© Л.А. Пучков, Н.Н. Красюк, Д.И. Жмуровский, 2006

УДК 622.831.023(075.8)

Л.А. Пучков, Н.Н. Красюк, Д.И. Жмуровский

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ УГОЛЬНОГО МЕТАНА

Угольные пласты и вмещающие породы являются коллекторами различных газов. В зависимости от степени метаморфизма и ряда других факторов содержание углеводородных газов в угольных пластах достигает на действующих горизонтах шахт 35–40 м^3 /т, а во вмещающих породах – до 5 м^3/т. Основной горючий компонент этих газов – метан (свыше 90 %), содержание других газов следующее: водород – до 0,15 %; этан – до 4,3 %; бутан – до 1,6 %; остальные углеводороды – до 0,06 %.

Многие годы проблемы угольного метана подвергались научным исследованиям и разработкой соответствующих технических, технологических и организационных решений, но в основном с позиций обеспечения безопасных и эффективных условий для горного производства. Однако, в последнее время, эти проблемы все больше связывают с необходимостью использования газа метана как сопровождающего добычу угля энергоносителя, а также как экологическую вредность, отрицательно влияющую на озоновый слой Земли в части потепления ее атмосферы.

Ресурсы угольного метана в месторождениях России до глубины 1800 м оцениваются в 100 трл. м^3, в частности по Кузнецкому угольному бассейну в 13,0 трл. м^3 .Опыт дегазационных работ на шахтах показывает, что практический интерес представляют запасы газа в пределах действующих горизонтов шахт.

Извлекаемый системами дегазации газ представляет собою метановоздушную смесь с содержанием метана в оценочных пределах 5–75 %. В этом газе отсутствуют агрессивные и механические примеси, что позволяет его использовать без предварительной очистки. В то же время специфика дегазационных работ приводит к получению угольного метана повышенной влажности и нестабильного состава.

Основополагающей характеристикой угольного газа является теплота его сгорания (калорийность), которая зависит от объемной концентрации в нем метана. Теплота сгорания метана в чистом виде равна 35,6 МДж/м^3 и его концентрация в шахтном газе определяет теплоту сгорания газа, что количественно отражено в таблице:

Концентрация метана, (%)	30	50	70	100
Теплота сгорания, (МДж/м^3)	10,5	17,8	24,7	35,6

Мировой опыт утилизации сопутствующего добыче угля метана, показывает имеющиеся значительные перспективы использования угольного метана как энергоносителя и сырья химической промышленности. В то же время фактические показатели извлечения газа при подземной разработке угольных месторождений накладывают существенные

ограничения на эффективность и экономическую целесообразность способов использования метана.

Исходя из изложенного, нами систематизированы известные решения метановой проблемы при подземной разработке угольных месторождений по фактору эффективности извлечения и утилизации угольного метана.

Прежде всего следует отметить отрицательную составляющую эффекта, обусловленную воспламенениями, взрывами и внезапными выбросами угольного метана, приводящими к крупным авариям в шахтах.

При извлечении и утилизации уголього метана положительный эффект формируется за счет:

- повышения безопасности горных работ и соответствующего роста показателей добычи угля;
- снижения эмиссии парниковых газов во внешнюю атмосферу;
- использования энергетического потенциала газа метана.

Формализованная модель формирования эффекта от извлечения и утилизации метана ($Э_м$) при разработке газоносных угольных месторождений может быть представлена в виде:

$$Э_м = Э_б + Э_{эк} +/- Э_{эн} \qquad (1)$$

где $Э_б$, $Э_{эк}$ и $Э_{эн}$ – соответственно составляющие безопасности, экологии и энергетики.

Извлечение метана системами дегазации снижает газообильность в зонах горных работ и в любом случае обеспечивает положительное значение первой составляющей в выражении (1).

Применение даже простого сжигания газа из систем дегазации обеспечивает положительное значение второй составляющей в выражении (1).

