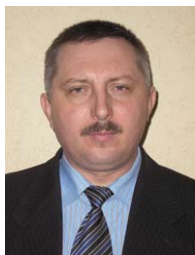


УДК 622.831.325.3.004.82 (430)

Опыт внедрения и эксплуатации мобильных ТЭС, работающих на шахтном метане



Дипл. инженер **К. Бакхаус**, Государственный институт экологии, безопасности и новых видов энергии UMSICHT, Оберхаузен, www.Atec.de, д-р эконом. наук **В. А. Безпфлюг**, «Демета ГмБХ», www.Demeta.net, дипл. горный инженер **Е. В. Мазаник**, ОАО «СУЭК-Кузбасс», www.SUEK.ru, дипл. инженер **С. Хоппе**, Pro2 Anlagentechnik GmbH, Виллих, www.Pro2.com

Глобальные негативные изменения климата актуализируют необходимость утилизации шахтного метана, а реализация международных механизмов по эмиссионной торговле (Киотский протокол, добровольные сертификаты) создает экономические предпосылки для эффективной выработки электрической и тепловой энергии из парниковых газов.

Успешный опыт массового внедрения мобильных ТЭС (рис. 1) на шахтном газе в Германии показал их преимущество по сравнению со стационарными ТЭС. Широкое внедрение мобильных ТЭС объясняется следующими основными условиями утилизации:

- срок службы ТЭС может быть больше остаточного срока работы шахт;
- выделение метана на отдельной шахте имеет большие длительные колебания по объему и качеству, а стоимость ТЭС относительно большая [1, 2], поэтому мощность устанавливаемых стационарных ТЭС определяется по минимальному стабильному дебиту с концентрацией более 30 (25) %;
- мобильные КТЭС¹ до 2 МВт электроэнергии с моторами без форкамеры не требуют наличия природного газа для запуска.

В Германии каждая пятая из 160 мобильных ТЭС в течение года переносится с одной шахты на другую из-за изменения объема дегазируемого метана на шахте. Кроме того, горные работы постоянно удаляются от центральной промплощадки шахты и, в связи с этим, усложняется условия транспортировка газа. В подобной ситуации может быть выгоднее располагать ТЭС в районе ведения очистных работ с подводом газа через скважины, пробуренные с поверхности.

Изменчивый объем газовой смеси, большие колебания концентрации метана, большая влажность и загрязненность газовой смеси, наличие примесей в виде калия и магния, низкие температуры зимой требуют в странах СНГ особых мероприятий по газоподготовке, консервации, монтажу и эксплуатации ТЭС с поршневыми газовыми двигателями.

К таким мероприятиям следует отнести:

- установку достаточного количества влагоотделителей с учетом расположения вентилей и измерительных диафрагм;
- наклон трубопроводов в сторону сепараторов;
- использование тепла моторов для сушки газа;
- внедрение дегазационных станций с ротационными (сухими) компрессорами, вместо водокольцевых насосов;
- оборудование станций теплообогревателями на случаи перемонтажа и консервации;
- постоянный дистанционный контроль за работой ТЭС и качеством газа;
- выполнение дополнительного объема технического обслуживания ТЭС.

1 Контейнерные газопоршневые электростанции – ред.

Обобщен опыт внедрения газопоршневых электростанций в Германии и в странах СНГ, даются предложения по комплектации ТЭС и газоподготовке. Эффективность работы ТЭС рассматривается совместно с реализацией эмиссионных проектов по парниковым газам (ПСО). Особо указывается на успешный опыт массового внедрения мобильных ТЭС на шахтном газе в Германии с данными экономической эффективности, который показывает их преимущество по сравнению со стационарными ТЭС. Приведены, в частности, некоторые показатели из опыта эксплуатации КТЭС на шахтах России и Украины.

К организационно-управленческим трудностям, как в Германии, других западных государствах, так и в странах СНГ, следует отнести и то, что большинство руководителей на уровне шахт и угольных компаний рассматривают утилизацию метана как дополнительную нагрузку. При этом отсутствует достаточная ответственность специалистов за обеспечение ТЭС стабильной качественной газовой смесью. Недооценка названных трудностей привела к тому, что три из четырех контейнерных газопоршневых электростанций, поставленных во второй половине 1990-х годов в Россию и в 2002 г. на Украину, так и не введены в работу, а 4-я станция, проработав около 600 ч на шахте «Чертинская» в Кузбассе, вышла из строя. Данные станции были поставлены фирмой «Катерпиллар» за счет международных и государственных программ. Неудачно закончился эксперимент в начале 2000-х годов и с российской КТЭС в Кузбассе.

