© Е.А. Ельчанинов, Б.П. Кузнецов, В.Б. Кузнецов, 2007

УДК 502/504

Е.А. Ельчанинов, Б.П. Кузнецов, В.Б. Кузнецов

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СБОРА, ПОДГОТОВКИ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАНОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ (МВС) ИЗ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Семинар № 10

Технологические процессы, предназначенные для обеспечения сбора, подготовки, транспортировки и использования метановоздушной смеси (МВС) из угольных пластов для сжигания в топках котлов ДКВР -6,5/ 13 с номинальным расходом топлива по чистому метану 8,5 м^3 /мин при любом процентном содержании метана в МВС в диапазоне от 100 % до 25 %.

Схема технологических процессов представлена на рис. 1, на котором сплошными линиями изображены трубные технологические коммуникации, оборудование, приборы, регуляторы, устройства и т.д., а штрих-пунктирными линиями изображены трубные сигнальные проводки, провода и кабели связи приборов, регуляторов, исполнительных механизмов и т.д.с вычислительным устройством дистанционного и автоматического управления количественными и качественными параметрами МВС.

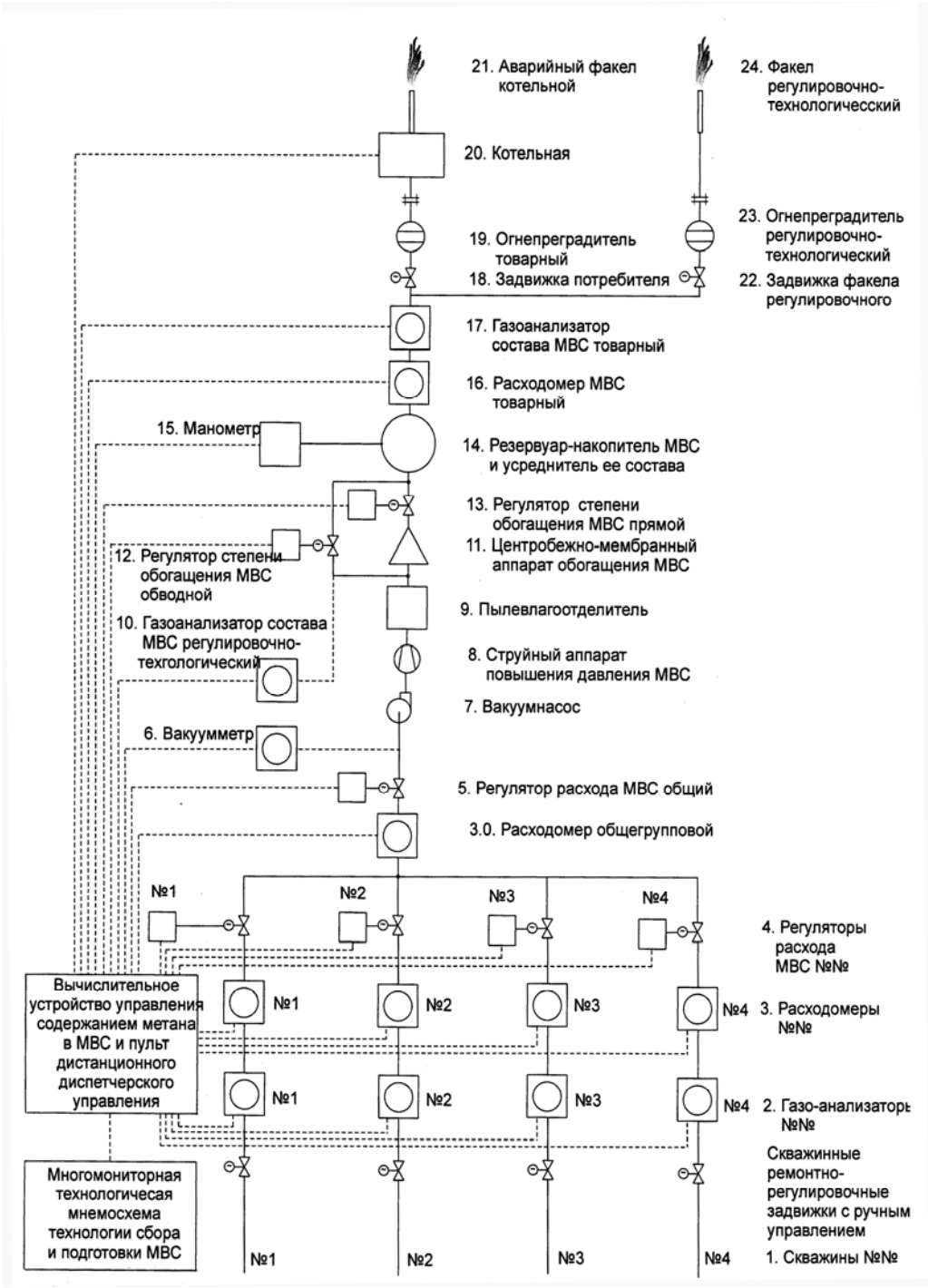
Результаты расчета расхода МВС и её составляющих от процентного содержания метана для получения номинального значения энергии на примере парового котла ДКВР – 6,5/ 13 приведены в табл. 1.