Более сложной является интерпретация третьей составляющей. Нами был выполнен анализ статистического материала по соотношению затраченной и полученной энергии при использовании энергетического потенциала угольного метана по зависимости:

$$H = \left(1 - \frac{Э_{зат.} - Э_{пол.}}{Э_{зат.}}\right) \cdot 100\% \qquad (2)$$

где $Э_{зат}$ и $Э_{пол}$ – соответственно затраченная на извлечения газа и его утилизацию энергия и полученная энергия в результате использования метана.

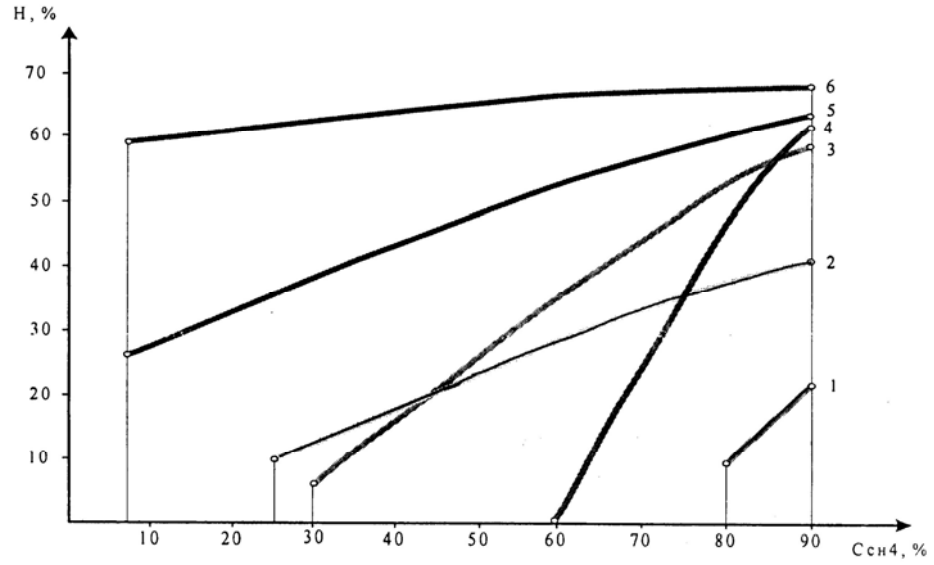
Графическая интерпретация зависимости данного коэффициента от качества угольного метана для различных способов утилизации газа представлена на рис. 1. Из графиков видно, что наиболее эффективным по энергетическому критерию является использование угольного метана в качестве топлива мобильных электростанций, устанавливаемых непосредственно у источника газа (возле скважины). Но даже при этом способе эффективность использования энергетического потенциала метана достигает лишь 60–70 %, то есть является отрицательной.

Нами был выполнен анализ энергетической составляющей выражения (1) с целью превращения его в положительную величину.

Энергетическую составляющую эффекта от извлечения и утилизации угольного метана можно представить в виде:

$$Э_{эн} = Э_{эн.пр} + Э_{эн.кос} \qquad (3)$$

где $Э_{эн.пр}$ – эффект от производства различных видов энергии; $Э_{эн.кос}$ – эффект от повышения технического



1 - в быту;
2 - в шахтных котельных;
3 - в газовых турбинвх;
4 - в качестве моторного топлива;
5 - в мотор-генераторных электростанциях с газосборным коллектором;
6 - в мотор-генераторных электростанциях, установленных на скважине.

Рис. 1. Зависимость коэффициента эффективности утилизации шахтного газа от содержания в нем метана (для различных способов утилизации)

Рис. 2. Влияние энерговооруженности горно-шахтного оборудования на надежность производственных процессов на выемочном участке

