



## Энергокомплекс мощностью 200 МВт: надежность, экономичность и простота эксплуатации

**А. Г. Романов – ОАО «Доминанта-Энерджи»**

**А. Г. Романов – ОАО «Доминанта-Энерджи»** В этом году завершается строительство ТЭС мощностью 200 МВт в Павшинской пойме (Московская обл., Красногорский р-н).

В состав энергокомплекса входят газовая котельная и электростанция на базе газопоршневых и дизельных агрегатов.

ТЭС обеспечит энергией жилой микрорайон и всесезонный горнолыжный комплекс. В рамках проекта ОАО «Доминанта-Энерджи» осуществляло проектирование, поставку оборудова-

**П**ри реализации проекта использовались передовые инженерные и технологические решения. Новейшее энергетическое и сопутствующее оборудование позволило создать ТЭС, способную работать в параллель с сетью в автоматическом режиме. Выбор и переход режимов осуществляется автоматически. Современная АСУ ТП обеспечивает работу станции без участия персонала, с соблюдением всех требований безопасности.

Наличие двухтопливного генерирующего оборудования и достаточный запас топлива могут обеспечивать бесперебойную работу станции в течение трех суток (что вполне достаточно для устранения всех неисправностей).

Электрическую энергию вырабатывают 6 энергоблоков Cummins – 1370G QMA единичной мощностью 1370 кВт (Великобритания).

Водогрейные котлы Omnibloc DWH-S немецкой фирмы Omnikal работают на двух видах топлива в автоматическом режиме. Современное оборудование химводоподготовки, изготовленное финской фирмой «НуХо Оу», позволит продлить срок службы оборудования и сократить расходы на ремонт.

Разработаны алгоритмы синхронизации с энергосистемой и кратковременная параллельная работа, чтобы исключить бестоковую паузу при плановом переключении потребителей от общей сети на генерирующее оборудование ГПЭС и обратно. Работа энергоблоков в параллель с сетью обеспечивается АСУ Э канадской фирмы Thomson Technology.

Для повышения эффективности ТЭС утилизируется тепло газопоршневых установок. Одной из особенностей инженерных решений проекта является смонтированная для лучшего рассеивания продуктов сгорания дымовая труба высотой 107 м. Это единая пространственная конструкция, состоящая из металлической четырехгранной решетчатой несущей башни и 14 газоотводящих стволов. В нижней части к ним через компенсаторы присоединяются газоходы от котлов и электроагрегатов. Несущая башня дымовой трубы опирается на железобетонный фундамент, крепление к которому осуществляется с помощью анкерных болтов.

## Описание проекта

На территории ТЭС расположены машинный зал ГПЭС, корпус котельной, административный корпус, соединенные друг с другом. Отдельно стоят здания распределительно-трансформаторной (РТП) и комплектной преобразовательной (КПП) подстанций. Также на территории станции размещаются заглубленные резервуары для хранения дизельного топлива.

Здание котельной имеет каркасную конструкцию размерами 54x21 м. Высота до выступающей части несущих конструкций – 8,5 м. На свайных фундаментах залит монолитный ростверк. Колонны корпуса – металлические, наружные стены изготовлены из легковесных панелей и кирпича.

Переplet окон и витражи выполнены из алюминиевых конструкций. Двери во всех помещениях открываются по ходу эвакуации. Полы – наливные, с утеплителем из керамзитовой засыпки. Фасады зданий облицованы вентилируемыми панелями из керамогранита.

## Тепломеханические решения котельной

На ТЭС установлены пять водогрейных котлов Omnibloc DWH-S мощностью по 38 МВт с горелочными устройствами GKP-2000ME финской компании Oilon Oy. Корпус котла – цилиндрической формы, покрыт высокоэффективной изоляцией, обшитой оцинкованным листом.

Система управления обеспечивает розжиг и регулирование теплопроизводительности котла, аварийное отключение. Забор воздуха для горения осуществляется из котельного зала, куда он подается системой принудительной вентиляции. Входные жалюзийные вентиляционные решетки расположены на стене здания. Продукты сгорания отводятся из каждого котла по индивидуальному теплоизолированному дымоходу в дымовую трубу.

