гкал/ч	1,0
10	Теплота остаточная от конденсатора водяного цикла на криогенную электрогенерацию	Гкал/ч	0,8
11	Теплота отбора геотермальной энергии криогенной электрогенерацией	Гкал/ч	1,3
12	Теплота общая на Энергокомплекс (тепло топлива и геотермальное тепло)	Гкал/ч	8,5
13	Генерация холода (холодильник)	Гкал/ч	1,0
14	КИТ (коэффициент использования топлива) электрический	-/-	0,58
15	КИТ (коэффициент использования топлива) полезный (с генерацией тепла)	-/-	0,74

2.2. Характеристики Энергокомплекса в рабочем режиме (ГТУ - 85% номинального, без дополнительной горелки котла)

№	Наименование	Ед. изм.	Величина
1	Расход жидкого топлива ($H_u = 42$ МДж/кг)	кг/ч	463,4
2	Теплота сгорания топлива 2 ГТУ рабочая	Гкал/ч	3,84
3	Теплота сгорания топлива котла ДКВР дополнительная	Гкал/ч	-
4	Мощность электрическая рабочая ГТУ	МВт	1,35
5	Мощность электрическая рабочая Паротурбинной электростанции парового водяного котла типа ДКВР	МВт	0,5
6	Мощность электрическая рабочая Криогенной электрогенерации с геотермальной ступенью	МВт	1,2
7	Мощность электрическая суммарная номинальная	МВт	3,05
8	Мощность электрическая собственных нужд	кВт	250
9	Теплота остаточная от конденсатора водяного цикла на ГВС и отопление	Гкал/ч	0,5
10	Теплота остаточная от конденсатора водяного цикла на криогенную электрогенерацию	Гкал/ч	0,4
11	Теплота отбора геотермальной энергии криогенной электрогенерацией	Гкал/ч	1,3
12	Теплота общая на Энергокомплекс (тепло топлива и геотермальное тепло)	Гкал/ч	5,14
13	Генерация холода (холодильник)	Гкал/ч	1,0
14	КИТ (коэффициент использования топлива) электрический	-/-	0,68
15	КИТ (коэффициент использования топлива) полезный (с генерацией тепла)	-/-	0,81

3. Основные тезисы Концептуального Предложения

Полная автономность Энергокомплекса, продублированность всех систем и мощностей;

Экологичность Энергокомплекса, отсутствие вредных выбросов в атмосферу;

Альтернативность Энергокомплекса, отсутствие бесполезных энергозатрат, топливных затрат, использование геотермальной энергии, тепла утилизации отходящих газов;

Комплексность технологий Энергокомплекса, использование комплексных технологий под нужды объекта;

Высокая эффективность Энергокомплекса, отсутствие бесполезных энергозатрат, топливных затрат;

Инновационность Энергокомплекса, отход от традиционных энергозатратных схем генерации холода, электроэнергии и тепла;

Минимальный риск использования инноваций, внедрение проверенных на практике инноваций;

Лицензионность поставок оборудования Энергокомплекса, поставки производятся от разработчиков технологий и производителей оборудования;

Исключение возможных споров по авторству инноваций, привлечение к исполнению Проекта авторов инноваций и технологий, разработчиков и производителей оборудования;

Гарантированное достижение характеристик и параметров Энергокомплекса, производство пуско-наладочных работ авторами технологий и разработчиков оборудования, авторский надзор;

Гарантированное качество оборудования Энергокомплекса, возможно обслуживание оборудования производителями;

Финансовая политика при реализации Проекта – отсутствие посредников, продуманность ценообразования, стадийность реализации Проекта, поэтапная поставка оборудования;

Мощность максимальная электрогенераторов Энергокомплекса – 4,3 МВт;

Мощность максимальная генерации холода Энергокомплекса – 1,0 Гкал/ч, при не востребованности сбрасывается в окружающую среду;

Тепловая мощность отпускается на: 1 Гкал/ч на ГВС и отопление, 0,86 Гкал/ч на технологию в геотермальной ступени электрогенерации;

Стадии производства работ – проектные работы, поставка оборудования, строительно-монтажные работы, пуско-наладочные работы;

Условия поставки оборудования – доставка на склад Заказчика;

Срок изготовления оборудования – до 240 суток;

Снижение стоимости Энергокомплекса – возможно при оптимальном подборе комплектации оборудования по требующимся для предприятия потребностям в электроснабжении и тепловой мощности, при возможном использовании имеющегося оборудования, при точном расчете затрачиваемых средств на подвод коммуникаций и др.

