

# Шахтный метан – топливо для газопоршневой электростанции



**In brief**  
*Coal-bed methane is the fuel for gas engine power plants.*

*Intma Group of Companies commissioned GE Energy Jenbacher gas engines JGC 420 with total output of 1.4 MW in Kazakhstan. It is the first power plant of this type in the country. It was installed on the site of Arselor-Mittal Temirtau coal mine. The main fuel for the station is coal-bed methane. The general designer of the project is Promelektronika-K, Ltd. (affiliate of Intma Group of Companies).*

*The company also supplied main power equipment of the station and carried out all civil and commissioning works. The station operates in parallel with main power grid.*

*ArselorMittal Temirtau company plans to widely use gas engine plants for coal-bed methane utilization.*

**Д. В. Глушич, А. С. Горбачев – ЗАО «Интма»**  
**С. К. Баймухаметов, д.т.н. – АО «АрселорМиттал Темиртау»**  
**А. А. Пономарев, И. А. Симиныко – ТОО «Промэлектроника-К»**  
**Д. А. Капралов – ООО «Турбомашины»**

**Группа компаний «Интма» запустила первую в Казахстане газопоршневую электростанцию производства GE Energy Jenbacher gas engines – JGC 420 мощностью 1,4 МВт, которая работает на шахтном метане действующей шахты АО «АрселорМиттал Темиртау».**

## Утилизация шахтного метана

Одной из главных экологических задач для Казахстана является снижение выброса парниковых газов, источником которых является, в том числе, и угольный метан, имеющий колоссальный потенциал парникового эффекта. В соответствии с Киотским протоколом Казахстан принял на себя обязательства по снижению выбросов в атмосферу парниковых газов, и утилизация шахтного метана становится в связи с этим приоритетным направлением.

Впервые в истории Казахстана опасный газ – метан, сопутствующий добыче угля при разработке шахт, стал использоваться для выработки электроэнергии и обеспечения потребностей в ней самой шахты. Помимо этого, газопоршневая электростанция JGC 420, утилизируя шахтный газ, вносит ощутимый вклад в решение экологических задач. ГПЭС позволит сократить ежегодные выбросы CO<sub>2</sub> в объеме 55 000 тонн.

При комплексной поэтапной эксплуатации газоносных угольных месторождений метан становится ценным полезным ископаемым, подлежащим промышленной добыче или попутному извлечению в шахтах. Масштабы ресурсов метана в недрах осваиваемых и перспективных угольных бассейнов соизмеримы с ресурсами газа традиционных мировых месторождений.

Работы на шахте им. Ленина в Карагандинском угольном бассейне, где скважины по извлечению метана из особо опасного мощного пласта Д6 эксплуатируются более восьми лет, доказывают экономическую состоятельность заблаговременной подготовки к промышленной разработке угольных пластов. За этот период из 14 скважин извлечено более 18 млн м<sup>3</sup> 100 %-го метана, что позволило снизить газоносность пласта на 6...9 м<sup>3</sup>/т. Извлечение газа продолжается, ряд скважин в настоящее время имеет дебит более 2 м<sup>3</sup>/мин.

## Реализация проекта

Генеральным проектировщиком электростанции на шахте им. Ленина выступило ТОО «Промэлектроника-К» (дочерняя фирма Группы компаний «Интма»), которое поставило также основное генерирующее оборудование и выполнило пусконаладочные работы. Проект прошел необходимые процедуры согласования на соответствие нормам безопасности и получил положительное заключение регулирующих органов в соответствии с законодательством Республики Казахстан.

Системы внешнего газоснабжения и подготовки газа были спроектированы подразделением компании «АрселорМиттал Темиртау».

Строительно-монтажные работы в целом по объекту также выполнялись силами заказчика. Сборка и подготовка контейнерной установки к запуску, пусконаладочные работы осуществлялись совместно со специалистами компаний «Интма» и «Промэлектроника-К». Благодаря квалифицированным действиям инженеров-наладчиков и активной поддержке руководства шахты, сборка и подготовка ГПЭС к запуску были выполнены за неделю, пусконаладочные работы – за три дня. Электростанция была введена при рабочем диапазоне концентраций метана 43–53 % и вышла на номинальную мощность 1413 кВт, полностью подтвердив заявленные технические параметры.

