

О ПРИМЕНЕНИИ ЖИДКОСТНОКОЛЬЦЕВЫХ КОМПРЕССОРНЫХ МАШИН ДЛЯ ДЕГАЗАЦИИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ШАХТНОЙ МЕТАНОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

У статті наведено оцінку екологічної і економічної доцільності впровадження систем утилізації для шахтної метаноповітряної суміші на базі рідинно-кільцевих компресорних машин (РКМ). Розроблено методику перерахунку режимних характеристик РКМ при роботі у вакуум-компресорному режимі для різних концентрацій метану у відкачуваному середовищі та при використанні різних видів робочої рідини.

В статье приведена оценка экологической и экономической целесообразности внедрения утилизационных систем для шахтной метановоздушной смеси на базе жидкостно-кольцевых компрессорных машин (ЖКМ). Разработана методика пересчета режимных характеристик ЖКМ при работе в вакуум-компрессорном режиме для различных концентраций метана в откачиваемой среде и при использовании различных видов рабочей жидкости.

The author has considered an estimation ecological and economic feasibility of introduction by recycling systems for mine's methane-air mixture basing on liquid-ring compressor machines (LRCM) at this article. The technique of recalculation of regime characteristics of LRCM is designed at work on a vacuum-compressor mode for various concentration of methane in pumping mix and at use of various kinds of a working liquid.

По имеющимся прогнозам мировое потребление первичной энергии к 2020 г. может возрасти более чем в 1,65 раза [1]. В связи с этим наряду с основными органическими энергоресурсами: нефтью и природным газом из традиционных источников – возрастает роль метана из угольных пластов и угленосных толщ, который является высококачественным и экологически чистым энергоносителем. В настоящее время во всей Украине очень остро стоит проблема по проведению дегазации и утилизации шахтного метана. Решение данной проблемы позволило бы решить сразу две задачи – улучшить безопасность шахт и уменьшить выброс метана в атмосферу (влияние CH_4 на “парниковый эффект” в 22 раза интенсивней чем CO_2).

Существуют два основных способа дегазации. Применение первого из них позволяет обеспечить лишь безопасность шахтеров. При втором способе в стволах бурятся шурфы, через которые идет откачка метана, в целях недопущения его попадания в стволы шахт, где ведутся работы, далее метан по трубам подается на поверхность. Концентрация метана при такой откачке его из

шахты составляет порядка 25...40%, что делает возможным его дальнейшее использование в качестве топлива для газо-поршневых, газотурбинных установок и других энергогенерирующих установках (ЭГУ). В данном случае также возникает проблема в выборе типа вакуумного насоса для откачки метановоздушной смеси (МВС), а также, – в подборе компрессора для дальнейшей его транспортировки к месту утилизации. Наиболее выгодную позицию среди разнообразных типов компрессорных машин имеют жидкостно-кольцевые компрессорные машины (ЖКМ). В ЖКМ можно использовать различные по своим физико-химическим свойствам рабочие жидкости, и за счет этого сжимать токсичные, взрывоопасные и воспламеняющиеся газы, пары и газожидкостные смеси, в том числе агрессивные и загрязненные механическими примесями [2]. Поэтому ЖКМ очень хорошо подходят для утилизации шахтного метана с последующей его транспортировкой к потребителю.

В существующей практике дегазации угольных шахт уже есть прецеденты использования ЖКМ в качестве первой ступени (извлечение ме-

