

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА СХЕМ УТИЛИЗАЦИИ ШАХТНОГО МЕТАНА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

Розроблено алгоритм розрахунку схем утилізації шахтного метану в енергетичних об'єктах, шахтних котельних і газопоршневих установках, які містять канали повітряного дуття і основного палива. Показано, що при подачі до каналу повітряного дуття метаноповітряної суміші з допустимою концентрацією знижується споживання основного палива та природного газу для збагачення суміші. Визначено, що залежно від коефіцієнту надлишку повітря, типу енергетичного об'єкта та умов його експлуатації, в цьому випадку може бути досягнута економія від 18 % до 45 % основного палива.

THE DEVELOPMENT AND RESEARCH OF ALGORITHM ACCOUNT PLANS A UTILIZATION OF MINE METHANE IN POWER OBJECTS

The algorithm of account schemas utilization of mine methane in power objects, mine boiler-houses and gas engines, which contain channel of an air positive draught and main fuel designed. It is shown, that at feeding on the channel of an air positive draught of firedamp with permissible concentration consumption of main fuel and natural gas for dressing a mix drops. It is defined, that, depending on an excess-air coefficient, such as power object and requirements of its operation, the economy from 18 % up to 45 % of main fuel in this case can be achieved.

Шахтный метан является ценным энергетическим сырьем для выработки электроэнергии и тепла. В настоящее время в Украине утилизируется лишь около 4 % метана, извлекаемого из шахт, который сжигается в шахтных котельных для получения тепла, электрическая энергия при этом не вырабатывается. В тоже время общее потребление электрической энергии шахтами Украины составляет около 14 млрд. кВт·ч в год. Из шахтного метана, выбрасываемого в атмосферу, Украина могла бы получить около 9 млрд. кВт·ч в год электроэнергии с себестоимостью около 5 коп./кВт·ч и около 9 млн. Гкал тепла в год.

Наиболее перспективными схемами утилизации шахтного метана являются энергетические модули, реализующие принципы паротурбинной или газопоршневой когенерации. В первом случае энергетическим объектом для утилизации шахтного метана является паровой котел, во втором – газопоршневой двигатель. Оба вида энергетических объектов характеризуются наличием входа по окислителю (воздушное дутье) и входа по основному топливу (шахтный метан, уголь и т. д.) Отдельные аспекты проблемы рационального использования шахтного метана в энергетических объектах рассматривались в работах [1–6].

Утилизация шахтного метана в энергетических объектах наиболее полно может быть осуществлена путем подачи части шахтной вентиляционной струи или атмосферного воздуха, обогащенных метановоздушной смесью до допустимой концентрации метана $k_1 \leq 0,025$ в качестве воздушного дуття, а также подачей остальной части метановоздушной смеси, обогащенной, при необходимости, природным газом до минимальной концентрации метана $k_2 \geq 0,3$ в ка-

честве основного топлива. При невозможности использовать шахтную вентиляционную струю по каналу воздушного дутья подается атмосферный воздух. На рис. 1 приведена обобщенная технологическая схема установки для сжигания шахтного метана в энергетических модулях.

