

УДК 622.817.47.002.8:621.486

Г.И. Разгильдеев, В.И. Серов

ГАЗООТСАСЫВАЮЩАЯ И ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩАЯ УСТАНОВКА НА ЗАКРЫТОЙ ШАХТЕ

В г. Ленинске – Кузнецком Кемеровской области с июля 2003 г. по ноябрь 2004 г. проводился эксперимент по отсосу остаточного метана из закрытой шахты "Кольчугинская" и его энергетическому использованию.

Рабочий проект "Организация отсоса метана из выработанного пространства ликвидируемой шахты "Кольчугинская" разработан ЗАО "Институт "Шахтопроект" (г. Санкт-Петербург) по техническому заданию лаборатории энергетики ФГУП ННЦ ИГД им. А.А. Скочинского. Финансировало его Государственное учреждение по вопросам реорганизации и ликвидации нерентабельных шахт и разрезов (ГУРШ). Согласование проекта и технологической схемы газомоторной установки (ГМУ) с заинтересованными организациями, ее до-

работку, организацию проведения экспертизы проекта на промышленную безопасность, комплектацию оборудования, монтаж ГМУ, оформление разрешительно – лицензионной документации, обучение и аттестацию персонала, пуско – наладочные работы и эксплуатацию выполнило ООО "Кузбассэлектро – М" и научно – технический и экспертно – испытательный центр электрооборудования и систем электроснабжения (НТЭИцентр) Кузбасского гостехуниверситета (КузГТУ).

Шахта "Кольчугинская" разрабатывала угольные пласты Грамотеинской и Ленинской свит Ерунковской подсерии Кольчугинской серии верхнепермского возраста. Размеры шахтного поля – 8,3 км².

Проектом предусматривалось создание ГМУ, работающей на метане с концентрацией

(25 – 95)% и включающей в себя специально пробуренную скважину глубиной 230 м, газоотсасывающий блок с вакуум – насосом, две армейских электростанции ЭСДА – 200 мощностью по 200 кВт каждая с переделанными на газ дизелями 12ГЧ15/18, блок управления и линию электропередачи 0,4 кВ сечением 4x70 кв.мм длиной 300 м до трансформатора ТМ-180 кВ·А, который осуществлял связь электростанции с системой электроснабжения ОАО "Ленинск – Кузнецкая горэлектросеть". Вырабатываемая электроэнергия передавалась в сеть 0,4/0,23 кВ находящегося поблизости частного жилого массива и через трансформатор связи в городскую сеть напряжением 6 кВ.