При этом номинальный расход чистого метана для этого котла всегда остается постоянным и составляет 8,5 м^3 /мин при любом процентном составе метана в МВС. Это осуществляется за счет увеличения расхода МВС при снижении процентного содержания в ней метана и, наоборот - за счет снижения расхода МВС при увеличении процентного содержания в ней метана. Приведенные в табл. 1 данные позволяют определить пределы измерения приборов расхода МВС для отдельного потребителя и для группы потребителей, определять расходные параметры вакуумнасосов, струйных аппаратов повышения давления ВМС, регуляторов расхода и аппаратов обогащения МВС.

Кроме того, с помощью этой таблицы возможно определять и поддерживать оптимальные коэффициенты избытка воздуха при горении МВС, особенно, с низким содержанием метана.

Описание работы схемы технологических процессов начинается с извлечения МВС из угольных пластов через четыре пронумерованные скважины, каждая из которых на выходе оборудована ремонтно-регулировоч-ными задвижками с ручным местным управлением.

Задвижки могут быть закрыты (например, при проведении ремонтных работ), открыты или иметь промежуточные положения, устанавливаемые при предварительной ручной регулировке дебита метана через скважины.



Технологическая схема системы сбора, подготовки, транспортировки и использования метана, извлекаемых из угольных пластов

Таблица 1

Расчет расхода МВС от % содержания метана для получения номинального значения энергии на примере парового котла ДКВР-6,5/13

	Расход МВС в м^3/мин для обеспечения номинальной мощности котла при меняющемся содержании CH_4	**Количество воздуха в м^3/ мин добавляющегося к МВС со снижением в нем %-го содержания метана**	**Количество в м^3/мин, добавляющегося азота и углекислого газа**	**Коли-чество в м^3/мин добавляющегося кислорода**
100	8,5	-	-	-
98,5	8.63	0,13	0,103	0.027
95	8,95	0,45	0,365	0,094
90	9,44	0,94	0,743	0,197
85	10,00	1,5	1,186	0,314
80	10,625	2,125	1,68	0,445
75	11,33	2,83	2,237	0,593
70	12.14	3.64	2,877	0,763
65	13.08	4.58	3.62	0,96
60	14,16	5,66	4,474	1,186
55	15,46	6,96	5,502	1,458
50	17,00	8,50	6,719	1,781
45	18,89	10,39	8,213	2,177
40	21,25	12,75	10,079	2.671
35	24,29	15,79	12,482	3,308
30	28,83	20,33	16,071	4,259
25	**34,00**	**25,50**	**20,158**	**5,342**
20	42,50	34,00	26,877	7,123
17,3	**49,073**	**40,573**	**32,073**	**8,5**
15	56,67	48,17	38,078	10,92
10	85,00	76,5	60,473	16,027
7.5	113,33	104,83	82,868	21.962
7,0	121,43	112,93	89.271	23,659
6.0	141,67	133,14	105,271	27,869
5,0	170,00	161,50	127,666	33,834
4,0	212.50	204,00	161,262	42.738
3.0	283,33	274,83	217,253	57,577
2,5	340,00	331,5	262,051	69,449
2,0	425,00	416,50	329,243	87,257
1,5	556,67	548,17	433,328	114,842
1,0	850,00	841,50	665,206	176,294
0.75	1133,33	1124,833	889,181	235,652
0,50	1700,00	1691,50	1337,131	354,369

Каждая скважина оборудована газоанализатором 2 с пределами измерения 0–100 % по содержанию метана, с погрешностью 3 % в большую и меньшую стороны и 5 % в диапазоне 0–100 %, расходомером 3 с пределами измерения 0–10 и более м^3/мин и регулятором расхода МВС 4 с пределами регулирования

0-10 и более м^3/мин.Потоки МВС от четырёх скважин соединяются в общий поток МВС, замеряемый общегрупповым расходомером 3.0. с пределами измерения от 0 до 12-45 и более м^3/мин., который в этих пределах регулируется общим регулятором расхода МВС 5.