На основе немецкого опыта относительно более успешно внедрение идет с 2008 – 2009 гг.

КТЭС на шахте им С.М. Кирова в ОАО СУЭК-Кузбасс и на шахтах «22 Коммунарская» и «Щегловская-Глубокая» шахтоуправления «Донбасс», Украина. На октябрь 2009 г. в странах СНГ только данные пять мобильных когенерационных станций на шахтном газе находились в работе или готовились к пуску. Поставка станций производилась консорциумом немецких фирм «А-ТЕС Анлагентехник ГмБХ», «Демета ГмБХ», «Pro2 Анлагентехник ГмБХ», совместных предприятий «Эко-Альянс» на Украине и ООО «Новая энергетика» в Кузбассе, эмиссионных фирм «Эмиссионс-Традер ЕТ ГмБХ» и «Карбон ТФ Б.В.», а также с участием специалистов по шахтному метану из Государственного института экологии, безопасности и новых видов энергии UMSICHT, Оберхаузен. Все названные участники консорциума принимают участие в НИОКР Европейского Сообщества – 3-х летняя программа по совершенствованию технологий утилизации шахтного метана, в НИОКР участвуют фирмы шести стран Европы.

Совместная деятельность названных фирм и специалистов шахт позволила включить все КТЭС в эмиссионные проекты совместного осуществления (ПСО)², что увеличивает более чем в два раза

2 Проекты совместного осуществления (ПСО) – это система, при которой страна, взявшая на себя строгие обязательства по сокращению эмиссий, или компания из этой страны делает

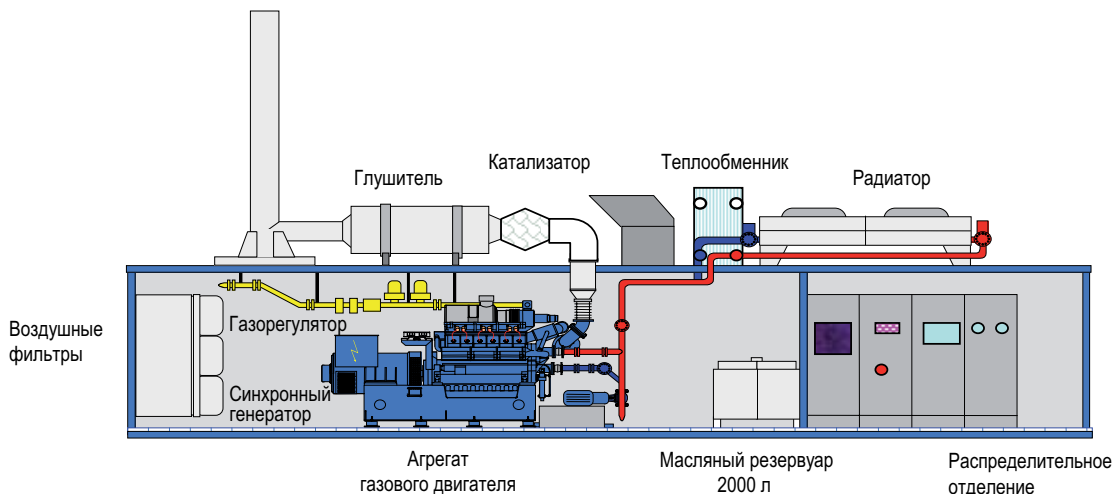


Рис. 1. Схема устройства мобильной контейнерной газопоршневой ТЭС

эффективность работы каждой КТЭС, в зависимости от цены сертификатов единиц сокращения выбросов (ЕСВ) на мировых рынках. По каждому шахтному проекту все эмиссионные документы подготовлены согласно международным требованиям. КТЭС оснащены дополнительными измерительными приборами и системами сбора, хранения и передачи данных; для каждой КТЭС разработаны мероприятия по газоподготовке (рис. 2).