В качестве коллекторов метана рассматривались зоны влияния горных работ отрабо-

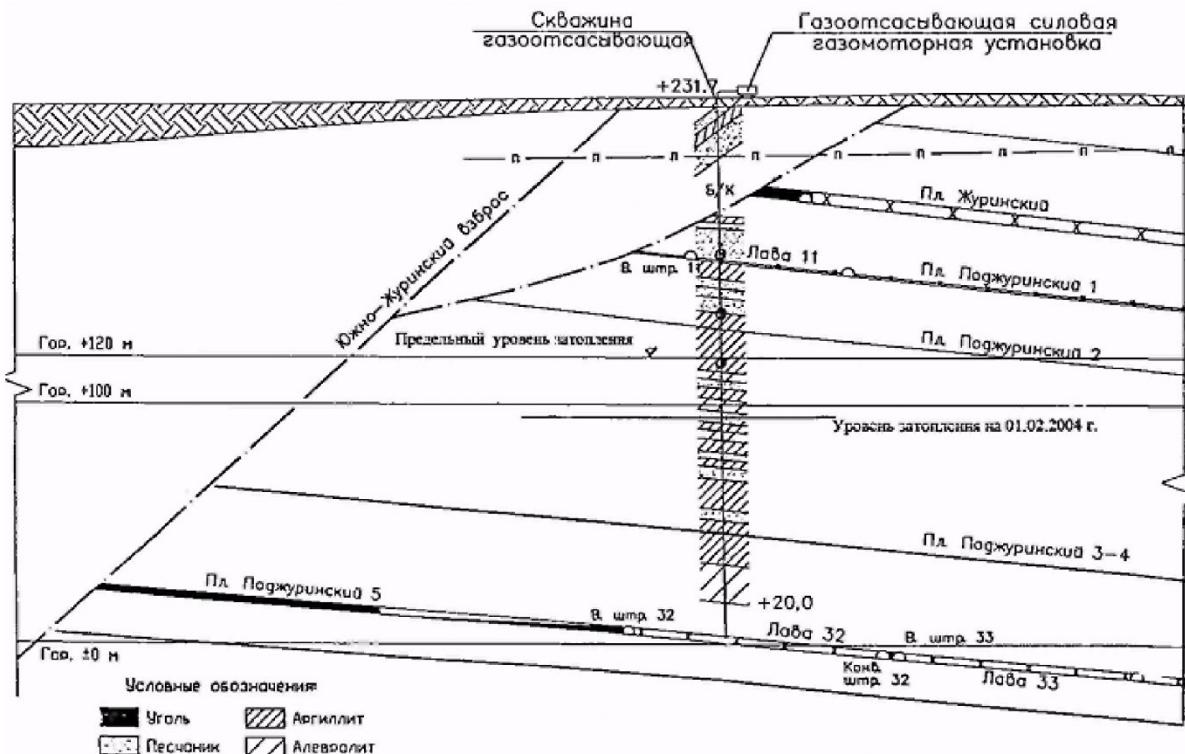


Рис. 1. Геологический разрез по газоотсасывающей скважине: О – места взрывания ВВ

танных пластов "Поджуринский-5" с расчетным объемом 675 тыс. м³ при концентрации 90 % и "Поджуринский-1" с объемом 170 тыс. м³ с концентрацией 20 %. В пересчете этот объем метана мог содержать 23,1 млн. кВт·ч электроэнергии. Воспользоваться расчетными запасами метана не удалось, поскольку создание ГМУ проводилось параллельно с затоплением шахты и к моменту завершения ее монтажа выработанное пространство частично было затоплено.

Газоподающая скважина была пробурена в выработанное пространство пласта "Поджуринский-5" и обсажена глухими трубами диаметром 273 мм на расстоянии 80 м от поверхности, а дальше – трубами 168 мм со щелевой перфорацией.

щейся газоотдачей от 1,2 до 3 м³/мин, что свидетельствует о высоком аэродинамическом сопротивлении выработанного пространства, из которого в нее поступал газ. При не работающем вакуум – насосе газ из скважины не поступал.

Газоотсасывающий блок (ГОБ) – это утепленный металлический бокс с размещенными в нем вакуум – насосом, трубопроводами, запорной арматурой, обратными клапанами, огнепреградителями, датчиками концентрации метана и его расхода. Его упрощенная технологическая схема приведена на рис.2.

В качестве вакуум – насоса в ГОБ установлена роторная объемная газодувка 1Г24-30-2В производства ОАО "Мелком" (Мелитопольский компрессор) с

огнепреградителями, поскольку при большом износе подшипников предположительно существует вероятность сухого трения роторов, что может быть причиной воспламенения перекачиваемой метано – воздушной смеси.

В ГОБ по разрешению Госгортехнадзора РФ установлены в качестве огнепреградителей огневые предохранители ОП – 100 Армавирского опытного машиностроительного завода. Они с двух сторон ограждают газодувку (позиции 5 и 7 на рис. 2) и установлены на газосбросовых свечах (10 и 11) для предотвращения воспламенения сбрасываемого газа под воздействием какой – либо внешней причины (например, разряда молнии).

Цистерна 8 емкостью 18³ предназначается для стабилизации работы газовых двигателей. Обратные клапаны 1 и 9 предотвращают уход газа в скважину при остановке двигателя газодувки.

В фильтре 4 установлены фильтрующие элементы от автомобиля КамАЗ, заменяемые через каждые 120 – 130 ч наработки ГМУ из – за отложений пыли.

Измерение концентрации метана, поступающего из скважины, а также могущего скапливаться в боксах электростанций и газоотсасывающем блоке производилось с помощью комплекса АКМР – М и периодически дублировали приборами ШИ – 12 и М – 01. Расход смеси измеряли прибором "Метран". В работе постоянно находилась одна электростанция из – за недостатка газа и малой мощности трансформатора связи с городской электросетью, которая не позволяла поднять мощность генератора выше 145 кВт.