Использование электрических сетей – возможна преобладающая продажа электроэнергии в сеть, возможна работа в островном режиме;

Дальнейшая модернизация и повышение КПД Энергокомплекса – возможна оптимизация Энергокомплекса, повышение КПД, наращивание максимальной электрической мощности без увеличения топливных затрат и уменьшения выработки тепловой энергии, дополнительно, в специальном предложении.

4. Основные элементы топливоподготовки Энергокомплекса

Установка топливоподготовки в состав Энергокомплекса не входит и выполнена отдельно, с сопряжением с агрегатами, устройствами и оборудованием Энергокомплекса.

Установка топливоподготовки рассчитана на сжиженный газ.

5. Основные элементы Паро-турбинной Мини-ТЭС

Технологический цикл тепло-энергетический

Установки, агрегаты и оборудование далее указываются в порядке соединения и следования по технологическому циклу.

5.1. Газотурбинная электростанция, 2 ГТУ 1,6 МВт общей мощности

Газотурбинная установка (ГТУ) предназначена для привода генераторов газотурбинных электростанций.

Газотурбинные электростанции используются для производства электрической и тепловой энергии.

Работают в качестве как основного, так и резервного источника питания, автономно и параллельно с другими источниками электроэнергии или энергосистемами.

В воздушный тракт ГТУ подается подогретый в системе охлаждения утилизационного котла воздух для повышения температуры отходящих газов от ГТУ и повышения эффективности Энергокомплекса.

По согласованию с заводом-изготовителем коэффициент избытка воздуха в газовом тракте ГТУ снижается, ограничивается количество подаваемого на ГТУ воздуха.

При этом повышается температура отходящих газов и разгружается турбина компрессора ГТУ, она потребляет меньше энергии на собственные нужды, соответственно снижается потребление топлива.

В топливную систему газотурбинной установки подается топливо из Установки топливоподготовки.

Основные технические характеристики 1 ГТУ

Номинальная мощность на клеммах генератора, кВт	800
Номинальная частота электрического тока, Гц	50
Температура газа за силовой турбиной на выхлопе, °С	464
Расход воздуха, кг / с	4,49
Суммарная степень повышения давления воздуха в компрессорах, лк	10,8

КПД электрический, % 25

Эквивалентный уровень звука при обслуживании, не более, дБА 80

Номинальная частота вращения, об/мин ротора силовой турбины 24687

Номинальная частота вращения, об/мин выходного вала редуктора 1500

Тип топлива: дизельное, керосин, биодизель, бензино-этаноловые смеси, бензин, природный газ, СПГ, попутный нефтяной газ

Расход жидкого топлива ($H_u = 42$ МДж/кг), кг/час 272,6

Удельный расход жидкого топлива, кг/кВт*ч 0,317

Расход газообразного топлива ($H_u = 50$ МДж/кг), кг/час 236

Удельный расход газообразного топлива, кг/кВт*ч 0,274

Тепловая мощность по утилизационной схеме, кВт 1856

Ресурс ГТЭС: – до капитального ремонта, ч 12000*

Габариты ГТД: длина x ширина x высота, мм 1420x1000x1000

Сухая масса в комплекте поставки, кг 1050

Примечание - *в изделиях гражданского назначения.

Общие характеристики

Теплота сгорания топлива 2 ГТУ (максимальная) 5,7 Гкал/ч.

Тепловая мощность остаточная максимальная – 3,2 Гкал/ч.

Отходящие газы от Газотурбинных установок подаются на утилизацию в паровом котле ДКВР 6-39-440.

5.2. Паровой котёл по утилизационной схеме ДКВР-6-39-440

для работы на жидком топливе производительностью 6 т/ч перегретого пара.

Котёл паровой серии ДКВР-6-39-440 - паровой вертикально-водотрубный котёл с экранированной топочной камерой и кипяtilьным пучком, пароперегревателем.

На паровой котёл серии ДКВР-6-39-440 подаются отходящие газы от ГТУ для полезной утилизации тепла.