Источником топлива ГПЭС является модульная дегазационная ротационная станция МДРС-180 (Pro-2), использующая ротационные насосы для извлечения шахтного газа с концентрацией метана 40–55 %. После системы газоподготовки этот газ с избыточным давлением 15 кПа поступает в качестве топлива непосредственно в ГПЭС. Специальная версия двигателя В105 электростанции JGC 420 (GE Jenbacher) адаптирована для работы на шахтном газе с низкой концентрацией метана (минимальная концентрация 25 %). Применение системы управления Leapox обеспечивает стабильную работу двигателя при низких и изменяющихся концентрациях метана в топливном газе. Проектная мощность энергоустановки, исходя из технического регламента эксплуатации, – 1413 МВт, расход газа при этом составляет 564 м<sup>3</sup>/ч.

Подключение электростанции к энергосистеме осуществляется через комплектную трансформаторную подстанцию (КТПН) 0,4/6,3-2500 и высоковольтную линию электропередачи 6 кВ. Точка подключения – ячейка РУ-6 кВ подстанции «Олимпийская». Для осуществления параллельной работы генератора с сетью используется система точной син-

хронизации. Подключение происходит при нулевой мощности, с постепенным ее наращиванием. ГПЭС выходит на полную мощность в течение 3 минут (0,5 % в секунду) после синхронизации и подключения к сети. В штатном режиме электростанция работает круглосуточно, с номинальной нагрузкой, параллельно с сетью.

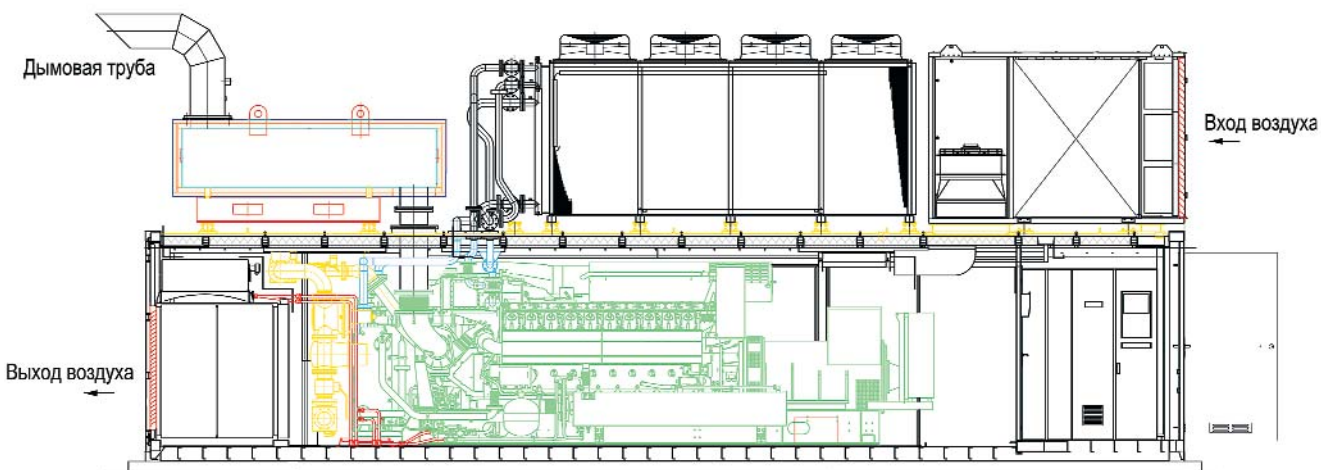
Ежемесячная потребность шахты им. Ленина в электроэнергии составляет в среднем 5500 МВт·ч. Электростанция JGC 420 способна вырабатывать в месяц и передавать в сеть до 1000 МВт·ч, что позволяет снизить стоимость электроэнергии, потребляемой шахтой, в среднем на 15–17 %. Таким образом, ЗАО «Интма» полностью выполнило обязательства перед одним из ключевых заказчиков – компанией «АрселорМиттал Темиртау», принадлежащей группе ArcelorMittal.

Учитывая новизну проекта и его социальную значимость для Казахстана, работы велись в тесной международной кооперации под контролем специалистов лондонского офиса ArcelorMittal, с привлечением консалтинговой фирмы HEL-East Ltd., имеющей богатый опыт применения электростанций GE Jenbacher на шахтном газе в Великобритании и других странах. Тесная кооперация ТОО «Промэлектроника-К» с компанией GE Jenbacher также способствовала успешной реализации проекта.