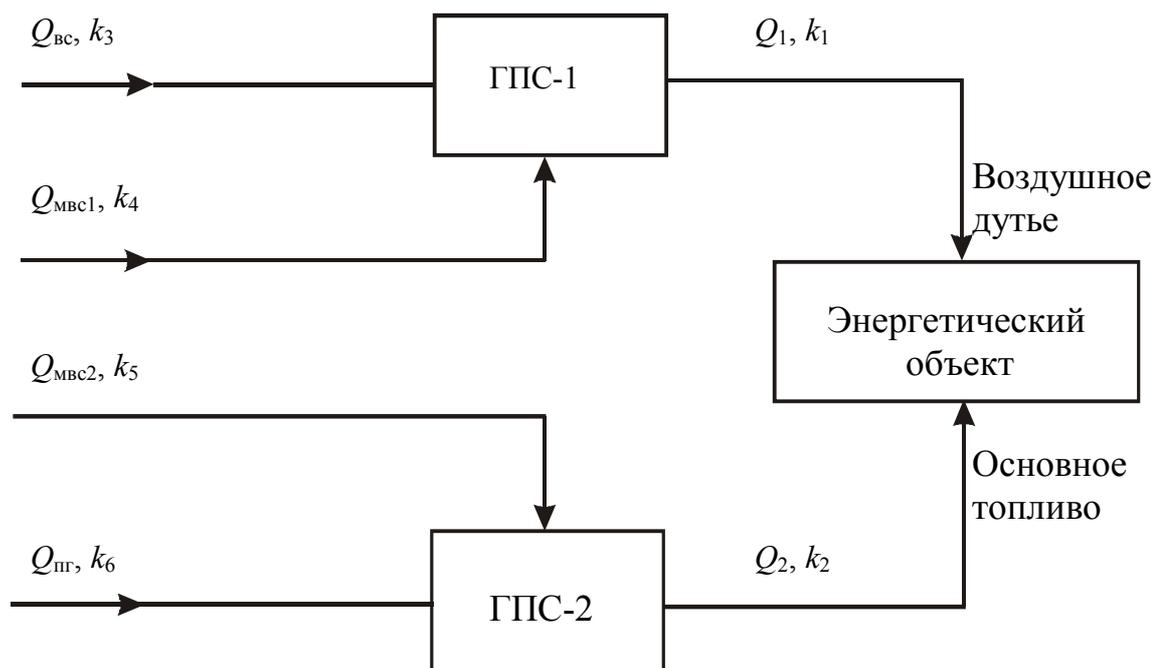


Рис. 1 – Технологическая схема установки для сжигания шахтного метана в энергетических модулях.

Часть шахтной вентиляционной струи $Q_{вс}$ с концентрацией метана k_3 или атмосферный воздух ($k_3 = 0$) поступает на газоприготовительную станцию ГПС-1, на второй вход которой подается часть метановоздушной струи от вакуум-насосной станции $Q_{мвс1}$ с концентрацией метана k_4 . На выходе ГПС-1 формируется метановоздушная смесь с расходом Q_1 и предельно допустимой концентрацией метана $k_1 \leq 0,025$, которая используется в качестве воздушного дутья энергетического объекта. Часть метановоздушной струи от вакуумнасосной станции $Q_{мвс2}$ с концентрацией метана k_5 поступает на газоприготовительную станцию ГПС-2, на второй вход которой подается природный газ с расходом $Q_{пг}$ и концентрацией k_6 для обогащения подаваемой в качестве основного топлива метановоздушной смеси с расходом Q_2 до минимальной концентрации $k_2 \geq 0,3$.

При этом мощность на выходе энергетического объекта

$$P = P_{вд} + P_{от} = (Q_1 k_1 + Q_2 k_2) Q_{пг}^p \eta_э, \quad (1)$$

где $P_{вд} = Q_1 k_1 Q_{пг}^p \eta_э$ – мощность, реализуемая по каналу воздушного дутья; $P_{от} = Q_2 k_2 Q_{пг}^p \eta_э$ – мощность, реализуемая по каналу основного топлива; Q_1 и k_1

– объем и концентрация метановоздушной смеси по каналу воздушного дутья; Q_2 и k_2 – объем и концентрация метановоздушной смеси по каналу основного топлива; $\eta_э$ – к. п. д. энергетического объекта; $Q_{\text{нгр}}^p$ – низшая теплота сгорания газообразного топлива, определяемая по формуле

$$Q_{\text{нгр}}^p = 0,01 \left[Q_{H_2S} H_2S + Q_{CO} CO + Q_{H_2} H_2 + \sum (Q_{C_m H_n} C_m H_n) \right],$$

где Q_{H_2S} , Q_{CO} и т.д. – теплота сгорания отдельных составляющих, входящих в состав газообразного топлива.