Технические характеристики

№п/п	Наименование показателя	Значение
1	Тепловая энергия потребляемая, Гкал/ч	3,83
2	Тип котла	Паровой водяной
3	Схема включения в работу	Утилизация отходящих газов ГТУ
4	Паропроизводительность максимальная рабочая, т/ч	5
5	Рабочее (избыточное) давление теплоносителя на выходе, МПа (кгс/см ²)	3,9(39,0)
6	Температура пара на выходе, °С	перегр. 400
7	Температура питательной воды, °С	120
8	Расчетный КПД (без экономайзеров), %	85
9	Тепловая энергия дополнительная от горелки парового котла, Гкал/ч	0,7

№п/п	Наименование показателя	Значение
10	Базовая комплектация россыпью	Блок котла в сборе, лестницы и площадки, горелка ГМ-4,5 (1 шт.)

Отходящие газы с тепловой мощностью 3,2 Гкал/ч от Газотурбинной установки подаются на технологический цикл утилизационного котла парового серии ДКВр-6-39-440.

Котёл паровой серии ДКВР-6-39-440 укомплектовывается газо-мазутной горелкой для компенсации недостатка тепловой мощности от ГТУ при эксплуатации на номинальной мощности, а также для ТО ГТЭС.

Паровой котёл имеет обводные газовые трубопроводы от ГТУ для его вывода на обслуживание или ремонт.

Отходящие газы от парового котла с остаточной тепловой мощностью подаются на геотермальную ступень электрогенерации.

5.3. Дополнительная система хим-водоподготовки

Система хим-водоподготовки должна обеспечивать питательной водой Энергокомплекс согласно требованиям ПТЭ для котлов с естественной циркуляцией соответствующего давления.

6. Технологический цикл паро-силовой

Установки, агрегаты и оборудование указываются в порядке соединения и следования по технологическому циклу.

6.1. Паровой турбогенератор с противодавленческой турбиной ТП-320, I каскад

На турбогенератор с противодавленческой турбиной I каскада подается перегретый пар от паровых котлов, соединенных по пару в параллель, параметрами 3,9 Мпа 400 °С 5 т/ч.

Основные технические характеристики паровой турбины:

Мощность номинальная (максимальная), кВт	235
Давление пара перед стопорным клапаном турбины, МПа	3,9
Температура пара перед стопорным клапаном турбины, °С	400
Давление пара за турбиной, МПа	2,8
Температура пара за турбиной, °С	315
Расход пара, т/ч	5,0
Тип генератора	Асинхронный/Синхронный
Напряжение генератора, В	400/6300 (-5%+10%)
Тип охлаждения генератора	Воздушное, по разомкнутому контуру

Турбогенератор имеет обводной трубопровод с арматурой для вывода паровой турбины из эксплуатации при ТО и других целей.

Отработанный пар турбогенератора с противодавленческой турбиной I каскада подается на турбогенератор с противодавленческой турбиной II каскада параметрами 2,8 Мпа 315 °С 5 т/ч.

6.2. Паровой турбогенератор с противодавленческой турбиной ТП-320, II каскад

На турбогенератор с противодавленческой турбиной II каскада подается отработанный пар от парового турбогенератора с противодавленческой турбиной I каскада, параметрами 2,8 Мпа 315 °С 5 т/ч.

Основные технические характеристики паровой турбины:

Мощность номинальная (максимальная), кВт	235
Давление пара перед стопорным клапаном турбины, МПа	2,8
Температура пара перед стопорным клапаном турбины, °С	315
Давление пара за турбиной, МПа	1,8
Температура пара за турбиной, °С	230
Расход пара, т/ч	5,0
Тип генератора	Асинхронный/Синхронный
Напряжение генератора, В	400/6300 (-5%+10%)
Тип охлаждения генератора	Воздушное, по разомкнутому контуру

Турбогенератор имеет обводной трубопровод с арматурой для вывода паровой турбины из эксплуатации при ТО и других целей.

Отработанный пар турбогенератора с противодавленческой турбиной II каскада подается на дополнительный пароперегреватель парового котла параметрами 2,8 Мпа 230 °С 5 т/ч.

6.3. Дополнительный пароперегреватель парового котла серии ДКВР-6-39-440

На дополнительный пароперегреватель парового котла подается отработанный пар турбогенератора с противодавленческой турбиной II каскада параметрами 2,8 Мпа 230 °С 5 т/ч.