Вырабатываемая электроэнергия передается в общую сеть через повышающие трансформаторы 0,4/6,0 кВ. В Германии по результатам различных экспериментов с середины 1990-х годов пришли к заключению, что при утилизации шахтного газа наиболее целесообразным являются КТЭС с генераторами на 400 В с повышающим трансформатором. Именно в такой комбинации изготовлены более 160 КТЭС. Обоснование этому следующее:

- электрооборудованию самой КТЭС необходимо напряжение 400 В;
- принципиальная однотипность подключения всех КТЭС, что особенно важно при утилизации шахтного газа, когда каждая пятая КТЭС в течение года переставляется на другие стволы, шахты или продается, докупается;
- генераторы на 400 В являются самыми распространенными, соответственно и преимущества в сроках изготовления, ремонте и стоимости;
- синхронизацию на 400 В выполнить легче, чем на 6 кВ.

Дополнительные затраты шахт, обусловленные КТЭС с генераторами с повышенным напряжением

инвестиции в программы, позволяющие сократить эмиссии в другой стране. См. Углеродный рынок России и ПСО. — <http://www.ji-com.com/ru/jicommette/carbonmarketofrussia/>

(6 кВ, 10 кВ), составляют от 100 000 до 300 000 евро на станцию, в зависимости от количества КТЭС в группе, работающих с дополнительным оборудованием по защите от перегрузок и скачков напряжения, а также с общими заземлением, включателями, системами охлаждения. Так в Германии стоимость только 10 м кабеля, необходимого для подключения к сети, достигает примерно 10 000 € при 400 В, а при 6 кВ — 50 000 €. Принципиальная схема подключения КТЭС представлена на рис. 3.

Основные преимущества поставок КТЭС консорциумом заключаются в следующем.

- Наименьшие сроки изготовления: 3 – 5 месяцев (благодаря большому объему заказов и запчастей на заводе изготовителя Pro2).
- Наличие положительного опыта работы КТЭС на шахтном газе в Германии и в странах СНГ (Госинститут UMSICHT и фирма А-ТЕС являются инициаторами разработки и внедрения КТЭС на шахтном газе в Германии, а фирма Pro2 изготовила и осуществляет сервисное обслуживание большинства данных установок).
- Обеспечение устойчивой работы КТЭС с шахтным газом при температуре ниже минус 40 °С (влажготделение, сушка, поставка дегазационных станций с ротационными компрессорами).
- Дополнительное оборудование КТЭС средствами газоподготовки.
- Наличие в Кузбассе, в Донбассе и в Караганде сервисных фирм с опытом обслуживания установок на шахтном газе.
- Наличие опыта мониторинга и учета сокращений выбросов CO₂ согласно действующим международным требованиям (Киотский протокол, ПСО).

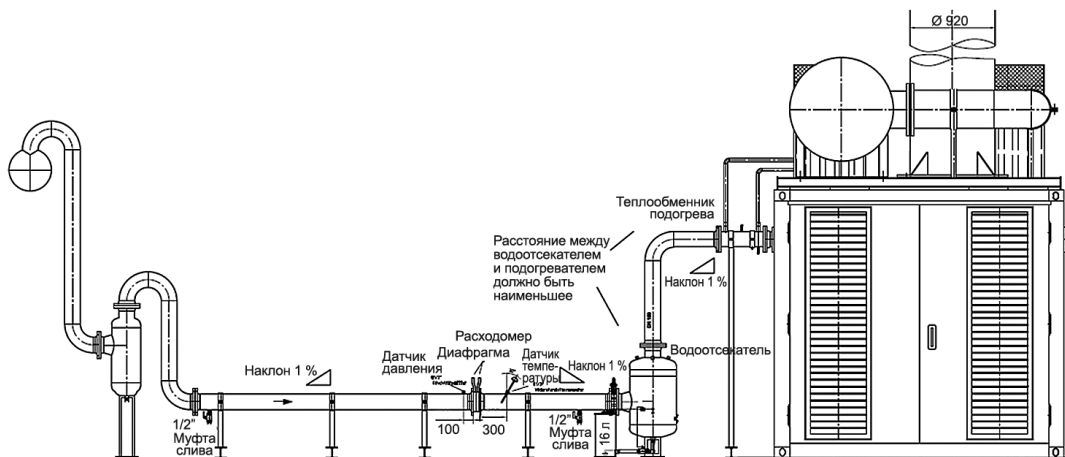


Рис. 2. Принципиальная схема подвода шахтной газовой смеси к КТЭС, расположение влажготсекателей, теплообменников, измерительных приборов