Теоретический объем воздуха, необходимого для сжигания метана в энергетическом объекте определяется как

$$V^0 = V_{\text{r}}^0 (Q_1 k_1 + Q_2 k_2), \quad (2)$$

где V_{r}^0 – удельный объемный расход воздуха для сжигания газообразного топлива, определяемый по формуле

$$V_{\text{r}}^0 = 0,0476 \left[\sum \left(m + \frac{n}{4} \right) C_m H_n + 0,5(CO + H_2) + 1,5H_2S - O_2 \right].$$

Определяя из (2) общий объем чистого метана, подаваемого в энергетический объект, как

$$Q_1 k_1 + Q_2 k_2 = \frac{V^0}{V_{\text{r}}^0} \quad (3)$$

и подставляя (3) в (1) получим

$$V^0 = \frac{P V_{\text{r}}^0}{Q_{\text{нгр}}^p \eta_э}. \quad (4)$$

Зависимость (4) позволяет при заданной мощности P определить теоретический объем воздуха, подаваемого в энергетический объект.

Для определения объемов метановоздушной смеси, подаваемой в энергетический объект по каналам воздушного дутья Q_1 и основного топлива Q_2 , запишем систему уравнений

$$\alpha V^0 = Q_1 (1 - k_1) + Q_2 (1 - k_2) \quad (5)$$

$$V^0 = Q_1 k_1 V_{\text{r}}^0 + Q_2 k_2 V_{\text{r}}^0, \quad (6)$$

где α – коэффициент избытка воздуха. В энергетических объектах в виде паровых котлов в топку подается количество воздуха, определяемое из стехиометрических соотношений. При этом коэффициент избытка воздуха на входе в топку равен 1,0. Последующее увеличение α на выходе из трубы до значений $\alpha = 1,2 - 1,4$ обусловлено присосами воздуха по ходу газового тракта. Иное положение в газопоршневых двигателях, где в камеру сгорания специально подается избыточное количество воздуха с $\alpha = 1,7 - 2,2$ для уменьшения вредных выбросов в атмосферу и исключения детонационных эффектов.

Из уравнения (5) получим

$$Q_2 = \frac{\alpha V^0 - Q_1(1 - k_1)}{1 - k_2} \quad (7)$$

Подставляя (7) в (6) после преобразований получим значение расхода воздушного дутья Q_1 с концентрацией метана k_1 , выраженное через известные величины,

$$Q_1 = V^0 \frac{k_2(\alpha V_r^0 + 1) - 1}{V_r^0(k_2 - k_1)} \quad (8)$$

Подставляя (8) в (7) находим значение Q_2

$$Q_2 = V^0 \frac{\alpha - \frac{[k_2(\alpha V_r^0 + 1) - 1](1 - k_1)}{V_r^0(k_2 - k_1)}}{1 - k_2}$$

Для определения потоков метановоздушных смесей через газоприготовительную станцию ГПС-1 составим систему балансовых уравнений по расходам метановоздушных смесей и метана

$$Q_1 k_1 = Q_{\text{вс}} k_3 + Q_{\text{мвс1}} k_4 \quad (9)$$

$$Q_1 = Q_{\text{вс}} + Q_{\text{мвс1}} \quad (10)$$

Определяя из уравнения (10) $Q_{\text{мвс1}}$ и подставляя полученное выражение в уравнение (9) после преобразований определим необходимый расход шахтной вентиляционной струи $Q_{\text{вс}}$ или атмосферного воздуха (при этом $k_3 = 0$)

$$Q_{\text{вс}} = Q_1 \frac{k_4 - k_1}{k_4 - k_3}$$

Доля расхода метановоздушной смеси от вакуум-насосной станции $Q_{\text{МВС1}}$ определится как

$$Q_{\text{МВС1}} = Q_1 \frac{k_1 - k_3}{k_4 - k_3}.$$

Для определения потоков метановоздушных смесей через газоприготовительную станцию ГПС-1 составим систему балансовых уравнений

$$Q_2 k_2 = Q_{\text{МВС2}} k_5 + Q_{\text{ПГ}} k_6 \quad (11)$$

$$Q_2 = Q_{\text{МВС2}} + Q_{\text{ПГ}} \quad (12)$$

Определим из уравнения (12) $Q_{\text{МВС2}}$ и подставим полученное выражение в уравнение (11). Принимая $k_5 = 1,0$ после преобразований определим необходимый расход природного газа $Q_{\text{ПГ}}$

$$Q_{\text{ПГ}} = Q_2 \frac{k_2 - k_5}{k_6 - k_5} = Q_2 \frac{k_2 - k_5}{1 - k_5} \quad (13)$$