Каждый котел оснащен двумя комбинированными горелками. Трехходовая схема газового тракта котла обеспечивает низкий уровень вредных выбросов в дымовых газах. После первоначального сгорания топлива в жаровых трубах, образующих топочную камеру, дымовые газы попадают во внутреннюю (заднюю) дымогарно-огневую камеру. Затем, меняя направление движения на обратное, газы по дымогарным трубам второго хода направляются в переднюю камеру, после чего по трубам третьего хода поступают в экономайзер. Здесь происходит дополнительный нагрев воды за счет тепла уходящих газов, при этом общий КПД котла увеличивается на 3-5 %.

Поступающая в котел вода омывает жаровые и дымогарные трубы, нагревается до заданной температуры и направляется потребителю.

В передней дымогарной камере предусмотрены двери, через которые можно производить техобслуживание и очистку труб.

Горелочные устройства GKP-2000ME – моноблочного типа, с плавным регулированием мощности (диапазон регулирования 4500...22500 кВт). Каждая из 10 горелок снабжена шкафом управления и имеет автоматику безопасности.

На линии подачи газообразного топлива установлены два отсечных клапана, реле давления газа, регулирующая газовая заслонка, устройство контроля герметичности газовых клапанов, отдельный запальник. При недопустимом давлении газа на входе в горелку реле давления газа (макс./мин.) автоматически блокирует и отключает горелку.

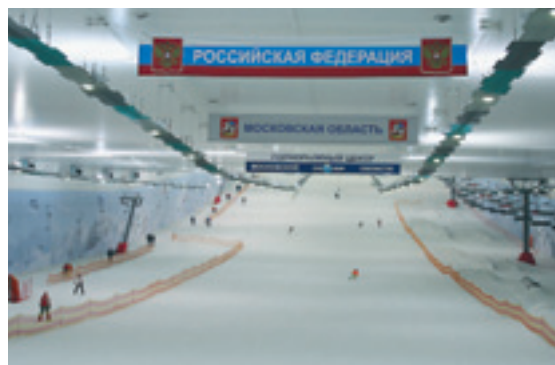
Розжиг производится отдельным запальником. Воздух для горения подается дутьевым вентилятором, расход регулируется заслонкой, снабженной сервоприводом, по оптимальным показателям горения. Контроль пламени в горелке осуществляется с помощью ультрафиолетового датчика и программного реле.

Система топливоподачи оснащена двумя электромагнитными быстродействующими клапанами, топливным насосом, фильтром, регулятором подачи дизельного топлива.

Тепловая схема котельной – двухтрубная, замкнутая. Сетевая вода из котельной подается в магистральные сети на ЦТП и ИТП потребителей. Обратная сетевая вода поступает из магистральных сетей и из машзала ГПЭС, где часть обратной сетевой воды подогревается за счет утилизации тепла энергоустановок.

Мощность котельной регулируется изменением мощности котлов в зависимости от температуры обратной сетевой воды, поступающей в котельную, при неизменном расходе сетевой воды. В зависимости от тепловой нагрузки потребителей изменяется мощность горелок – от максимальной (в зимний период) до полного отключения четырех котлов (летом).

Циркуляцию теплоносителя в сети и в контуре котельной обеспечивают сетевые насосы немецкой фирмы Sulzer – два рабочих и один



## 200 MW power complex: reliability, efficiency and user-friendly operation.

*The construction of 200 MW CHP plant at Pavshinskaya floodplain (Moscow region, Krasnogorsky district) will be finished this year. The power complex will include gas boiler house and the power plant on the base of gas and diesel engines. CHP plant will provide electric and thermal power for the district and ski complex. Under the project Dominanta-Energy JSC fulfilled design works, the supply of the power equipment and supervision.*

*The power plant is based on six Cummins 1379G QMA power units rated at 1370 kW each (Great Britain). Five Omnibloc DWH-S hot water boilers rated at 38 MW each manufactured by German company Omnikal are characterized by dual-fuel operation in automatic mode and are equipped with GKP-2000ME burners by Oilon Oy, Finland. Up-to-date water demineralization equipment (Finland) will help to increase the life time of the power equipment and to decrease repair expenses. The power units equipped with automatic control system by Thomson Technology (Canada) are run in parallel with the power grid.*

⊞ **Всесезонный горнолыжный комплекс в Павшинской пойме (Московская обл.)**

➤ **Водогрейный котел Omniclos DWH-S мощностью 38 МВт производства Omnikal**

➤ **Двухтопливное горелочное устройство GKP-2000ME компании Oilon Oy**



резервный, с частотным регулированием. Температура воды на выходе из котельной поддерживается на требуемом уровне за счет подачи воды из обратного трубопровода.