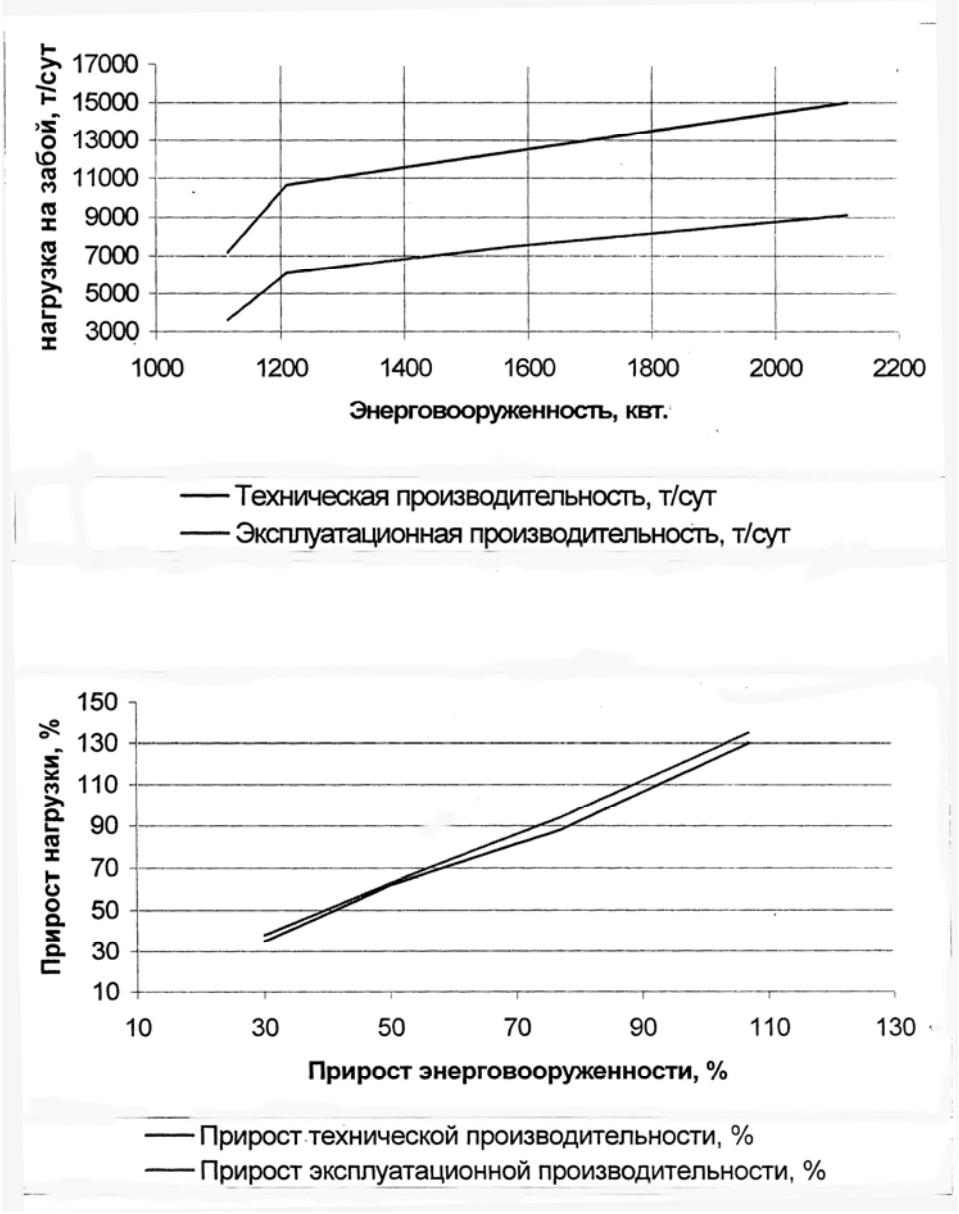


Рис. 3. Влияние энерговооруженности горно-шахтного оборудования на интенсивность горных работ

уровня производственных процессов за счет увеличения их энерговооруженности.

$$Э_{эн.кос} = \sum_{1}^{3} Э_{эн.кос.\,i} \qquad (4)$$

где $i = 1$ – рост показателей добычи угля; $i = 2$ – увеличение ресурса горношахтного оборудования; $i = 3$ – повышение надежности (снижение затрат на обслуживание