Под воздействием вакуума, равного 0,02 МПа, создаваемого вакуумнасосом *7* типа ВВН-2-50, обеспечивается истечение МВС из четырех скважин суммарной производительностью до 45 и более м^3/мин.

Под воздействием давления нагнетания вакуумнасоса *7*, равного 0,2 МПа, МВС продвигается в струйный аппарат повышения давления *8*, на выходе из которого давление МВС может быть поднято до 2,5 МПа. Такого давления, как правило, бывает достаточно для того, чтобы пропустить весь поток МВС по последовательной цепи аппаратов, включая газовые горелки парового котла или других потребителей. В случае, если производительность струйного аппарата, равная 25 м^3/мин, оказывается недостаточной, то её есть возможность увеличить вдвое, соединив па-раллельно два одинаковых струйных аппарата. Далее МВС проходит аэро-динамический пылевлагоотделитель *9*, после которого замеряется концентрация на содержание метана в очищенном от пыли и капельной влаги потоке МВС газоанализатором *10*.

Если очищенная от твёрдых пылевидных частиц и от капельной влаги МВС оказывается кондиционной по содержанию метана (выше 25 %), то она может быть использована без обогащения и направлена напрямую через вентиль-регулятор степени обогащения МВС обводной *12* в резервуар – накопитель МВС и усреднитель её состава *14*. При этом вентиль-регулятор степени обогащения МВС прямой *13* должен быть полностью перекрыт.

Если МВС оказывается некондиционной по содержанию метана (меньше 25 %), то она должна пройти процесс обогащения для получения смесей кондиционного состава с содержанием метана более 25–30 % с помощью центробежно-мембранного аппарата обогащения *11* типа газоразделительных сепараторов ГРС-1. При этом вентиль - регулятор степени обогащения МВС обводной *12* должен быть полностью перекрыт. Процесс регулируется по показаниям следующих пар приборов:

- Расходомер общегрупповой 3.0. и товарный расходомер *16*;
- Газоанализатор МВС технологический *10* и газоанализатор товарный *17*.

Пройдя технологическую обработку по предлагаемой схеме МВС становится кондиционной и может быть принята потребителем, в данном случае, котельной *20* через входную задвижку потребителя *18* и огнепреградитель *19*.

На случай аварийной ситуации в газовом хозяйстве котельной *20* предусматривается аварийный факел *21*.

До подачи рабочей метано-воздушной смеси потребителю вся схема технологических процессов должна быть опробирована на надежность работы по формированию качественного и количественного состава МВС с использованием в качестве нагрузки факела регулировочно-технологичес-кого *24* с огнепреградителем регулировочно-технологическим *23* и отдельной входной задвижкой *22* факела регулировочного.

Первым контуром регулирования концентрации и расхода общего потока МВС является блок питающих скважин *1* с необходимым набором скважинного оборудования, контрольно-

Таблица 2

Скважина №	C CH_4 в %	G МВС, $м^3$/ мин	$G_{чист. мет.}$, $м^3$/ мин	C CH_4 в %	G МВС, $м^3$/ мин	$G_{чист. мет.}$, $м^3$/ мин
1	2	3	4	5	6	7
1	95	2,2105	2,1	95	2,1053	2,0
2	90	2,3333	2,1	90	2,3333	2,1
3	85	2,5882	2,2	85	2,5882	2,2
4	80	2,6250	2,1	80	2,7500	2,2
Параметры в общем трубопроводе	87,12	9,757	8,5	86,94	9.7768	8,5

измерительных приборов и регуляторов на каждую скважину.

В первом контуре регулирования задействованы также расходомер общегрупповой 3.0, регулятор расхода МВС общий *5* и газоанализатор состава МВС регулировочно-технологи-ческий *10*.