Доля расхода метановоздушной смеси от вакуум-насосной станции $Q_{\text{МВС2}}$ определится как

$$Q_{\text{МВС2}} = Q_2 \frac{1 - k_2}{1 - k_5}$$

Общий расход метановоздушной смеси от вакуум-насосной станции $Q_{\text{МВС}}$ с концентрацией k_4 определится как

$$Q_{\text{МВС}} = Q_{\text{МВС1}} + Q_{\text{МВС2}} = Q_1 \frac{k_1 - k_3}{k_4 - k_3} + Q_2 \frac{1 - k_2}{1 - k_5}$$

Характерным явлением для шахтных энергетических объектов, утилизирующих шахтный метан, являются колебания концентрации метановоздушной смеси k_2 , подаваемой по каналу основного топлива. На основании вышеизложенной методики определим возможности стабилизации тепловой и электрической мощности энергетических объектов при изменении концентрации метановоздушной смеси k_2 , подаваемой по каналу основного топлива путем обогащения метаном воздуха, подаваемого по каналу воздушного дутья. Расчет выполним для условий парового котла с $\alpha = 1,0$ и для условий газопоршневого двигателя с $\alpha = 2,0$. Исходные данные для расчета: $P = 6,5$ Гкал/ч; $V_0 = 8113$ м³/ч; $V_{\Gamma}^0 = 9,64$ м³/м³; $Q_{\text{ПГ}}^p = 8560$ ккал/м³. Концентрация метановоздушной смеси по ка-

налу воздушного дутья меняется в пределах от $k_1 = 0,0$ до допустимого значения $k_1 = 0,025$. Данные расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Влияние концентрации метана по каналу воздушного дутья на минимальную концентрацию по каналу основного топлива для различных энергетических объектов

	$\alpha = 1,0 (Q_1 = 6\ 766\ \text{м}^3/\text{ч})$						$\alpha = 2,0 (Q_1 = 14\ 779\ \text{м}^3/\text{ч})$					
k_1	0,0	0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,0	0,005	0,01	0,015	0,02	0,025
k_2	0,4	0,384	0,367	0,351	0,335	0,319	0,4	0,364	0,329	0,293	0,258	0,222

Из данных таблицы 1 следует вывод о существенном влиянии концентрации метана k_1 на минимально допустимую концентрацию k_2 по каналу основного топлива при постоянстве выходной мощности. Для парового котла с $\alpha = 1,0$ при изменении k_1 от $k_1 = 0,0$ до $k_1 = 0,025$ минимальная допустимая величина k_2 изменяется от $k_2 = 0,4$ до $k_2 = 0,319$ или на 20,5 %. Для газопоршневого двигателя с $\alpha = 2,0$ при изменении k_1 от $k_1 = 0,0$ до $k_1 = 0,025$ минимальная допустимая величина k_2 изменяется от $k_2 = 0,4$ до $k_2 = 0,222$ или на 44,5 %, то есть почти вдвое.