Часть обратной сетевой воды направляется в систему утилизации тепла ГПА. Нагретая сетевая вода по трубопроводу возвращается в контур котельной. Собственные нужды котельной обеспечиваются за счет отбора сетевой воды. Для заполнения и подпитки контура котельной и тепловых сетей используется водопроводная вода, прошедшая химподготовку.

Очищенная вода поступает в расширительно-накопительные баки, в которых поддерживается заданный уровень. При снижении давления в теплосети автоматически включаются подпиточные насосы, которые при достижении заданного давления выключаются. В пусковом режиме при нагреве сетевой воды в контуре и увеличении ее объема срабатывают клапаны, и часть воды сбрасывается в баки.

Использование системы водоподготовки производительностью 90 м<sup>3</sup>/ч исключает коррозию, отложения накипи и шлама на внутренних поверхностях котлов и тепловых сетей. Система водоподготовки состоит из блоков умягчения воды, удаления растворенного в воде кислорода и корректировки уровня рН, удаления хлора. Управление всеми процессами осуществляется автоматикой ХВП.

Давление исходной воды на входе в котельную должно быть не менее 0,3 МПа. Водоснабжение осуществляется от внутримплощадочной водопроводной сети. В процессе работы котельной основные стоки удаляются из системы водоподготовки после промывки и регенерации в ионно-обменных фильтрах.

Сточные воды от котельной отводятся через внутримплощадочную сеть канализации, подключенную к внешней сети. Для очистки ливневых стоков построен локальный комплекс подземных сооружений «Дамба», обеспечивающей очистку до нормативов сброса в городской коллектор или водоем.

Отопление машзала котельной осуществляется за счет теплоотдачи от оборудования и нагрева воздуха в калориферах системы вентиляции. В помещении зала предусмотрена принудительная приточно-вытяжная вентиляция,

обеспечивающая трехкратный воздухообмен в течение часа, без учета воздуха, подаваемого для горения.

В качестве аварийного топлива в котельной используется дизельное топливо с теплотворной способностью 42,37 МДж/кг. Оно хранится в 16 стальных горизонтальных двустенных резервуарах объемом по 100 м<sup>3</sup>. Вместимость хранилища принята из расчета трехсуточного запаса топлива, необходимого для непрерывной работы водогрейных котлов и ДГУ. Забор дизельного топлива из резервуаров и подачу его в котельную обеспечивает насосная установка, которая находится в котельной.

На вводе топлива в котельную установлен быстродействующий запорный клапан. Блок подачи топлива состоит из двух насосов (рабочий и резервный), топливных фильтров, арматуры и контрольно-измерительных приборов. Давление дизтоплива на выходе из насосов составляет 0,3...0,5 МПа. Из блока подачи топлива поступает в комбинированные горелки.

## Силовое электрооборудование и АСУ котельной

В помещении производственного корпуса установлены понижающие трансформаторы 10/0,4 кВ собственных нужд котельной. Электроснабжение оборудования (380/220 В) осуществляется от двухсекционного шкафа ООМС1. В шкафу электроавтоматики котельной установлено вводно-распределительное устройство с панелью АВР. Потребителями электроэнергии являются электродвигатели насосов, вентиляторов горелок, вентиляционных установок, щиты автоматизации.

Плавный пуск и изменение производительности сетевых насосов, дутьевых вентиляторов и приточных вентиляционных установок осуществляется с помощью частотных преобразователей. Установленная/рабочая электрическая мощность потребителей котельной составляет 3360/2450 кВт.

Все металлические токоведущие части электрооборудования, газового оборудования и газопроводов, металлические части дымовой трубы заземляются с помощью внутреннего контура, подключаемого к общему заземляющему устройству здания.

Котельная оснащена средствами автоматического регулирования, контроля, сигнализации, защиты и блокировок. АСУ включает программируемый контроллер фирмы Siemens, АРМ оператора, распределительный шкаф и шкафы управления котлами, измерительные приборы и датчики. Система обеспечивает штатный и аварийный пуск и останов котла, регулирование теплопроизводительности.