Экспериментально снимаются характеристики каждой скважины, в том числе определяется дебит МВС каждой скважины по расходомерам *3*, определяется концентрация метана в % (по показаниям газоанализатора *2*). Возможно, что концентрация МВС в отдельно взятой скважине остается неизменной при любых изменениях дебита этой скважины, или концентрация метана скважины зависит от изменения её дебита в большую или меньшую стороны. Все это должно быть подтверждено данными из снятых характеристик каждой скважины.

С помощью регуляторов расхода МВС каждой скважины формируются такие их расходы, которые позволяют получить в результате необходимую концентрацию МВС в общем трубопроводе. По показаниям расходомера 3.0. и газоанализатора *10,* определяются оптимальные возможности и пределы регулирования требуемого состава и дебита общего потока МВС путём регулирования выходных параметров скважин.

Для примера можно привести расчет параметров четырех скважин заблаговременной дегазации угольных пластов с богатым содержанием метана в МВС.

Расчет сведен в табл. 2.

Исходным положением для расчета является соблюдение постоянной величины расхода чистого метана для потребителя независимо от его процентного содержания в МВС, что необходимо для обеспечения оптимальной работы парового котла ДКВР-6,5/13 в номинальном режиме.

Паспортный расход чистого метана для этого котла складывается из дебита четырех скважин. Этот расход с помощью регуляторов МВС 4 распределен по скважинам, в данном случае, достаточно равномерно (столбец 4). Процентное содержание метана по показаниям скважинных газоанализаторов *2* приведено в столбце 2.

В столбце 3 приводятся результаты расчета расхода МВС каждой скважины, исходя из их дебита по чистому метану (столбец 4). Сумма скважинных дебитов МВС дает величину дебита МВС в общем трубопроводе, что замеряется общегрупповым расходомером 3.0. и расходомером МВС товарным *16*.

Частное от деления значения товарного расхода по чистому метану (8,5 $м^3$ /мин) на расход товарной МВС дает значение товарного процентного содержания метана в товарной МВС.

В столбцах 5, 6 и 7 табл. 2 приведен вариант расчета параметров при некото-

Таблица 3

Скважина №	C CH_4 в %	G МВС, $м^3$/ мин	$G_{чист. мет.}$, $м^3$/ мин	C CH_4 в %	G МВС, $м^3$/ мин	$G_{чист. мет.}$, $м^3$/ мин
1	2	3	4	5	6	7
1	50	4,2000	2,1	50	4,4000	2,20
2	45	4,6667	2,1	45	4,7778	2,15
3	40	5,5000	2,2	40	5,2500	2,10
4	35	6,0000	2,1	35	5,8571	2,05
Параметры в общем тру-бопро- воде	41,74	20,3667	8,5	41,90	20,2849	8,5

ром предпочтении использования МВС из скважин № 3 и № 4 с более бедными смесями. Это приводит к заметному снижению процентного содержания товарной МВС и к повышению её расхода.

Для подтверждения простоты расчетов количественных и качественных параметров скважинных и товарных МВС в табл. 3 приводится расчет формирования этих параметров для относительно бедных МВС (от 35 до 50 %).

Расчеты скважинных и общих товарных параметров МВС получаются достаточно простыми. Это говорит о реальности создания несложных алгоритмов системы управления формированием качественных и количественных параметров товарной МВС, с ориентировкой на показания общего газоанализатора *10* и общегруппового расходомера 3.0. Так, методом постепенных приближений регулирования дебитов скважин с разной по величине концентрацией метана может регулироваться концентрация метана общего потока МВС с доведением концентрации до требуемой величины.

Дебит МВС в общей сети возможно так же подрегулировать с помощью регулятора общего расхода *5*.

После пылевлагоотделителя *9* общий поток МВС проходит систему её обогащения, которая представлена двумя параллельными ветвями: одна прямая через центробежно-мембран-ный аппарат обогащения МВС 11 с регулируемым потоком МВС с помощью открытого вентильного регулятора *13,* вторая - обводная ветвь, пропускающая регулируемый поток МВС помимо аппарата обогащения с помощью открытого вентильного регулятора *12*. Это второй контур регулирования концентрации и дебита метана в общей сети.