Основные технические характеристики

Давление пара на входе, МПа	2,8
Температура пара на входе, °С	230
Давление пара на выходе, МПа	2,8
Температура пара на выходе, °С	300
Расход пара, т/ч	5,0

Перегретый пар дополнительного пароперегревателя подается на турбогенератор с конденсационной турбиной III каскада параметрами 1,8 Мпа 300 °С 5 т/ч.

6.4. Паровой турбогенератор с конденсационной турбиной ТГУ 800К, III каскад

На конденсационный турбогенератор III каскада подается перегретый пар от дополнительного пароперегревателя парового котла типа ДКВР 6-39-440 параметрами 1,8 Мпа 300 °С 5 т/ч.

Основные технические характеристики паровой турбины:

Мощность номинальная (максимальная), кВт	800
Давление пара перед стопорным клапаном турбины, МПа	1,8
Температура пара перед стопорным клапаном турбины, °С	300
Давление пара за турбиной, МПа	<0,05
Температура пара за турбиной, °С	100
Расход пара, т/ч	5,0
Тепловая энергия отработанного пара на криогенную электрогенерацию, Гкал/ч	1,1
Остаточная энергия конденсата на криогенную электрогенерацию, Гкал/ч	0,9

Тип генератора	Асинхронный/Синхронный
Напряжение генератора, В	400/6300 (-5%+10%)
Тип охлаждения генератора	Воздушное, по разомкнутому контуру

Турбогенератор имеет обводной трубопровод с арматурой для вывода паровой турбины из эксплуатации при ТО и других целей.

Отработанный пар конденсационного турбогенератора подается на паровой конденсатор (бойлер) параметрами <0,05 МПа 100 °С 5 т/ч.

6.5. Паровые конденсаторы (бойлеры)

На паровые конденсаторы (бойлеры) подается отработанный пар от конденсационного турбогенератора III -го каскада параметрами <0,05 МПа 100 °С 5 т/ч.

Основные технические характеристики парового водяного конденсатора:

Мощность тепловая утилизации пара, Гкал	1,0
Давление пара на входе, МПа	<0,05
Температура пара на входе, °С	100
Давление пара за турбиной, МПа	<0,05
Температура конденсата, °С	50-70

Основные общие технические характеристики паровых конденсаторов криогенной системы:

Мощность тепловая утилизации пара, Гкал/ч	0,86
Давление пара на входе, МПа	<0,05
Температура пара на входе, °С	100
Давление пара за турбиной, МПа	<0,05

Температура конденсата, °С	40-60
Тепловая энергия на криогенную электрогенерацию, Гкал/ч	0,8
Тип охлаждающей жидкости	Перегретый криогенный теплоноситель
Температура перегретого криогенного теплоносителя на входе, °С	0-10
Температура перегретого криогенного теплоносителя на выходе, °С	50-70

Конденсат паровых конденсаторов подается в питательную систему парового котла ДКВР-6-39-440, замыкая технологический круг.

Остаточная тепловая мощность одного конденсатора направляется на ГВС и отопление.

Остаточная тепловая мощность двух других конденсаторов направляется для полезного использования в геотермальную ступень электрогенерации.

6.6. Вспомогательные системы

7. Технологический цикл криогенной электрогенерации с геотермальной (холодильники) ступенью

Технологический цикл криогенной электрогенерации с геотермальной (холодильники) ступенью выполнен с жидким азотом в качестве теплоносителя.

Технологический цикл криогенной электрогенерации с геотермальной (холодильники) ступенью выполнен по сверхкритическим технологиям теплоносителя, на сверхкритических параметрах жидкого азота.

Жидкий азот для пополнения запаса теплоносителя вырабатывается воздухо-разделительной установкой (ВРУ), входящей в состав Энергокомплекса.

Технологический цикл криогенной электрогенерации с геотермальной (холодильники) ступенью использует остаточную тепловую энергию паро-силового цикла для преобразования в электрическую энергию.

Технологический цикл криогенной электрогенерации с геотермальной (холодильники) ступенью использует тепловую энергию окружающей среды (геотермальную) для преобразования в электрическую энергию.

Установки, агрегаты и оборудование указываются в порядке соединения и следования по технологическому циклу.

7.1. Парогенератор криогенного теплоносителя

Парогенератор криогенного теплоносителя предназначен для выработки перегретого пара из перегретого жидкого криогенного теплоносителя (жидкий азот) на сверхкритических параметрах.

На парогенератор подается перегретый криогенный теплоноситель, жидкий азот от парового конденсатора параметрами 6,0 Мпа 50-70 °С.