### Технологические решения ГПЭС

Количество электроагрегатов станции определено согласно расчетной мощности потребителей горнолыжного спуска. ДГУ выбиралась исходя из режима продолжительной работы для компенсации набросов нагрузки. Электроэнергию напряжением 0,4 кВ вырабатывают 6 агрегатов Cummins 1370G QMA единичной мощностью 1370 кВт. В случае пропадания основного источника включаются 3 дизель-генератора C1400D5 мощностью по 1000 кВт.

Выработку тепловой энергии в ГПА обеспечивают котлы-утилизаторы и пластинчатые теплообменники высокотемпературного контура системы охлаждения двигателя. Система утилизации тепла ГПА на 100 %-й электрической нагрузке вырабатывает 1530 кВт тепловой энергии (980 кВт от выхлопных газов и 550 кВт от контура охлаждения двигателя).

Котлы-утилизаторы ХПС 500 изготовлены московской компанией «НОЭМИ». Тепловая мощность КУ при заданных условиях – 1200 кВт (запас по мощности), пластинчатых теплообменников М10 (ОАО «Альфа-Лаваль») – по 650 кВт.

### Характеристики оборудования ГПЭС

*Газопоршневая установка 1370G QMA* включает двигатель QSV81-G и генератор P1734E (табл. 1). В двигателе применена камера сгорания открытого типа. В отличие от двигателей с предкамерой температурный режим двигателя менее напряженный, что обеспечивает повышенный срок службы. С учетом невысо-

кого среднего эффективного давления в цилиндре (1,2...1,6 МПа) время наработки до первого капремонта составляет 60 тыс. часов.

Двигатель работает на обедненной газовой смеси при коэффициенте избытка воздуха 1,7. Такой состав смеси позволяет достичь оптимального сочетания низкого уровня NO<sub>x</sub> в выхлопных газах и высокого значения удельной мощности на используемую единицу топлива. Газопоршневые двигатели Cummins могут работать при очень низком давлении газа – от 20 кПа. Таким образом, отпадает необходимость в установке дожимного компрессора.

*Резервный дизель-генератор C1400D5 (табл. 2)* состоит из двигателя KTA50G3 и генератора P1734B1, смонтированных на общей раме. Коленчатый вал двигателя соединен с ротором генератора гибкой виброизолирующей муфтой. Для снижения шума и вибрации двигатель и генератор соединены с рамой электроагрегата с помощью виброизоляторов.

Система охлаждения двигателя включает радиатор, вентилятор, водяной насос и термостат. Вентилятор обеспечивает охлаждение поверхности двигателя и генератора. Кроме того, у генератора имеется собственный охлаждающий вентилятор.

Топливный бак дизель-генератора, оснащенный топливным фильтром, рассчитан на снабжение двигателя топливом в течение 8 часов непрерывной работы агрегата. Для закачки топлива из дополнительных баков в основном баке установлен автоматический топливный насос. Запуск и питание встроенной системы управления и контроля обеспечивают аккумуляторные батареи напряжением 24 В. Для их подзарядки во время работы ДГУ предусмотрен зарядный генератор постоянного тока.

Цифровая система контроля РСС (Power Command Control) осуществляет автоматический запуск и остановку ДГУ, регулирует частоту вращения коленвала двигателя, обеспечивает параллельную работу нескольких установок.

Табл. 1. Характеристики ГПУ 1370G QMA

Мощность, кВт	1370
Частота вращения, об/мин	1500
Количество и расположение цилиндров	16V
Диаметр/ход поршня, мм	180/200
Степень сжатия	12
Расход газа, м <sup>3</sup> /ч	436
Температура выхлопных газов, °С	510
Расход масла на угар, г/кВт·ч	0,5
Уровень эмиссии NO <sub>x</sub> , мг/м <sup>3</sup>	350
Ресурс до переборки/капремонта, тыс. ч	30/60

Табл. 2. Характеристики ДГУ C1400D5

Мощность, кВт	1000
Частота вращения, об/мин	1500
Количество и расположение цилиндров	16V
Диаметр/ход поршня, мм	159/159
Степень сжатия	13,9
Расход топлива, л/ч	247,8
Расход масла на угар, г/кВт·ч	0,4
Уровень эмиссии NO <sub>x</sub> , мг/м <sup>3</sup>	500
Напряжение, В	400

Автоматизированная система управления ГПЭС (АСУ ТП) осуществляет:

- пуск и останов технологического оборудования;
- оптимальное управление нагрузкой основного и вспомогательного оборудования ГПЭС в основном и аварийных режимах;
- пуск (останов) ДГУ при аварии ГПА или при изменении мощности потребителей;
- защиту персонала и оборудования при аварийных ситуациях.