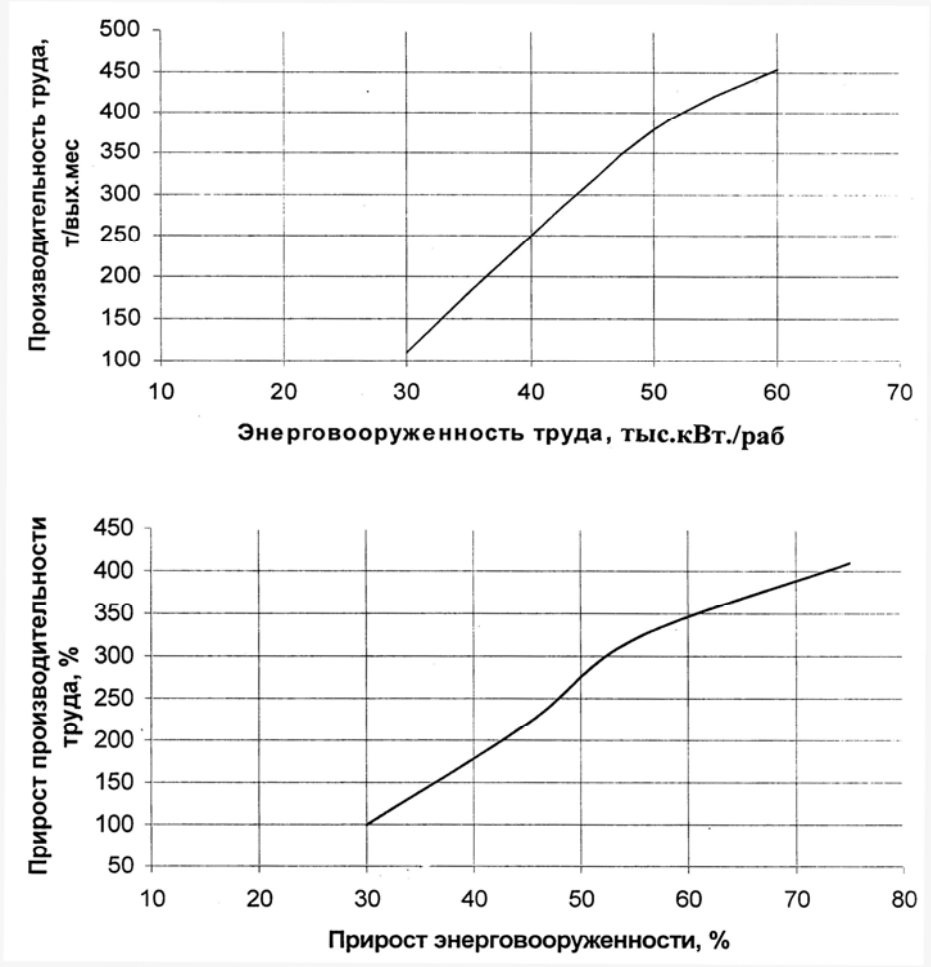


Рис. 3. Влияние энерговооруженности горно-шахтного оборудования на производительность труда

и ремонт) оборудования технологических процессов.

$$Э_{эн.кос.\,i} = K_{э\,i} \cdot \Delta ЭВ_i \qquad (5)$$

где $K_э$ - коэффициент эффективности прироста энерговооруженности; $\Delta ЭВ$ - прирост энерговооруженности технологического процесса.

По предложенной методике нами выполнены исследования влияния прироста энерговооруженности технологических процессов на изменение показателей технического уровня производственных процессов в шахте. Исследования выполнены на высокопроизводительных выемочных участках, оснащенных современным горношахтным оборудованием, табл. 1 и 2.

Результаты исследований приведены на графиках, рис. 2–5.

Коэффициент эффективности прироста энерговооруженности технологических процессов оценивался по критериям увеличения надежности процесса, интенсивности горных работ, производительности труда, ресурса горношахтного оборудования. Значения этого ко-

эффициента, определенные для условий, приведенных в табл. 1 и 2, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Значения коэффициента эффективности прироста энерговооруженности технологических процессов

№пп	Критерий оценки	Значение коэффициента
1	Нагрузка на очистной забой	1,0 – 1,2
2	Производительность труда рабочего по добыче	3,0 – 5,5
3	Ресурс оборудования	4,5 – 6,0
4	Надежность технологического процесса	2,1

Следовательно, по всем рассмотренным критериям эффективность прироста энерговооруженности технологических процессов является величиной положительной и, в основном, существенно превышает 100 % (находится в пределах 100–600 %).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что использование энергетического потенциала сопутствующего добыче угля метана в чистом товарном виде дает отрицательный эффект.