В процессе пуско – наладочных работ и последующей за ними эксплуатацией ГМУ производили систематические (через час) записи приборов, контролирующих ее работу, в том числе: концентрацию метана из

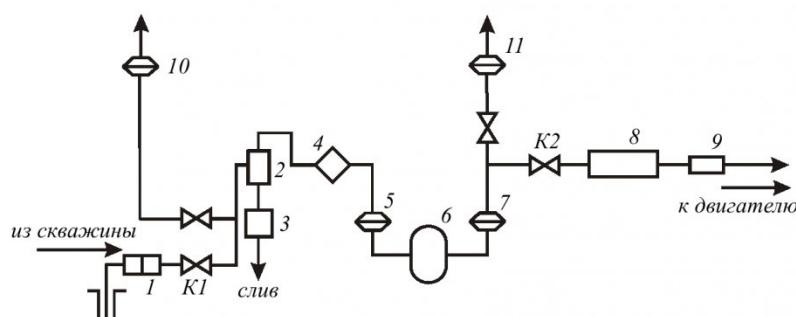


Рис. 2. Упрощенная технологическая схема газоотсасывающего блока: 1,9 – обратные клапаны; 2 – водоотделитель; 3 – водосборный бак; 4 – фильтр; 5, 7, 10, 11 – огнепреградители; 6 – газодувка; 8 – выравнивающая емкость; K1, K2 – шаровые краны

Скважина не выдавала газ даже при работающем вакуум – насосе с разряжением до 50 кПа. Для ее активизации произвели взрывание ВВ внутри обсадочной трубы в трех местах (на рис. 1 отмечены окружностями) с последующей пневмообработкой всей скважины с

помощью установки АПТ-200 с давлением в магистрали 13 – 14,5 МПа и в рабочей камере 8 – 13 МПа. На один метр производили 10 выстрелов на спуске рабочего органа. В результате этих мер скважина начала выдавать метан с концентрацией 25% при вакууме 45 – 50 кПа с последующим увеличением до 56 – 70% с меняю-

взрывозащищенным электродвигателем мощностью 7,5 кВт. Её номинальная производительность – 11 м³/мин с перепадом давления между всасом и нагнетанием 50 кПа. Роторные газодувки имеют ряд важных преимуществ перед водокольцевыми вакуум – насосами, которые широко применяют в дегазационных установках, в частности, их энергоемкость примерно в 12 – 14 раз ниже за счет высокого КПД, а перекачивающий газ не насыщается парами воды и не требует сушки перед подачей в поршневые двигатели. Недостаток газодувок состоит в том, что их можно применять только в комплекте с

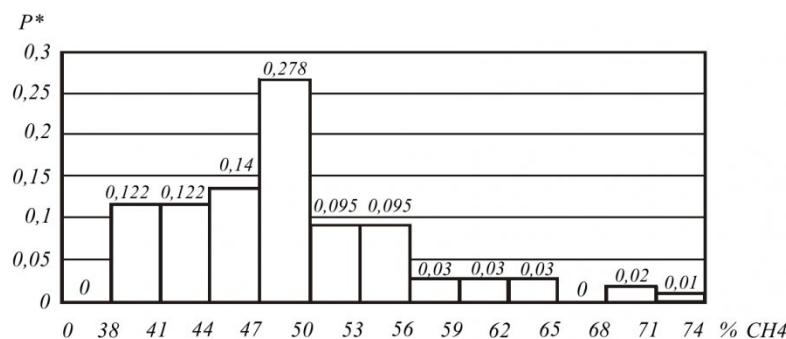


Рис. 3. Гистограмма распределения концентрации метана за время работы ГМУ

скважины; мощность ГМУ, отдаваемую в сеть, кВт; вакуум, создаваемый газодувкой в скважине, кПа; давление газа перед двигателем, кПа; вырабатываемую ГМУ электроэнергию, кВт·ч; расход газовоздушной смеси, поступающей из скважины, м³/мин; атмосферное давление при работе ГМУ, мм рт. ст.; продолжительность работы двигателя общую и на одно ее включение в (рис. 3). Из гистограммы видно, что эксплуатация ГМУ большую часть времени проводилась при концентрации метана 41 – 56%. Менялось во времени и газоотдача скважины.