Парогенератор использует тепло отходящих газов парового водяного котла ДКВР-6-39-440.

Основные технические характеристики парогенератора:

Температура перегретого криогенного теплоносителя, жидкого азота на входе, °С	50-70
Давление перегретого пара криогенного теплоносителя, азота МПа	6,0
Тепловая энергия перегретого криогенного теплоносителя, азота, Гкал	2,0
Температура перегретого пара криогенного теплоносителя, азота °С	60-80

Перегретый пар азота парогенератора подается на Теплообменник криогенного теплоносителя параметрами 6,0 Мпа 60-80 °С.

7.2. Теплообменник криогенного теплоносителя

Теплообменник криогенного теплоносителя предназначен для понижения температуры пара жидкого азота перед конденсацией в турбодетандере и для необходимого повышения температуры питательного жидкого азота перед подачей в конденсатор (бойлер) водяного паро-конденсатного цикла.

На теплообменник криогенного теплоносителя подается перегретый пар парогенератора криогенного теплоносителя (жидкий азот) параметрами 6,0 МПа 60-80 °С.

В качестве охладителя перегретого пара криогенного теплоносителя, азота, перед конденсацией его в турбодетандерах используется криогенный теплоноситель, жидкий азот для его необходимого подогрева для подачи в конденсатор водяного паро-конденсатного цикла и его перегрева до сверхкритических величин параметров.

Основные технические характеристики

Давление пара криогенного теплоносителя, азота, на входе, МПа	6,0
Температура пара криогенного теплоносителя, азота, на входе, °С	60-80
Давление пара криогенного теплоносителя, азота, на выходе, МПа	6,0
Температура пара криогенного теплоносителя, азота, на выходе, °С	-10-30
Давление криогенного теплоносителя, жидкого азота, на входе, МПа	6,0
Температура криогенного теплоносителя, жидкого азота, на входе, °С	-60
Давление криогенного теплоносителя, жидкого азота, на выходе, МПа	6,0
Температура криогенного теплоносителя, жидкого азота, на выходе, °С	3-10

Перегретый пар азота Теплообменника криогенного теплоносителя подается на паровой турбогенератор I каскада параметрами 6,0 МПа -10-30 °С.

Криогенный теплоноситель Теплообменника параметрами 6,0 МПа 3-10 °С подается для дальнейшего нагрева и съема остаточной тепловой энергии в конденсаторы водяного паро-силового цикла.

7.3. Турбодетандер с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза, I каскад

Турбодетандер с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза предназначен для конденсации пара криогенного теплоносителя при совершении полезной работы и снятии энергии.

На турбодетандер с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза подается перегретый пар криогенного теплоносителя (азот) из Теплообменника криогенного теплоносителя параметрами 6,0 МПа -10-30 °С.

Основные технические характеристики турбодетандера:

Мощность номинальная (максимальная), кВт	700
Давление пара криогенного теплоносителя на входе, МПа	6,0
Температура пара криогенного теплоносителя на входе, °С	-10-30
Давление пара за турбодетандером, МПа	3,8
Температура пара за турбодетандером, °С	-120
Тип генератора	Асинхронный/Синхронный
Напряжение генератора, В	400/6300 (-5%+10%)
Тип охлаждения генератора	Воздушное, по разомкнутому контуру

Частично сконденсировавшийся в турбодетандере с нагрузочным электрогенератором криогенный теплоноситель (жидкий азот) закачивается насосами в накопительную емкость, находящуюся под давлением.

Отработанный пар криогенного теплоносителя (азот) турбодетандера с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза I каскада подается на турбодетандер с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза II каскада параметрами 3,8 МПа -120 °С.

7.4. Турбодетандер с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза, II каскад

Турбодетандер с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза предназначен для конденсации пара криогенного теплоносителя при совершении работы и снятии энергии.

На турбодетандер с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза II каскада подается отработанный пар криогенного теплоносителя (азот) из турбодетандера с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза I каскада параметрами 3,8 МПа -120 °С.