Использование этого потенциала в технологическом цикле шахты для повышения энерговооруженности технологических процессов по добыче угля дает значительный положительный эффект.

Следовательно, при таком подходе к использованию энергетического потенциала угольного метана, составляющая $Э_{эн}$ в выражении (1) становится положительной.

Эффективная практическая реализация предложенной концепции использования энергетического потенциала угольного метана предполагает создание комплексных технологий извлечения и утилизации шахтного газа. При этом ос-

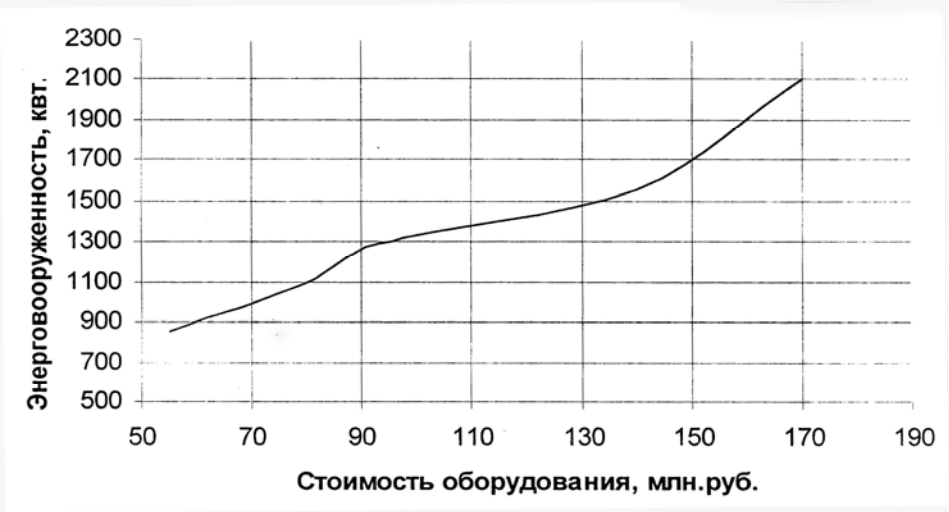


Рис. 5. Влияние стоимости оборудования на его энерговооруженность

новная проблема состоит в согласовании параметров источников газа и его потребителей. Для условий шахт Центрального района Кузбасса нами выполнен анализ источников угольного метана в указанной постановке, рис. 6.

В качестве параметров источников газа приняты расход газа из единичного источника и содержание метана в извлекаемом газе.