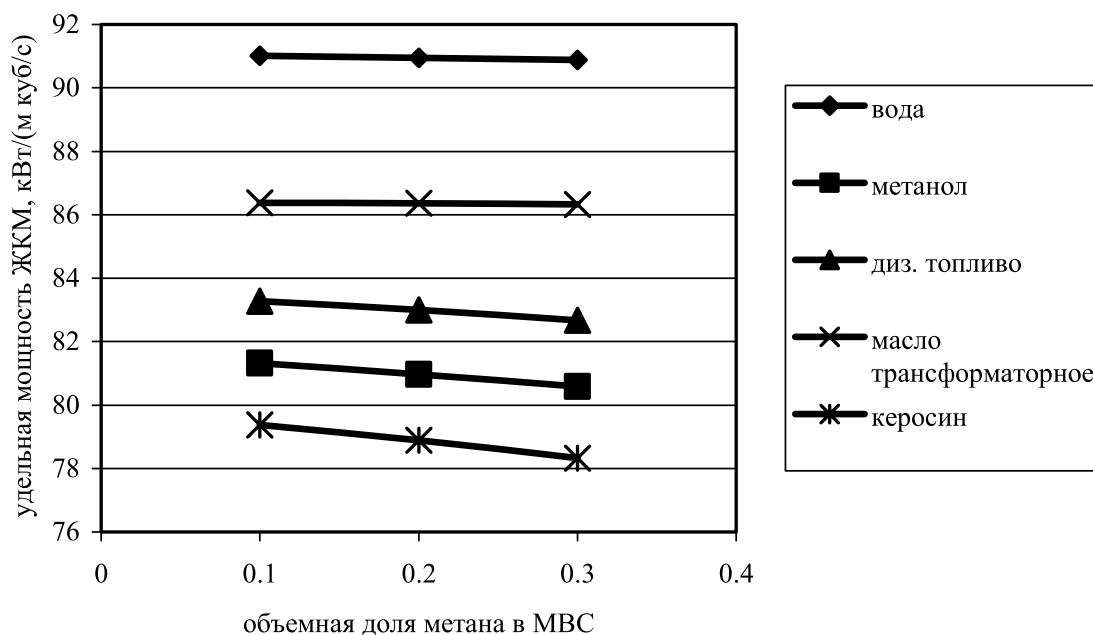


Рис. 1. Вакуумный режим работы ЖКМ с различными рабочими жидкостями при давлении всасывания 40 кПа.

тановоздушной смеси из шахт). При этом, как правило, ЖКМ работает как вакуумный насос, а в качестве рабочей жидкости используется вода. С одной стороны, схема довольно изученная, но, с другой – не экономичная. Ведь вода имеет достаточно большую плотность, что приводит к возрастанию потребляемой мощности вакуум-насоса, а, следовательно, – к увеличению экономических затрат. Еще одним недостатком применения воды в качестве рабочей жидкости ЖКМ есть негативное ее влияние непосредственно на процесс преобразования шахтного метана в электроэнергию. Поясняется этот факт следующим образом. После дегазации угольной шахты МВС, пройдя водокольцевую компрессорную машину, приобретает некоторое количество влаги. Существующие водоотделители, которые изготавливаются в наше время, не обеспечивают полного отделения воды. Поэтому возникает дилемма: транспортировать к месту утилизации МВС с водяными включениями или устанавливать на нагнетательной линии дорогостоящее сепарационное оборудование для тонкой очистки. При этом последний вариант предусматривает не только большие капитальные затраты на приобретение данного оборудования, но и довольно большие эксплуатационные затраты на его обслуживание. Первый же вариант, хоть и не предусматривает выше-

описанных затрат, но таит в себе другой “подводный камень”: когда МВС все-таки попадает в ЭГУ, то остатки воды забирают часть выработанного тепла на собственное парообразование, что влияет на снижение эффективности работы ЭГУ. Кроме того, снижается производительность по МВС на линии подачи в ЭГУ за счет наличия “мертвого” пространства, занимаемого водой. Обе эти проблемы можно решить, применяя в качестве рабочих жидкостей жидкости, отличные от воды по таким физико-химическим свойствам как плотность, вязкость, давление насыщенных паров, возможность горения и пр. Применяя, например, в качестве рабочей жидкости ЖКМ метанол, который в 1,26 раза легче воды и в 1,3 раза менее вязкий, удельная мощность ЖКМ, работающей в вакуумном режиме, уменьшится в среднем на 12%, о чем свидетельствуют расчеты, проведенные автором согласно методике [3]. Это хорошо видно на рис.1. В компрессорном режиме метанол показывает еще лучшие результаты – уменьшение удельной мощности достигает 15% (рис.2). Кроме того, как видно из рис. 1 и 2, перспективным является дизельное топливо, которое имеет низкую плотность (845 кг/м^3 при $20 \text{ }^\circ\text{C}$), низкое давление насыщенных паров ($10...13 \text{ мм рт. ст.}$ при $38 \text{ }^\circ\text{C}$), что сравнимо с давлением насыщенных паров во-