Рассмотрим влияние концентрации метана k_1 по каналу воздушного дутья на расходы метановоздушных смесей Q_1 и Q_2 , а также расход и стоимость природного газа $Q_{\text{пр}}$ на обогащение при различных значениях заданной концентрации метана k_2 по каналу основного топлива и коэффициентах избытка воздуха $\alpha = 1,0$ (паровой котел) и $\alpha = 2,0$ (газопоршневой двигатель). Отметим, что наличие природного газа на площадке энергетического объекта всегда целесообразно для стабилизации выдаваемых потребителю от энергетического объекта тепловой и электрической энергий при колебаниях дебита и концентрации МВС, используемой в качестве основного топлива. Задаемся мощностью энергетического объекта $P = 6,5$ Гкал/ч, что соответствует теплопроизводительности парового котла ДЕ – 10/14 и, с 10 %-ным запасом, суммарной мощности газопоршневой установки JMS 620 фирмы “Jenbacher” ($P_g = 3,035$ МВт, $P_T = 2,63$ Гкал/ч). В соответствии с формулой (4) определяем $V_0 = 8113$ м³/ч. Принимаем концентрацию метановоздушной смеси от вакуумнасосной станции $k_5 = 0,2$. Концентрация метана по каналу воздушного дутья изменяется от $k_1 = 0$ до допустимого значения $k_1 = 0,025$ через 0,005. Для концентрации метана в метановоздушной струе по каналу основного топлива принимаем значения $k_2 = 0,25; 0,3; 0,35$. Расчеты производятся по формулам (8), (9) и (13). Стоимость природного газа принята равной 60 долл. США / 1000 м³. Результаты расчетов сведены в таблицы 2 и 3.

Из анализа таблиц 2 и 3 следует вывод о том, что при постоянной мощности энергетического объекта увеличение концентрации метановоздушной смеси k_1 по каналу воздушного дутья приводит к увеличению расхода метановоздушной смеси Q_1 по этому же каналу и уменьшению расхода метановоздушной смеси Q_2 по каналу основного топлива. Кроме того, уменьшается и потребление природного газа $Q_{\text{пр}}$ для обогащения расхода Q_2 до требуемой концентрации. Так, для случая энергетического объекта в виде парового котла с $\alpha = 1,0$ (таблица 2)

при $k_2 = 0,25$ и изменении концентрации k_1 от $k_1 = 0,0$ до $k_1 = 0,025$, расход метановоздушной смеси Q_1 увеличивается на 11 %, а расход метановоздушной смеси Q_2 уменьшается на 18 %. При этом расход и, соответственно, стоимость природного газа уменьшается также на 18 %.

Таблица 2 – Влияние концентрации метана по каналу воздушного дутья на расходы метановоздушных смесей при различных k_2 по каналам энергетического объекта с $\alpha = 1,0$, а также на расход и стоимость природного газа для обогащения

k_1	0,0	0,005	0,01	0,015	0,02	0,025
$k_2 = 0,25$						
Q_1 , тыс. м ³ /ч	5,60	5,72	5,84	5,96	6,09	6,22
Q_2 , тыс. м ³ /ч	3,37	3,26	3,14	3,02	2,89	2,75
$Q_{\text{пр}}$, млн. м ³ /год	1,68	1,63	1,57	1,51	1,44	1,38
$C_{\text{пр}}$, млн. дол. США	0,1	0,098	0,094	0,09	0,087	0,083
$k_2 = 0,3$						
Q_1 , тыс. м ³ /ч	6,16	6,27	6,38	6,49	6,61	6,73
Q_2 , тыс. м ³ /ч	2,81	2,71	2,60	2,49	2,37	2,25
$Q_{\text{пр}}$, млн. м ³ /год	2,79	2,71	2,60	2,49	2,37	2,25
$C_{\text{пр}}$, млн. дол. США	0,168	0,162	0,156	0,149	0,142	0,135
$k_2 = 0,35$						
Q_1 , тыс. м ³ /ч	6,57	6,66	6,76	6,86	6,96	7,07
Q_2 , тыс. м ³ /ч	2,41	2,32	2,22	2,12	2,01	1,91
$Q_{\text{пр}}$, млн. м ³ /год	3,59	3,47	3,33	3,17	3,02	2,86
$C_{\text{пр}}$, млн. дол. США	0,216	0,208	0,199	0,190	0,181	0,171