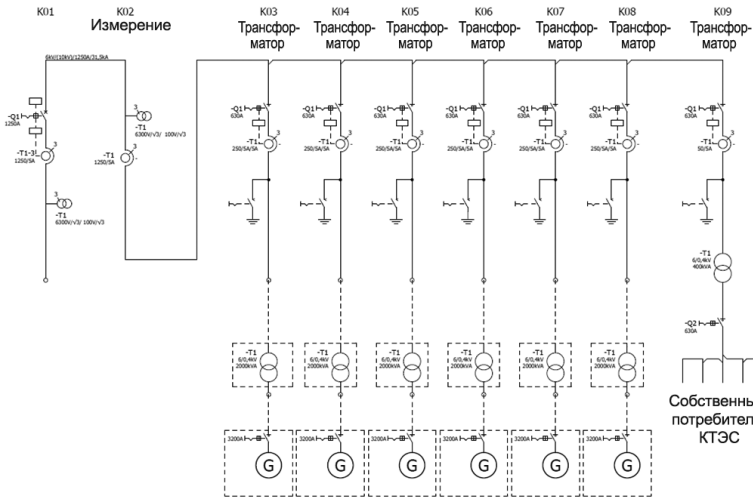


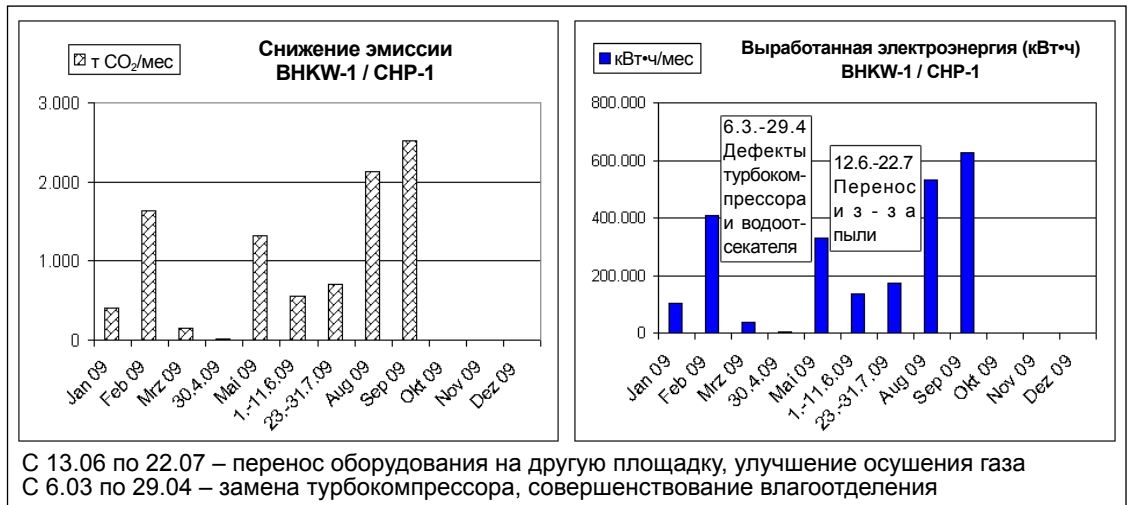
Рис. 3. Принципиальная схема подключения КТЭС с генератором на 400 В к общей электросети в 4, 6, 10 кВ и более

- Дополнительное оборудование КТЭС средствами для проведения мониторинга и учета сокращений выбросов CO₂ согласно действующим международным требованиям (Киотский протокол, ПСО).
 - Дополнительное оборудование КТЭС средствами для сбора, хранения и передачи данных, дистанционной беспроводной связи через Интернет.
 - Наличие разрешения на эксплуатацию КТЭС на шахтных полях угольных предприятий в России и на Украине;
 - Знание международного опыта по работе КТЭС на шахтном газе, проведение периодических исследований по передовому международному опыту (Государственный институт экологии, безопасности и новых видов энергии UMSICHT, Оберхаузен; финансирование от ЕС).
- Другими словами предлагается комплексное решение всех вопросов по дегазации и утилизации шахтного газа. Кроме того, мы осуществим финансирование поставок КТЭС и другого оборудования с возможным расчетом и с эмиссионными сертификатами ЕСВ, без каких-либо гарантий сторонних организаций.