Система предоставляет оператору необходимую информацию о работе оборудования, архивирует данные, обеспечивает подготовку и вывод на печать протоколов и другой информации. АСУ ТП повышает надежность и безопасность работы компонентов, прогнозируя и предотвращая аварийные ситуации, снижая вероятность ошибочных действий. Предусмотрена возможность параллельной работы ГПА с энергосистемой, включая синхронизацию.

### Технологические системы

Внешняя система маслоснабжения обеспечивает подачу масла в расходный маслобак каждого энергоблока, размещенного рядом с установкой, и отвод от двигателя отработанного масла.

Теплоносителем первичного контура системы утилизации тепла ГПА является антифриз, циркулирующий в системе высокотемпературного контура охлаждения двигателя, а также выхлопные газы, проходящие по межтрубному пространству котла-утилизатора. Теплоносителем вторичного контура является вода, которая отбирает тепло от первичного контура и поступает в котельную. Вторичные контуры системы утилизации тепла генераторных установок объединены в общие коллекторы – подающий и обратный.

Отработанные дымовые газы двигателей отводятся при помощи системы выхлопа. В ее состав входит турбокомпрессор (с охлаждением центральной секции); датчики температуры, установленные на выхлопном коллекторе и на выходе турбокомпрессора и соединенные с блоком контроля температуры; выхлопной трубопровод; КУ; глушитель; дымовая труба.

Выхлопной трубопровод выполнен герметичным, чтобы предотвратить попадание газов в машинный зал, и снабжен компенсаторами теплового расширения.

Система вентиляции подает воздух для горения в двигатели и отводит тепло агрегата за пределы машинного зала, а также осуще-

ствляет воздухообмен в помещении зала по сигналам системы контроля загазованности.

Проектом предусмотрено дежурное отопление в машинном зале при неработающих ГПА и ДГУ. Система отопления зала – водяная, двухтрубная, с применением чугунных секционных радиаторов. В здании ГПЭС дополнительно установлены воздушные отопительные агрегаты (для выполнения ремонтных работ). Регулирование температуры обеспечивается клапанами с датчиками температуры.

### Размещение технологического оборудования

В машинном зале ГПЭС площадью 756 м<sup>2</sup> размещается основное технологическое оборудование ГПА, панели управления GCP, КУ, теплообменники, маслобаки, ДГУ, бак дизельного топлива. В помещении электрощитовой установлено низковольтное коммутационное электротехническое оборудование. В отдельном помещении размещаются трансформаторы собственных нужд ГПЭС и котельной.

Для перекачки моторного масла из тарных емкостей в расходные масляные баки ГПА и ДГУ предусмотрено помещение насосной. В помещении газораспределительного пункта (ГРП) установлено вводное газорегуляторное устройство для обеспечения газовым топливом электроагрегатов и котлов.

В операторной площадью 65 м<sup>2</sup> размещается центральный пульт управления с АРМ операторов, а также дистанционная аппаратура системы автоматического пожаротушения, охранно-пожарной сигнализации и контроля загазованности.

Рядом с котельной, на технологической площадке, на специальных металлоконструкциях установлено 6 блоков воздушного охлаждения ГПА (сухие градирни), обеспечивающих отвод тепла из системы охлаждения двигателя при неработающей системе утилизации тепла ГПА. В отдельно стоящем здании распределительно-трансформаторной подстанции (РТП) размещены 6 силовых трансформаторов 0,4/10,5 кВ и высоковольтные ячейки 10,5 кВ.

Газоснабжение котельной и ГПЭС осуществляется от ГРП, оборудованного байпасной линией для бесперебойной работы. Топливный газ перед подачей на станцию дросселируется и фильтруется. Суммарный расход газа для ГПЭС составляет 2328 м<sup>3</sup>/ч, для котельной – 20500 м<sup>3</sup>/ч.