С увеличением коэффициента избытка воздуха α , влияние повышения концентрации метана по каналу воздушного дутья существенно увеличивается. Для случая энергетического объекта в виде газопоршневой установки с $\alpha = 2,0$ (таблица 3) при $k_2 = 0,25$ и изменении концентрации k_1 от $k_1 = 0,0$ до $k_1 = 0,025$, расход метановоздушной смеси Q_1 увеличивается на 8 %, а расход метановоздушной смеси Q_2 уменьшается на 45 %. При этом расход и, соответственно, стоимость природного газа уменьшается также на 45 %. Аналогичное влияние оказывает изменение концентрации k_1 и при других закрепленных значениях концентрации k_2 (таблицы 2 и 3).

Следовательно, подача метановоздушной смеси по каналу воздушного дутья с допустимой концентрацией метана $k_1 = 0,025$ применительно к газопоршневой установке JMS 620 фирмы “Jenbacher” при принятых начальных условиях ($k_2 = 0,25$; $k_5 = 0,2$) приводит к экономии природного газа на сумму 45 тыс. долл. США в год на одну установку. При $k_2 = 0,35$ эта экономия достигает 101 тыс. долл. США в год на одну установку, что свидетельствует о высокой экономической эффективности использования метаносодержащих воздушных потоков по каналу воздушного дутья, для чего могут быть с успехом использованы обедненные метановоздушные смеси из системы газоотсоса, а также шахтные вентиляционные струи.

Таблица 3 – Влияние концентрации метана по каналу воздушного дутья на расходы метановоздушных смесей при различных k_2 по каналам энергетического объекта с $\alpha = 2,0$, а также на расход и стоимость природного газа для обогащения

k_1	0,0	0,005	0,01	0,015	0,02	0,025
$k_2 = 0,25$						
Q_1 , тыс. м ³ /ч	13,53	13,81	14,10	14,39	14,71	15,04
Q_2 , тыс. м ³ /ч	3,32	3,05	2,76	2,46	2,15	1,82
$Q_{\text{пр}}$, млн. м ³ /год	1,68	1,52	1,38	1,23	1,07	0,91
$C_{\text{пр}}$, млн. дол. США	0,1	0,091	0,083	0,074	0,064	0,055
$k_2 = 0,3$						
Q_1 , тыс. м ³ /ч	14,09	14,33	14,57	14,83	15,09	15,37
Q_2 , тыс. м ³ /ч	2,77	2,53	2,28	2,03	1,76	1,49
$Q_{\text{пр}}$, млн. м ³ /год	2,79	2,53	2,28	2,03	1,76	1,49
$C_{\text{пр}}$, млн. дол. США	0,168	0,152	0,137	0,122	0,106	0,089
$k_2 = 0,35$						
Q_1 , тыс. м ³ /ч	14,48	14,69	14,91	15,13	15,36	15,59
Q_2 , тыс. м ³ /ч	2,37	2,17	1,95	1,73	1,50	1,26
$Q_{\text{пр}}$, млн. м ³ /год	3,59	3,25	2,92	2,59	2,25	1,89
$C_{\text{пр}}$, млн. дол. США	0,216	0,195	0,175	0,155	0,135	0,113

Выполненные исследования показывают высокую эффективность подачи метановоздушной смеси по каналу воздушного дутья при $k_2 = const$, обусловленную уменьшением количества метановоздушной смеси по каналу основного топлива и природного газа при его использовании для обогащения. При $k_2 = var$ повышение концентрации метановоздушной смеси по каналу воздушного дутья позволяет использовать по каналу основного топлива метановоздушную смесь с меньшей концентрацией метана, при постоянстве тепловой и электрической энергий, генерируемых энергетическим объектом.

Так как в настоящее время большинство шахтных котельных в качестве основного топлива используют уголь, то несомненный интерес представляет расчет параметров схемы утилизации шахтного метана по каналу воздушного дутья при указанном сочетании топлив.