### Работа энергоблока

Метановоздушная смесь при помощи ротационных насосов дегазационной станции МДРС-180 (Pro-2), установленной на территории ВНС «Степная», извлекается из выработанного пространства угольных пластов через дегазационные скважины. Затем газ, проходя через систему газоподготовки, где происходит его очистка от механических примесей и осушка, по газопроводу подается на входные фланцы газопоршневой установки.

Конструкция ГПЭС JGC 420





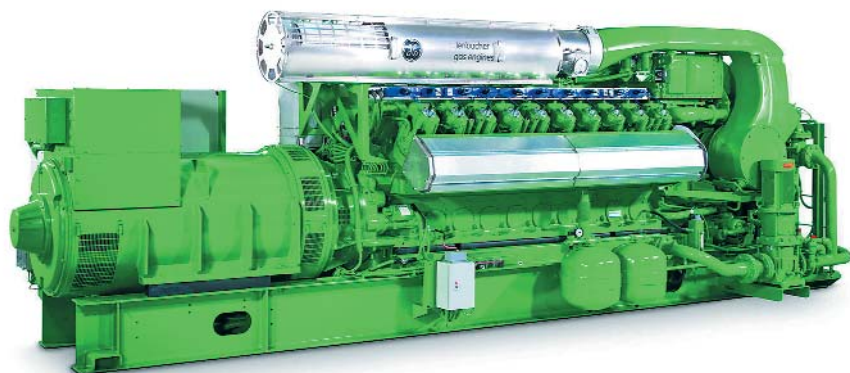


↻ **Метан от системы дегазации пластов поступает на ГПЭС по трубопроводу**

Скважины, пробуренные с поверхности в выработанное пространство, дают относительно высокую концентрацию метана с достаточным объемом газа для ВНС. В перспективе будут обрабатываться другие пласты для дегазации шахты (Д6, Д10), поэтому метана необходимой концентрации будет достаточно для выработки электроэнергии. Из газопровода после газовой рампы топливный газ поступает в газосмеситель двигателя, где перемешивается с воздухом и подается в турбоагрегат. Воздух в газосмеситель поступает через фильтр со сменными фильтрующими патронами.

Газопоршневая установка оснащена системой управления DIA.NE с интуитивно понятным графическим интерфейсом. Система отображает данные о текущем состоянии основных узлов установки, а также архивные данные о параметрах процесса, обеспечивает запуск и остановку агрегата в зависимости от нагрузки. Управление процессом горения позволяет организовать устойчивую работу оборудования. Жидкокристаллический дисплей системы управления расположен на лицевой панели шкафа управления.

↻ **Газопоршневой энергоблок JGC 420**



Выбросы вредных веществ с отработанными газами соответствуют нормам европейских стандартов и ГОСТ Р 51249-99. Устройство предупреждения загазованности постоянно контролирует циркуляционный воздух в машинном помещении, не допуская взрывоопасной концентрации газов. Предупреждение о задымлении обеспечивает устройство, оснащенное оптической и электронной системой. Для снижения уровня шума поток выхлопных газов проводится через шумоглушитель, установленный на крыше контейнера. Через встроенную в него выхлопную трубу газы выбрасываются в атмосферу.

Конструктивно электростанция представляет собой блок из одного модуля. Контейнер заводского изготовления с вмонтированным технологическим оборудованием имеет габариты 12,2х3,0х2,6 м. Проект обвязки ГПЭС внутри контейнера, а также размещение оборудования на крыше контейнера выполнены компанией GE Jenbacher. Сборка технологических элементов электростанции проводилась на объекте.

В блоке расположен газопоршневый двигатель J420 B105 и генератор, соединенные между собой фланцами в единый агрегат. Он установлен на станину через эластичные прокладки (Silomer), благодаря чему и без того незначительные колебания двигателя и генератора изолируются от станины агрегата. В технологических блоках расположены шкафы управления, газовая рампа, маслохозяйство, система вентиляции, система технологических трубопроводов с запорно-регулирующей арматурой, системы защиты и автоматики.

На внешних поверхностях энергоблока расположены закрытые градирни системы охлаждения двигателя и системы поддержания температуры газовоздушной смеси, шумоглушитель выхлопных газов, лестницы и ограждение.