Основные технические характеристики турбодетандера:

Мощность номинальная (максимальная), кВт	700
Давление пара криогенного теплоносителя на входе, МПа	3,8
Температура пара криогенного теплоносителя на входе, °С	-120
Давление пара за турбодетандером, МПа	1,8
Температура пара за турбодетандером, °С	-160
Тип генератора	Асинхронный/Синхронный
Напряжение генератора, В	400/6300 (-5%+10%)
Тип охлаждения генератора	Воздушное, по разомкнутому контуру

Сконденсировавшийся в турбодетандере с нагрузочным электрогенератором криогенный теплоноситель (жидкий азот) закачивается насосами в накопительную емкость, находящуюся под давлением.

Отработанный пар криогенного теплоносителя (азот) турбодетандера нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза II каскада подается на турбодетандер с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза III каскада параметрами 1,8 МПа -160 °С.

7.5. Теплообменник дополнительный криогенного теплоносителя

Теплообменник криогенного теплоносителя предназначен для понижения температуры пара жидкого азота перед конденсацией в турбодетандере и для необходимого повышения температуры питательного жидкого азота перед подачей в конденсатор (бойлер) водяного паро-конденсатного цикла.

На теплообменник криогенного теплоносителя подается перегретый пар парогенератора криогенного теплоносителя (жидкий азот) параметрами 1,8 МПа - 160 °С.

В качестве охладителя перегретого пара криогенного теплоносителя, азота, используется криогенный теплоноситель, жидкий азот для его необходимого подогрева для подачи в Подогреватель (теплообменник) криогенного теплоносителя (холодильник) геотермального типа.

Основные технические характеристики

Давление пара криогенного теплоносителя, азота, на входе, МПа	1,8
Температура пара криогенного теплоносителя, азота, на входе, °С	- 160
Давление пара криогенного теплоносителя, азота, на выходе, МПа	1,8
Температура пара криогенного теплоносителя, азота, на выходе, °С	-190
Давление криогенного теплоносителя, жидкого азота, на входе, МПа	6,0
Температура криогенного теплоносителя, жидкого азота, на входе, °С	- 205
Давление криогенного теплоносителя, жидкого азота, на выходе, МПа	6,0
Температура криогенного теплоносителя, жидкого азота, на выходе, °С	-175

Перегретый пар азота Теплообменника дополнительного криогенного теплоносителя подается на паровой турбогенератор в качестве тормоза III каскада параметрами 1,8 МПа -190 °С.

Частично нагретый в Теплообменнике дополнительном криогенный теплоноситель (жидкий азот) подается для дальнейшего нагрева в Подогреватель (теплообменник) криогенного теплоносителя (холодильник) геотермального типа.

7.6. Турбодетандер с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза, III каскад

Турбодетандер с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза предназначен для конденсации пара криогенного теплоносителя при снятии энергии.

На турбодетандер с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза III каскада подается отработанный пар криогенного теплоносителя (азот) из турбодетандера с нагрузочным электрогенератором II каскада параметрами 1,8 МПа -190 °С.

Основные технические характеристики турбодетандера:

Мощность номинальная (максимальная), кВт	350
Давление пара криогенного теплоносителя на входе, МПа	1,8
Температура пара криогенного теплоносителя на входе, °С	-190
Давление пара за турбодетандером, МПа	<0,05
Температура пара за турбодетандером, °С	-208
Тип генератора	Асинхронный/Синхронный
Напряжение генератора, В	400/6300 (-5%+10%)
Тип охлаждения генератора	Воздушное, по разомкнутому контуру

Сконденсировавшийся в турбодетандере с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза криогенный теплоноситель (жидкий азот) закачивается насосами в накопительную емкость, находящуюся под давлением.

Отработанный пар криогенного теплоносителя (азот) турбодетандера с нагрузочным электрогенератором в качестве тормоза III каскада подается на установку ожижения остаточного пара криогенного теплоносителя (жидкий азот) параметрами $<0,05$ Мпа -208 °С.

7.7. Установка ожижения остаточного пара криогенного теплоносителя (жидкий азот)

Установка ожижения остаточного пара криогенного теплоносителя (жидкий азот) выполнена на основе воздухо-разделительной установки (ВРУ) малой мощности.

Отработанный пар криогенного теплоносителя (азот) турбодетандера с нагрузочным электрогенератором III каскада подается на компрессор-насос остаточного пара криогенного теплоносителя параметрами $<0,05$ Мпа -208 °С.

Компрессор-насос нагнетает не сконденсировавшийся остаточный пар криогенного теплоносителя (жидкий азот) на каскад турбодетандеров для конденсации при совершении работы и отборе энергии.