Мощность энергетического модуля (котельной) от совместного сжигания угля и метановоздушной смеси определится по формуле

$$P = (Q_{\text{нy}}^{\text{p}} B_{\text{y}} + Q_{\text{нг}}^{\text{p}} B_{\text{г}}) \eta, \quad (14)$$

где $Q_{\text{нy}}^{\text{p}}$ – низшая теплота сгорания угля, определяемая по формуле

$$Q_{\text{нy}}^{\text{p}} = 339C^{\text{p}} + 1030H^{\text{p}} - 109(O^{\text{p}} - S^{\text{p}}) - 25,1W^{\text{p}},$$

где C^{p} , H^{p} , O^{p} , S^{p} , W^{p} – соответственно содержание углерода, водорода, кислорода, серы и влажности на рабочую массу; B_{y} , $B_{\text{г}}$ – расход угля и чистого метана, соответственно; η – КПД энергетического модуля.

Необходимый расход воздуха для сжигания угля определится по формуле

$$Q_{\text{вы}} = B_y V_y^0 = (1 - k_1) Q_1 - k_1 Q_1 V_{\Gamma}^0, \quad (15)$$

где V_y^0 – удельный объемный расход воздуха для сжигания угля, определяемый по формуле

$$V_y^0 = 0,0889(C^p + 0,375S^p) + 0,265H^p - 0,0333O^p;$$

Q_1 – расход метановоздушной смеси с концентрацией метана k_1 по каналу воздушного дутья, необходимый для совместного сжигания угля и чистого метана.

Для сжигания чистого метана необходимый расход воздуха определится как

$$Q_{\text{вг}} = B_{\Gamma} V_{\Gamma}^0 = k_1 V^0 V_{\Gamma}^0. \quad (16)$$

Из формул (15) и (16) находим расход угля B_y и расход чистого метана B_{Γ}

$$B_y = \frac{(1 - k_1) V^0 - k_1 V^0 V_{\Gamma}^0}{V_y^0}, \quad (17)$$

$$B_{\Gamma} = k_1 V^0. \quad (18)$$

Подставляя полученные формулы (17), (18) в (14) определим расход метановоздушной смеси Q_1 , необходимый для совместного сжигания угля и чистого метана при заданных мощности энергетического модуля (котельной) P и концентрации метановоздушной смеси k_1

$$Q_1 = \frac{P}{\left(Q_{\text{нy}}^p \frac{[(1 - k_1) - k_1 V_{\Gamma}^0]}{V_y^0} + Q_{\text{нr}}^p k_1 \right) \eta}. \quad (19)$$

Теоретический расход воздуха V^0 , необходимый для совместного сжигания угля и метана, определится как

$$V^0 = Q_1 \cdot (1 - k_1)$$

Выполним расчет технико-экономических показателей работы широко используемого на котельных угледобывающих предприятий котла ДЕ-10/14 с паропроизводительностью 10 т/ч, что соответствует тепловой мощности $P = 6,5$ Гкал/ч, при использовании в качестве воздушного дутья метановоздушной смеси с различной концентрацией метана при $\alpha = 1,0$. Расчет выполняем для двух видов топлива, низкокалорийного и высококалорийного углей, параметры которых приведены в таблице 5. Для расчета принимаем следующие ис-

ходные данные: низкокалорийный уголь – $Q_{\text{нл}}^p = 5079$ ккал/кг; $V_y^0 = 6,55$ м³/кг; высококалорийный уголь – $Q_{\text{нл}}^p = 7023$ ккал/кг; $V_y^0 = 7,65$ м³/кг; метан – $Q_{\text{нл}}^p = 8560$ ккал/м³; $V_r^0 = 9,64$ м³/м³; КПД котла принимаем равным 0,9. Результаты расчетов приведены в таблице 6. В числителе указаны значения показателей элементного состава и теплотворной способности для низкокалорийного угля, в знаменателе – для высококалорийного угля.