Опыт работы КТЭС мощностью 1,36 МВт на шахте № 22 «Коммунарская» шахтоуправления «Донбасс»

Установка введена в работу 27 января 2009 г. Выработка электроэнергии по сентябрь 2009 г. составила 2,5 млн. кВт·ч. За время работы установки

Рис. 4. Производство ЕСВ и собственной электроэнергии на шахте № 22 «Коммунарская» в период с января по сентябрь 2009 г.



из-за низкого качества газа, наличия различных примесей в виде солей калия и магния, повышенной влажности было 48 остановок КТЭС. В первые шесть месяцев, до переноса станции из-за пыли подальше от угольного склада, газовые фильтры менялись каждые 3 – 4 дня. Ежемесячно проводится промывка сетки клапана управления подачи газа от закристаллизованных солей.

Показатели работы КТЭС после ее переноса от угольного склада за период с 23 июля по 27 сентября 2009 г. следующие:

- выработка электроэнергии – 1 310 314 кВт·ч;
- машинное время работы – 1 316 ч;
- среднечасовая нагрузка за время работы – 996 кВт·ч;
- число календарных дней за период – 66;
- количество дней работы установки – 54,8;
- коэффициент использования
 - расчетный (6 240 ч/год) – 71 %;
 - фактический – 83 %;
- концентрация метана – от 45 до 50 %;
- снижение выбросов в пересчете на CO₂ – 5 500 т.

Во время перемонтажа КТЭС фирмами Pro2 и «Эко-Альянс» поставлены, а шахтой установлены два дополнительных сепаратора и система осушки газа. Следующая задача – увеличить среднечасовую нагрузку до 1 200 кВт·ч, в сентябре нагрузка составила 1 119 кВт·ч. Исходя из немецкого опыта оптимальной для КТЭС можно считать нагрузку на уровне до 90 % от номинальной мощности станций в зависимости от концентрации шахтной смеси.

Автоматизированный учет всех параметров работы станции и передача данных при помощи интернета всем заинтересованным фирмам из Украины и Германии позволяет вести постоянный мониторинг работы станции и проводить соответствующие анализы (рис. 4, 5).

Опыт эксплуатации КТЭС на шахте им. С.М. Кирова ОАО «СУЭК-Кузбасс»

В ОАО «СУЭК-Кузбасс» в конце 2008 г. организовано Специализированное управление по дегазации и утилизации шахтного метана, в область деятельности которой входит подземная дегазация (пластовая, а также из выработанного пространства), дегазация с поверхностных скважин, обслуживание мобильных дегазационных станций и утилизационных установок, в том числе когенерационных КТЭС.

Управление выполняет монтаж и сервисное обслуживание КТЭС совместно с сервисным центром

Консорциума – немецко-российским совместным предприятием ООО «Новая энергетика». Сотрудники центра и управления прошли стажировку в Германии на заводе фирмы Pro2.

На шахте им С.М. Кирова одна из КТЭС установлена на устье скважины, пробуренной с поверхности. В сентябре 2009 г. из-за большой влажности газовой смеси после водокольцевого насоса скважины и отсутствия газоанализатора принято решение заменить ВНС на газосжигательную (факельную) установку с встроенным ротационным (сухим) компрессором, газоанализатором и другими приборами учета объема утилизируемого метана, а также приборами передачи данных о работе станции. Преимущество данного сочетания КТЭС и факела с компрессором заключается в том, что откачиваемый газ подается в первую очередь на КТЭС, а остаток газа также при остановке КТЭС может сжигаться в факельной установке. Основываясь на немецком опыте [1, 2] можно предполагать, что такая система «КТЭС – факел с ротационным компрессором и газоанализатором» может значительно повысить эффективность комплектной установки, особенно за счет продажи дополнительного объема эмиссионных сертификатов. На рис. 6 приведены примеры эксплуатации КТЭС на шахтах России и Украины.

Экономическая эффективность

Согласно исследованиям Государственного института экологии, безопасности и новых видов энергии UMSICHT [1, 2] себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии от КТЭС на шахтном газе находится на уровне 4 – 6 евроцентов. При своевременном и правильном оформлении утилизационного проекта как эмиссионного, рентабельность КТЭС может улучшиться в несколько раз, в зависимости от международной цены эмиссионных сертификатов, цена которых в 2008 – 2009 гг. колеблется от 6 до 30 евро/т CO₂.