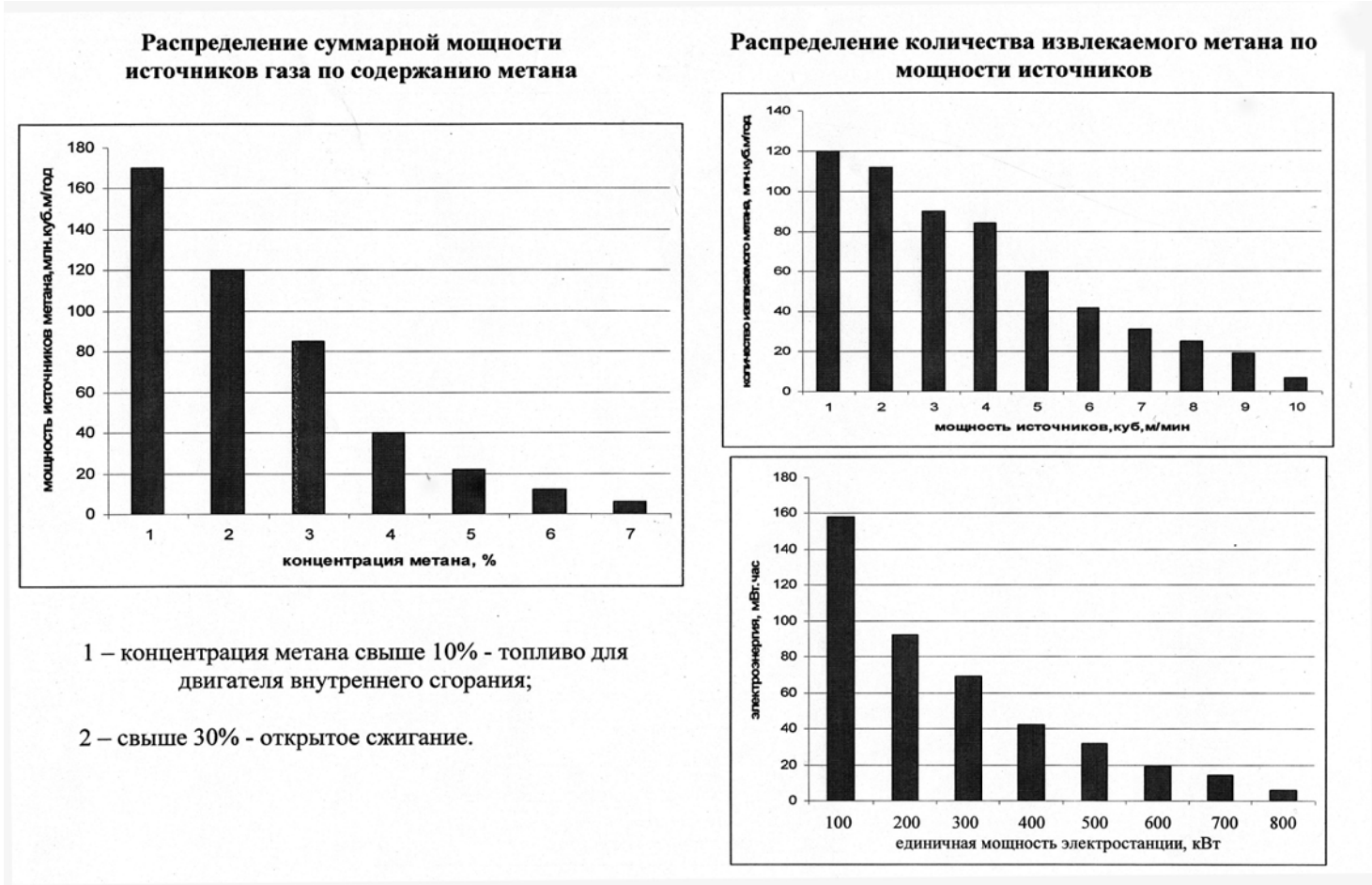


Рис. 6. Характеристики источников угольного метана для промышленной утилизации газа

Рис. 7. Структура электропотребления угольной компании с учетом использования энергетического потенциала угольного метана

Параметры потребителей угольного метана определяются соответственно минимальным расходом газа и допустимой минимальной концентрацией метана.

Исследованиями установлено, что при использовании апробированных нами технологий утилизации угольного метана до 90 % суммарной мощности источников можно отнести к энергетическому потенциалу газа. Этот объем газа с учетом параметров шахтных потребителей производимой энергии позволяет увеличить энерговооруженность шахт в среднем на 20 %, рис. 7.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пучков Л.А., Красюк Н.Н.* Угольный метан в малой энергетике.- М.: Горный журнал, Специальный выпуск №1, 2004.

2. *Пучков Л.А., Красюк Н.Н., Золотых С.С.* Опыт и перспективы использования угольного метана. – М.: Издательство МГГУ. 2004. – 48 с.

3. *Пучков Л.А., Сластунов С.В., Федунец Б.И.* Перспективы добычи метана в Печерском угольном бассейне. – М.: Издательство МГГУ. 2004.

Коротко об авторах

Пучков Лев Александрович – член-корреспондент РАН, ректор Московского государственного горного университета,

Красюк Николай Николаевич – доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой Московского государственного горного университета,

Жмуровский Дмитрий Иванович – объединение «Ленинскуголь».