Сопряжение вала двигателя и генератора осуществляется упругой муфтой. Таким образом, механическая энергия газового двигателя через генератор преобразуется в электрическую. Для поддержания рабочей температуры в двигателе охлаждающая жидкость, заполняющая водяную рубашку, по трубопроводам с помощью насосов циркулирует через аппарат воздушного охлаждения (АВО), установленный на крыше контейнера. Он представляет собой теплообменник с осевыми вентиляторами и элементами автоматики. Для поддержания температуры воздуха в помещении энергоблока установлена система приточной вентиляции.

В отсеке управления контейнера расположен силовой шкаф 0,4 кВ и шкафы управления вспомогательными системами с зарядным устройством аккумуляторной батареи.

Двигатель J420 – высокоскоростной, 4-тактный, 20-цилиндровый, с электроискровым зажиганием. Применяемая технология сжигания обедненной топливной смеси позволяет уменьшить содержание вредных веществ в выхлопных газах. Двигатель оснащен современной бесконтактной системой зажигания с электронным управлением и регулируемым временем воспламенения. Электронная система регулирования числа оборотов доводит их до заданного значения, обеспечивая постоянную частоту вращения независимо от нагрузки генератора.

Смазка двигателя производится от единого масляного контура, предназначенного как для смазки движущихся деталей, так и для охлаждения поршней. Механический насос забирает масло из масляной ванны и через систему охлаждения и очищающие фильтры подает его к местам смазки, а также к форсункам охлаждения поршней двигателя. Смазка турбокомпрессора осуществляется от системы смазки двигателя через наружный трубопровод. Заправочный объем масла в двигателе – 437 литров.

В контейнере агрегата также размещаются два расходных масляных бака (свежего и рабочего масла) по 300 л, из которых автоматически пополняется уровень масла в двигателе в процессе его работы. Расход масла составляет примерно 0,3 г/кВт·ч.

Замкнутая система жидкостного охлаждения предназначена для отвода тепла от масляного теплообменника, блока цилиндров двигателя, газосмесительной камеры и турбокомпрессора, который охлаждается тем же потоком жидкости, что и блок цилиндров. Смазочное масло охлаждается в пластинчатом теплообменнике (масло – вода), установленном на двигателе. В качестве охлаждающей жидкости используется смесь воды и антифриза.

Генератор Stamford PE 734 E2 производства Cummins Generator Technologies состоит из основного генератора, возбуждателя и регуляторов напряжения, которые питаются от дополнительных обмоток на статоре.

Электростанция синхронизирована с энергосистемой – это позволяет эксплуатировать ее в постоянном режиме на номинальной мощности. Компания GE Jenbacher поставляет полностью укомплектованную электростанцию с высоким уровнем автоматизации. Система управления энергоустановкой и программное обеспечение координируют важнейшие параметры ГПЭС – частоту вращения, мощность, состав топливной смеси, контроль процесса горения.

Для непрерывного мониторинга состояния всех систем энергоустановки в помещениях ВНС «Степная» и диспетчерской шахты организованы автоматизированные рабочие места



(АРМ) операторов. Использование программы DIA.NE WIN позволяет выводить на экран монитора АРМ все необходимые параметры и показатели технологического процесса в цифровом и графическом представлении с изображением мнемосхем технологического оборудования.

Таким образом, автоматизированная система управления обеспечивает оперативно-диспетчерский и административно-технический персонал предприятия объективной, достоверной информацией по электрическим и тепломеханическим параметрам оборудования станции.

Для управления и контроля состояния ГПЭС, проведения планового технического обслуживания и текущего ремонта установки достаточно двух-трех операторов-технологов, прошедших обучение по программе Jenbacher и получивших соответствующий сертификат завода-изготовителя.

## Заключение

Положительный опыт использования ГПЭС на шахте им. Ленина АО «АрселорМиттал Темиртау» имеет большое значение для угледобывающей отрасли Казахстана. Компания планирует широко применять газопоршневые установки для утилизации шахтного метана. Это позволит значительно обезопасить труд шахтеров, улучшить экологию и повысить рентабельность добычи угля.

Для Группы компаний «Интма» это уже не первый проект на угольном метане. В феврале 2010 года газопоршневая электростанция JGC 320 мощностью 1 МВт, работающая на метане угольных пластов, была введена в эксплуатацию в Кузбассе. **Д**

**Пусконаладочные работы на энергоблоке**