### Алгоритмы работы электротехнического оборудования ГПЭС

В результате расчета электрических нагрузок потребителей было определено, что актив-

Газопоршневой энергоблок 1370G QMA мощностью 1370 кВт





С Дизель-генератор С1400D5 со шкафами управления

С Газораспределительный пункт ТЭС

ная мощность потребителей I категории составляет 1478,85 кВт, II категории – 1148,65 кВт, III категории – 104,73 кВт (общая активная мощность 2732,23 кВт). Для обеспечения надежности электроснабжения потребители III категории отключаются по дискретному сигналу.

Проектом предусмотрена работа электро-технического оборудования ГПЭС в основных режимах №№ 1 и 2. При работе в составе локальной сети максимальная выдаваемая мощность потребителям горнолыжного комплекса составляет 4117,67 кВт, при параллельной работе с сетью – 6200 кВт. В этом случае дефицит электрической мощности компенсируется за счет мощности от энергосистемы, которая не превышает 3500 кВт. В режиме №1 при работе всех установок потребляемая мощность от сети составляет 1534 кВт, в режиме №2 – в сеть выдается мощность 1882,5 кВт.

### Электротехническое оборудование котельной

Мощность трансформаторов собственных нужд выбрана из расчета электрических нагрузок потребителей ГПЭС и производственного корпуса, а также выдачи в аварийных режимах электропитания от ДГУ для котельной через шины РУ-10,5 кВ РТП.

НКУ станции предназначено для приема электроэнергии в нормальном режиме работы от трансформаторов собственных нужд, в аварийном – от ДГУ и распределения ее между всеми потребителями.

Сеть электроснабжения напряжением 0,4 кВ принята с глухозаземленной нейтралью, сеть 10,5 кВ – с изолированной нейтралью. Прокладка силовых кабелей выполнена в закрытых кабельных каналах, в стальных и пластмассовых кабельных коробах, в лотках, трубах и металлорукавах.

В отдельном здании РТП расположены трансформаторы 0,4/10,5 кВ, распределительное устройство 10,5 кВ (РУ-10,5 кВ), распределительная подстанция 10,5 кВ (РП-10,5 кВ). Подстанция предназначена для приема энергии, вырабатываемой энергокомплексом, повышения напряжения до 10,5 кВ и распределения энергии, получаемой от ГПЭС и внешней энергосистемы напряжением 10,5 кВ.

### Система пожарной безопасности ТЭС

В машзале ГПЭС смонтирована автоматическая установка порошкового пожаротушения, помещение котельной защищается внутренним противопожарным водопроводом. Контроль загазованности помещений машинного зала ГПЭС и котельной осуществляется с помощью газоанализаторов.

Блоки датчиков предельно допустимых концентраций (ПДК) угарного газа устанавливаются у каждого агрегата и дизель-генератора, а также в корпусе котельной. Кроме того, возле каждого ГПА установлены блоки датчиков взрывоопасных концентраций горючих газов. Контроль загазованности помещения подстанции обеспечивает блок сигнализации и питания с цифровой индикацией, установленный в операторной.

Наружное противопожарное водоснабжение обеспечивается от пожарных гидрантов, расположенных на территории ТЭС. В здании котельной предусмотрена система внутреннего противопожарного водопровода.

### Надежное энергоснабжение – главная задача проекта

На станции предусмотрены мероприятия, обеспечивающие безопасную и надежную эксплуатацию. Благодаря использованию современного высокотехнологичного оборудования достигнут высокий уровень надежности и безопасности работы всех систем ТЭС, увеличится срок эксплуатации технологического (в первую очередь, электротехнического и тепломеханического) оборудования.

Современные системы АСУ ТП позволяют прогнозировать и предотвращать возникновение аварийных ситуаций. Стало возможным сокращение сроков и затрат на ремонтные работы. Сведена до минимума вероятность ошибочных действий оперативного персонала и связанного с этим ущерба.

В ходе реализации проекта компания «Доминанта-Энерджи» выполнила проектирование ТЭС, подбор и поставку оборудования, а также осуществила авторский надзор. Современный горнолыжный комплекс и жилая застройка района Павшинской поймы надежно обеспечены тепловой и электрической энергией. **ТД**