Не значительный остаточный пар криогенного теплоносителя (жидкий азот) от каскада турбодетандеров для конденсации подается для удаления из технологического цикла на вакуумный насос остаточного пара криогенного теплоносителя (жидкий азот).

7.8. Воздухо-разделительная установка (ВРУ)

Воздухо-разделительная установка (ВРУ) малой мощности предназначена для выработки из окружающего воздуха требуемого количества и восполнения потерь криогенного теплоносителя (жидкий азот).

Компрессор нагнетает очищенный воздух на каскад турбодетандеров для конденсации при совершении работы и отборе энергии.

Сконденсировавшиеся в турбодетандерах фракции очищенного воздуха закачиваются насосами в накопительные емкости, находящиеся под давлением.

Сконденсировавшаяся в турбодетандерах фракция азота закачивается насосами в накопительные емкости технологического цикла криогенного теплоносителя.

Сконденсировавшиеся в турбодетандерах другие фракции очищенного воздуха (в основном кислород) являются попутными полезными продуктами (или удаляются обратно в атмосферу).

Незначительные остаточные летучие фракции воздуха, не сконденсировавшиеся в турбодетандерах, подаются для удаления из технологического цикла на вакуумный компрессор-насос.

7.9. Накопительные емкости, находящиеся под давлением

Накопительные емкости, находящиеся под давлением, предназначены для накопления хранения, частичного нагрева криогенного теплоносителя (жидкий азот).

В накопительные емкости, находящиеся под давлением, насосами высокого давления закачиваются сконденсировавшиеся фракции криогенного теплоносителя (жидкий азот).

В накопительных емкостях, находящихся под давлением, сконденсировавшиеся фракции криогенного теплоносителя (жидкий азот) путем теплообмена частично нагреваются окружающей средой, получая геотермальную энергию.

Из накопительных емкостей, находящихся под давлением, насосами высокого давления криогенный теплоноситель (жидкий азот) нагнетается в технологический цикл криогенной электрогенерации.

Подаваемый насосами высокого давления криогенный теплоноситель (жидкий азот) из накопительных емкостей, находящихся под давлением, нагревается в Теплообменнике дополнительном криогенного теплоносителя.

7.10. Подогреватель (теплообменник) криогенного теплоносителя (холодильник) геотермального типа

Подогреватель (теплообменник) криогенного теплоносителя (холодильник) предназначен для повышения температуры криогенного теплоносителя (жидкого азота) перед подачей в последующие теплообменники для необходимого повышения температуры питательного жидкого азота перед подачей в конденсатор (бойлер) водяного паро-конденсатного цикла.

В качестве нагревателя криогенного теплоносителя, жидкого азота, используется окружающий воздух, передающий ему геотермальную энергию, генерируя при этом холод.

Основные технические характеристики

Давление криогенного теплоносителя, жидкого азота, на входе, МПа	6,0
Температура криогенного теплоносителя, жидкого азота, на входе, °С	-175
Давление криогенного теплоносителя, жидкого азота, на выходе, МПа	6,0
Температура криогенного теплоносителя, жидкого азота, на выходе, °С	-60

Криогенный теплоноситель, жидкий азот параметрами 6,0 Мпа -60 °С подается на теплообменник криогенного теплоносителя перед дальнейшей подачей в конденсатор (бойлер) водяного паро-конденсатного цикла, замыкая технологический цикл криогенной электрогенерации с генерацией холода.

7.11. Вспомогательные системы

8. Пути дальнейшей модернизации Энергокомплекса, повышения КПД, эффективности, наращивания мощности Энергокомплекса

1. Укомплектовать Энерокомплекс дополнительно МГД-генераторами выходной электрической мощностью 1 МВт постоянного тока.
2. Укомплектовать Энерокомплекс дополнительно преобразователями постоянного тока МГД-генераторов выходной электрической мощностью 1 МВт переменного тока.

3. Укомплектовать Энерокомплекс дополнительно такими же установками криогенной электрогенерации с использованием геотермальной энергии и генерации холода для наращивания мощности электрогенерации и производительности.
4. Укомплектовать Энерокомплекс дополнительно тепличным комплексом, а также комплексом подсобного хозяйства (птица, животноводство) для разгрузки избытка тепловой энергии.

КОНТАКТЫ: kb-ett@rambler.ru +79105203145

Главный конструктор ИП Архипов, КБ-ЭТТ
Николай Иванович Архипов