Таблица 5 – Элементный состав и теплотворная способность низкокалорийного и высококалорийного углей

Вид топлива	Параметры	C^r ,	H^r ,	$N^r +$	S^r ,	A^r ,	W^r ,	$Q_{\text{нл}}^p$,
		%	%	O^r , %	%	%	%	ккал/кг
низкокалорийный уголь		63,63	3,85	5,3	0,51	20,21	6,5	5079
высококалорийный уголь		73,49	4,52	4,39	1,96	8,14	7,5	7023

Из анализа таблицы 6 следует, что при предельно допустимом содержании метана в МВС, равном 2,5 %, тепловая мощность от сжигания метана составляет 27 % от общей тепловой мощности, что позволяет экономить 3144 т/год угля и получить прибыль от этой экономии в размере 0,37 млн. грн.

Таблица 6 – Влияние концентрации метана в воздушном дутье на перераспределение тепловой мощности и экономию угля в энергетическом объекте

Показатель	Концентрация метана k_1 в воздушном дутье, %					
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
1. Расход МВС с концентрацией k_1 , м ³ /ч	9309	9284	9258	9232	9206	9181
	7872	7918	7965	8013	8061	8109
2. Тепловая мощность при сжигании угля, Гкал/ч	6,5	6,14	5,78	5,42	5,06	4,71
	6,5	6,19	5,88	5,56	5,24	4,91
3. Тепловая мощность при сжигании метана, Гкал/ч	0,00	0,36	0,72	1,08	1,44	1,79
	0,00	0,31	0,62	0,94	1,26	1,58
4. Тепловая мощность при сжигании метана, % от общей тепловой мощности	0	6	11	17	22	27
	0	5	9,5	14,5	19	24
5. Расход угля, кг/ч	1422	1343	1264	1185	1107	1029
	1028	979	930	879	829	777
6. Экономия угля, кг/ч	–	79	158	237	315	393
	–	49	98	149	199	251
7. Годовая экономия угля, т/год	–	632	1264	1896	2520	3144
	–	392	784	1192	1592	2008
8. Прибыль от экономии угля, тыс. грн/год	–	75,84	151,68	227,52	302,4	377,28
	–	78,40	156,80	238,40	318,40	401,60

Сравнение показателей для различных видов сжигаемого угля показывает, что для высококалорийного угля расход метановоздушной смеси и доленое

значение тепловой мощности по каналу воздушного дутья ниже, чем для низкокалорийного. Несмотря на снижение расхода высококалорийного угля до 251 кг/ч (расход низкокалорийного угля составляет 393 кг/ч), прибыль от экономии угля в обоих вариантах остается практически одинаковой, что обусловлено более высокой стоимостью высококалорийного угля. Выполненный анализ показывает перспективность и целесообразность использования МВС в качестве воздушного дутья при сжигании угля любого состава.

Предложенный алгоритм расчета схем утилизации шахтного метана позволяет осуществить оптимизацию показателей работы энергетических модулей, шахтных котельных и газопоршневых установок, при переменных параметрах утилизируемого метана, а также может быть использован при разработке систем управления энергетическими модулями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.Ф. Булат, И.Ф. Чемерис. К проблеме энерготехнологической переработки метана угольных месторождений. // Уголь Украины. – 2002. – № 5, С. 6 – 9.
2. А.Ф. Булат, И.Ф. Чемерис Направления энерготехнологической переработки метана угольных месторождений. // Геотехническая механика. Межведомств. сб. научн. трудов, вып. 32. 2002.– С. 67 – 74.
3. В.Г. Лаврик. Повышение эффективности использования попутного шахтного метана. // Известия ВУЗов. Горный журнал, 1996. – № 1. – С. 71-74.
4. А. с. 1703919 А1 (СССР). Способ подготовки к сжиганию в топке метановоздушной смеси с содержанием метана менее 30 % / Лаврик В.Г. Бюллетень Изобретений. – 1992. – № 1.
5. Е.А. Ельчанинов О промышленном использовании метана действующих и закрываемых шахт. // Уголь, 1997. – № 9. – С. 49-52.
6. В.И. Серов. Электроэнергетика угольной промышленности. // Уголь, 1992. – № 12. – С. 53-58.