В связи с этим режим работы ГМУ был циклическим. Ее включали в работу при содержании метана (52 - 56)% и выше. При содержании газа (38 – 40)% двигатель сбрасывал нагрузку и отключался автоматически, хотя по энергосодержанию газовоздушной смеси из скважины он мог работать при концентрации CH₄ до 25%. Объясняется это недоработкой конструкции редукционного клапана двигателя, устраниить которую в процессе эксплуатации не представилось возможным. Наработка ГМУ на снижение концентрации от 52 – 56 % до 38 – 40 % составляла 6 – 8 ч, пауза между включениями 8 – 12 ч. За это время этой концен-

троводам. Характеристики каждого из контролируемых параметров рассчитывали с доверительной вероятностью не ниже 0,85.

Концентрация поступающего из скважины метана не была постоянной и менялась как за время эксплуатации ГМУ, так и

трация вновь поднималась до 52 – 56 % и ГМУ включали в работу. Таким образом ГМУ работала на смеси с теплотворной способностью (20,1 – 14,36) МДж / нм³ (теплотворная способность чистого метана – 35,9 МДж/м³) в течение 12 – 16 ч в сутки.

Изменение концентрации метана из скважины происходило с разной скоростью, как это показано на рис. 4, где приведена гистограмма распределения этих скоростей на одно включение ГМУ. Она составила от 1,6 до 9,6 % / ч со средним значением 4,67 % / ч.

Это свидетельствует не только о неравномерности поступления газа в скважину, но и о невозможности обеспечить стабильную отдачу ГМУ мощности в сеть без регулятора объема газовоздушной смеси, поступающей в цилиндры двигателей.

О неравномерном поступлении газа в скважину свидетельствует также разность скоростей снижения концентрации метана между наибольшими и наименьшими ее значениями за время работы двигателя. Эта скорость распределялась от 3,8 до 7,6 % / ч и от 11,4 до 19,0% / ч, то есть наблюдался своеобразный волновой процесс поступления газа в скважину.

Разная скорость поступления метана в скважину из выработанного пространства и изменение газоотдачи оказывало самое непосредственное влияние на стабильность работы ГМУ и на уровень выдаваемой двигателем мощности.

Влияние атмосферного давления показано на рис. 5, где приведены кривые регрессии между концентрацией метана и длительностью работы ГМУ при давлении 730 и 750 мм рт. ст. Видно, что концентрация метана повышалась при снижении атмосферного давления и наоборот вне зависимости от продолжительности работы ГМУ t_p , ч. Высокие коэффициенты корреляционных отношений $R_{730} = 0,975$ и $R_{750} = 0,94$

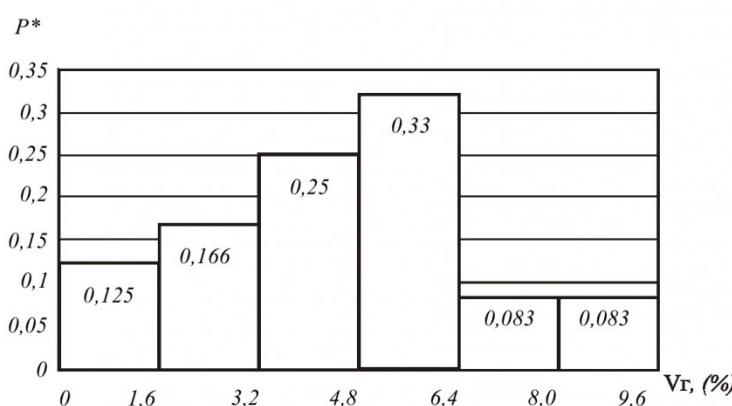


Рис. 4. Гистограмма распределения скоростей снижения концентрации CH₄ за одно включение