В Рурской области на 31 декабря 2008 г. установленная мощность 128 КТЭС составила 170 МВт и турбогенератора на шахте «РАГ Антрацит Иббербюрен» 27 МВт. В 2008 г. данными установками на шахтном газе было выработано 977 млн кВт·ч электрической и 110 млн кВт·ч тепловой энергии. Снижение эмиссии достигло 4,3 млн т CO₂. Полученная электроэнергия достаточна для обеспечения электроэнергией 220 000 квартир.

Выводы

1. Внедрение КТЭС на шахтном газе нужно рассматривать как энергетический и утилизационный проект, обуславливающий снижение эмиссий парниковых газов. Своевременное и правильное

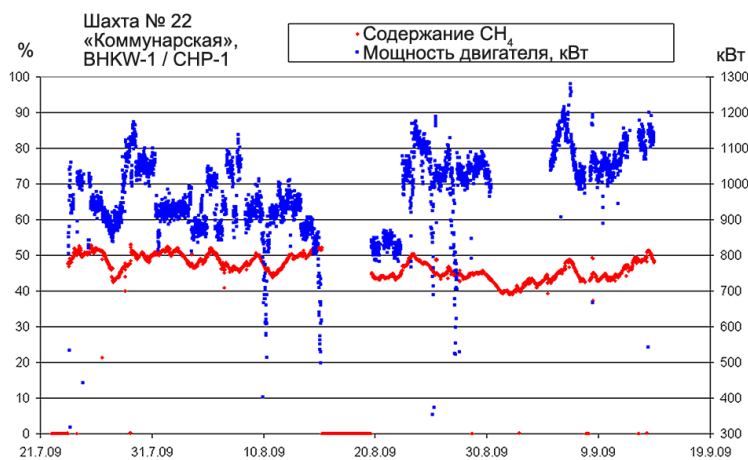


Рис. 5. Автоматизированная система учета ЕСВ

оформление эмиссионных проектов позволяет повысить эффективность всего проекта более чем в два раза.

2. Успешное внедрение КТЭС возможно при совместной работе специалистов шахты – стабильное обеспечение шахтным газом с концентрацией более 30 %, представителей завода-изготовителя – учет конкретных условий эксплуатации станции, сотрудников эмиссионной фирмы по парниковым газам – оформление ПСО, мониторинг и продажа получаемых эмиссионных сертификатов, персонала сервисного центра технического обслуживания и мониторинга.

3. Основной проблемой, связанной с внедрением и работой КТЭС, остается стабильное обеспечение шахтным метаном. Только для отдельных шахт СНГ (не более 5 – 7 шахт в 2009 г.) характерна стабильная концентрация – 30 % и более CH₄.

4. Проблемы, обусловленные влажностью газа, в значительной мере нейтрализуются при работе ВНС с ротационными компрессорами, которые успешно применяются на действующих шахтах Германии, Польши, Казахстана, России, а также с установкой влагоотделителей перед каждой КТЭС и с наклоном трубопроводов в направлении влагоотделителей.

Список литературы, интернет

1. Безпflug В.А., Бакхаус К. Оценка эффективности ТЭС на шахтном газе // Глюкауф. – 2007. – № 3. – С. 93–96.
2. Безпflug В.А., Дурнин М.К. Сравнительная экономическая оценка различных технологий утилизации шахтного метана // Уголь. – 2007. – № 11. – С. 59–61.
3. www.Demeta.net; www.Atec.de; www.Pro2.com; www.SUEK.ru

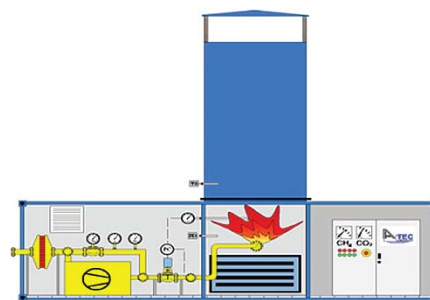
Рис. 6. Примеры эксплуатации КТЭС



Шахта № 22 «Коммунарская», ш/у «Донбасс», Украина



Шахта им. С.М. Кирова ОАО «СУЭК-Кузбасс», Россия
КТЭС на устье скважины, пробуренной с поверхности



факел с компрессором