В системе предусматривается три режима:

- первый – весь поток МВС после регулировки на скважинах, если заданная концентрация метана достигнута и надежно поддерживается, пропускается через обводной канал без обогащения (вентиль регулятора обводной *12* полностью открыт, а вентиль регулятора прямой *13* полностью перекрыт);

- второй режим - весь поток МВС после регулировки на скважинах, если концентрация метана МВС в общей цепи меньше требуемой величины, пропускается полностью по прямой ветви через центробежно-мемб-ранный аппарат обогащения (вентиль регулятора *13* открыт), заданная концентрация метана поддерживается за счет обогащения; а обводной канал полностью закрыт (вентиль регулятора 12 перекрыт),

- третий режим – может иметь ме-сто при нестабильности и при значительных отклонениях концентрации метана от заданных величин в общем потоке МВС после регулировки на скважинах, возможности которых мо-гут

быть ограничены или даже недостаточны для поддержания концентрации МВС в общей сети. В этом случае в работу включаются оба регулятора степени обогащения МВС прямой *13* и обводной *12*, вентили обоих регуляторов занимают необходимое приоткрытое регулируемое положение, с помощью которых степень обогащения метана стабильно поддерживает товарную концентрацию метана на заданной величине.

После прохождения регулируемой системы обогащения товарной МВС она поступает в резервуар – накопитель МВС и усреднитель её состава *14* с товарным и технологическим манометром *15*, далее проходит товарный расходомер *16*, а также товарный газоанализатор состава МВС *17*.

Управление системой сбора, подготовки, транспорта и использования метана, извлекаемого из угольных пластов в соответствии с предлагаемой схемой технологических технологических процессов может быть осуществлено только двумя способами и поэтапно:

на первом этапе – Дистанционное диспетчерское управление (ДДУ) из центрального контрольно-управляющего пункта (ЦКУП) и на втором этапе - Автоматическое диспетчерское управление (АДУ), осуществляемое из ЦКУП.

Дистанционное диспетчерское управление (ДДУ) из ЦКУП может быть реализовано только при наличии современных средств измерения и контроля всех технологических параметров по предлагаемой схеме технологических процессов. Также должно быть обеспечено наличие технических средств преобразования сигналов показаний первичных контрольно-измерительных приборов (КИП) и сигналов о состоянии и положении исполнительных механизмов в современную цифровую форму, удобную для передачи в ЦКУП информации о ходе технологического процесса на многомониторный мнемощит, выполненный на основе предлагаемой схемы.

На основе полученной с мнемощита информации (мониторинга) о ходе технологического процесса диспетчером принимается решение о внесении коррективов в ход процесса путем передачи команд с диспетчерского пульта управления на исполнительные механизмы (устройства) конкретного участка технологического процесса.

Для реализации поставленных задач может быть выбран программно- технический комплекс средств для автоматического сбора, преобразования, передачи информации (мониторинга) и дистанционного (диспетчерского) управления технологических процессов, а в дальнейшем и автоматического управления - это программно-технический комплекс ПТК КОНТАР разработки Московского завода тепловой автоматики (МЗТА).

Основные требования и достоинства комплекса ПТК КОНТАР:

1. Надежность и помехоустойчивость.
2. Живучесть сложных систем.
3. Универсальность применения (однотипность приборов).
4. Соответствие применяемых средств управления сложности оборудования.
5. Преемственность по отношению к традиционным российским датчикам и исполнительным устройствам.
6. Возможность постадийного внедрения: от диспетчеризации к автоматике.
7. Возможность интеграции с приборами учёта.
8. Удобство использования при наладке и при эксплуатации.
9. Доступность для восприятия и обучения.

10. Дистанционная диагностика и наладка оборудования.

11. Простота организации и наглядность систем диспетчеризации.

12. Возможность интеграции с устройствами и системами других производителей.

13. Возможность мониторинга и управления территориально распределенных объектов.

14. Наилучшее соотношение «цена-качество». Возможность выбора пользователем оптимального технико-экономического решения.

Автоматическое диспетчерское управление (АДУ), осуществляемое из ЦКУП, может быть осуществлено после отработки технологии в режиме наладки и после наработки статистического материала, полученного в режиме дистанционного диспетчерского управления, на основе которого будут разработаны алгоритмы регулирования схемы технологических процессов сбора, подготовки, транспорта и использования метана из угольных пластов. ГИАБ

Коротко об авторах

Ельчанинов Е.А. – доктор технических наук, профессор,
Кузнецов Б.П. – кандидат технических наук,
Кузнецов В.Б. – инженер,
Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 10 симпозиума «Неделя горняка-2007».
Рецензент д-р техн. наук, проф. *Ю.П. Галченко.*