%*CH*₄

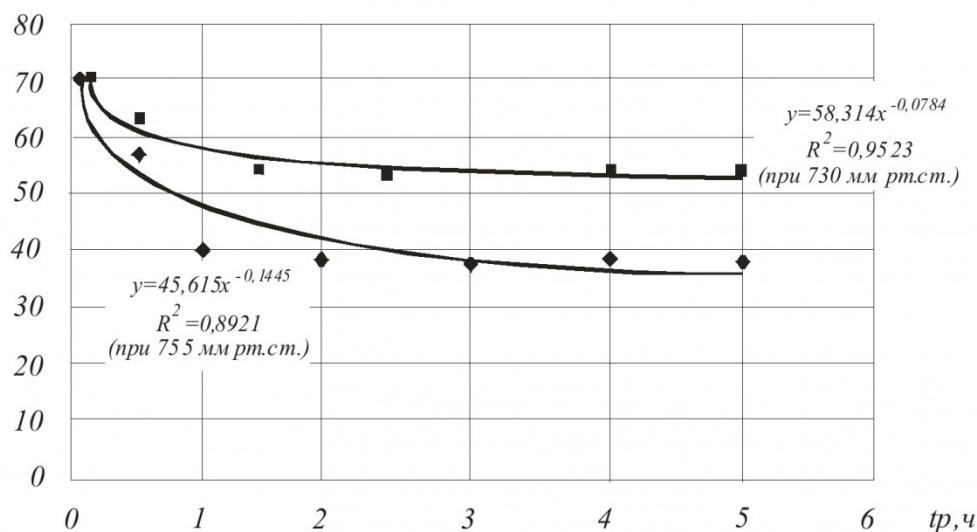


Рис. 5. Изменение концентрации метана при различном атмосферном давлении:
1 – при давлении 730 мм рт. ст.; 2 – при 755 мм рт. ст.

свидетельствуют о практически функциональных связях этих зависимостей.

Восстановление концентрации метана после достижения минимального значения и отключения ГМУ происходило также с разной скоростью. Большой разброс скоростей снижения и восстановления концентрации метана можно объяснить как малыми значениями коэффициента пустотности обрушенных много лет назад горных пород так и тем, что движение газа из зоны влияния горных работ к скважине могло происходить не только за счет создаваемого газодувкой вакуума, но и за счет диффузии.

За время пуско – наладочных работ и эксплуатации ГМУ было откачено из выработанного пространства 291 930 м³ метано – воздушной смеси со средней концентрацией CH₄ около 50% и выработано 99 840 тыс. кВт·ч электроэнергии. Коэффициент отдачи энергии из метано – воздушной смеси составил 0,342.

При реализации проекта был разработан и утвержден в установленном порядке нормативный документ: "Временное руководство по безопасной эксплуатации установок энергетического использования шахтного и природного метана", который является нормативной базой для проектирования аналогичных ГМУ и основой для экспертизы проектов на промышленную безопасность.

Из опыта работы ГМУ стало ясно, что технологическую схему ГОБ можно упростить за счет резервного огнепреградителя и водоотделителя с водоборным баком. Комплекс измерения метана АКМР – М требует систематической (через 100 – 120 ч работы) настройки. Он имеет высокую инерционность (до 15 с) и в силу этого непригоден для систем регулирования количества подаваемой в двигатель метано – воздушной смеси при изменении концентрации.

Газопоршневые двигатели необходимо оснащать регулято-

рами количества подаваемой в них газовоздушной смеси для обеспечения их стабильной работы.

Опыт показал, что проектирование газотасывающих установок с целью энергетического использования метана из закрытых шахт целесообразно производить в два этапа. На первом из них выбирать место расположения скважины с расчетом возможных запасов метана и производить ее бурение с измерением аэродинамического сопротивления и газоотдачи, а на втором – выбирать характеристики всего технологического оборудования и электростанций.

Выработанное пространство оказалось ненадежным источником снабжения ГМУ метаном. Перспектива, на наш взгляд, за использованием в качестве коллекторов метана непогашенных основных выработок шахт при условии, что они не будут затоплены.

□ Авторы статьи:

Разгильдеев

Геннадий Иннокентьевич
– докт. техн. наук, проф. каф. электроснабжения горных и промышленных предприятий

Серов

Виктор Иванович
– докт.техн. наук, проф., зав. лаб.
ФУГП ННЦ ГП и ГД
им. А.А. Скочинского