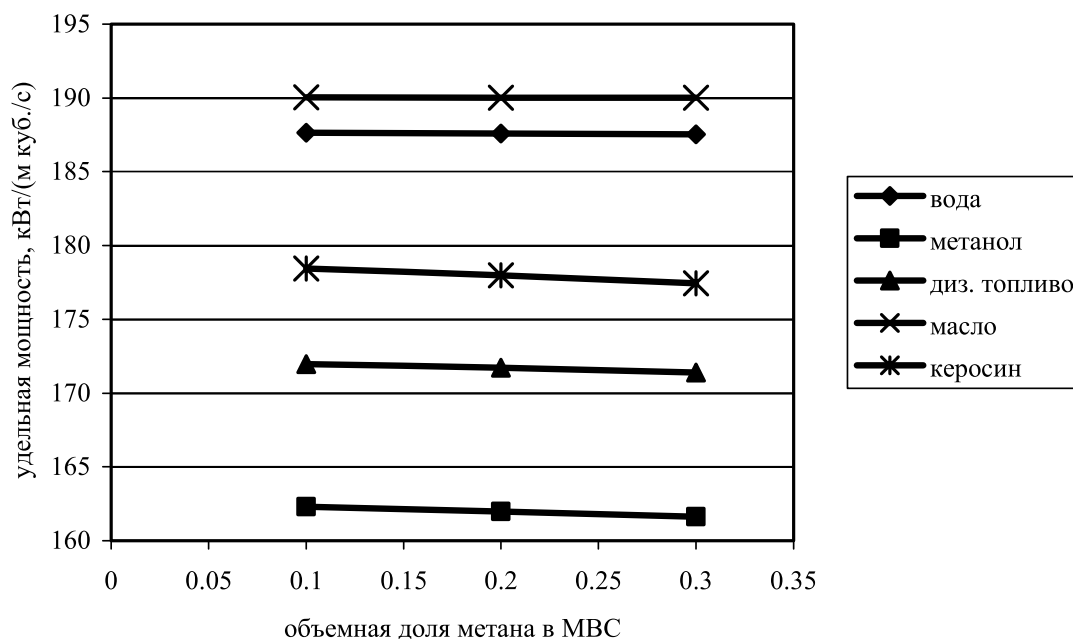


Рис. 2. Компрессорный режим работы ЖКМ с различными рабочими жидкостями при давлении нагнетания 0,1 МПа.

ды, но при этом – большие молярную массу (около 203 кг/кмоль) и температуру вспышки в закрытом тигле (около 65 °С). Как результат – снижение удельной мощности ЖКМ на 8...10 % по сравнению с водой. Еще одним достоинством применения этих жидкостей в качестве рабочих сред ЖКМ есть их горючесть. Даже при неполной очистке МВС от рабочей жидкости, последняя, попадая в ЭГУ, сгорает, выделяя дополнительное количество тепла, а, следовательно, возрастает эффективность этого устройства. Конечно же, нужно стремиться к уменьшению доли рабочей жидкости в потоке МВС, т.к. стоимость того же метанола намного больше, чем воды, но проблема качества сепарации перестает быть такой актуальной. При этом достаточно ограничиться обычным отделителем жидкости, которым комплектуется каждая ЖКМ.

Современные отделители жидкости должны обладать такими преимуществами как простота конструкции, надежность и высокая степень сепарации. Этого можно добиться различными способами, применяя, например, многостадийную пространственную закрутку потока. При этом увеличивается величина инерционных сил, что приводит к интенсивному отделению жидкой фазы как более тяжелой.

Из полученных результатов можно сделать еще один не менее важный вывод о добыче МВС с повышенной концентрацией метана в воздухе, но, конечно же, в рамках предела взрываемости. Это объясняется тем, что метан легче воздуха, и при увеличении доли метана в МВС возрастает объемная производительность при той же потребляемой мощности, т.е. удельная мощность ЖКМ уменьшается.

При добыче и утилизации шахтного метана существуют два этапа: непосредственно откачивание МВС из шурфы и ее транспортировка к ЭГУ. При этом одна ЖКМ работает в вакуумном режиме, а другая, – в компрессорном. Возникает вопрос: возможно ли объединение этих двух устройств в единое целое? Теоретически это возможно, но в реальности жидкостнокольцевые вакуум-компрессоры применяются очень редко. Это обусловлено сложностью конструкции этих машин и более низкой эффективностью по сравнению с одноступенчатыми ЖКМ, что, в свою очередь, обусловлено малой изученностью двухступенчатых ЖКМ. Еще одним недостатком применения двухступенчатых машин по сравнению с одноступенчатыми – высокая вероятность поломки. Двухступенчатые вакуум-компрессоры работают с переменными изменяющимися нагруз-

ками большой амплитуды, т.к. нагрузки в компрессорном режиме намного больше, чем в вакуумном вследствие значительной разницы перепада давления в компрессорном и вакуумном режимах. Кроме того, применение двухступенчатых машин значительно повышает вероятность выхода установки из строя, т.к. вероятность одновременной поломки двух компрессорных машин во много раз меньше вероятности поломки одной двухступенчатой. Выходом из сложившейся ситуации является агрегатирование ЖКМ, т.е. применение для утилизации шахтного метана двух ЖКМ, работающих соответственно в вакуумном и компрессорном режимах.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать выводы о необходимости агрегатирования ЖКМ, т.е. создания комплекса, состоящего из вакуумного насоса и компрессора как двух самостоятельных устройств, работающих на одну цель – утилизацию шахтного метана. Это позволит увеличить

общий КПД установки в целом в отличие от применения двухступенчатых вакуум-компрессоров. В то же время, необходима экспериментальная проверка работы ЖКМ с использованием в качестве рабочей жидкости сред, не требующих тонкой сепарации на линии нагнетания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Энергия: экономика, техника, экология.* – 2001. – № 1.
2. *Бурмака В.Ю.* Анализ и совершенствование методов расчета жидкостно-кольцевых компрессорных машин / Совершенствование турбоустановок методом математического и физического моделирования: Сб. научн. трудов. – Харьков: ИПМаш НАН Украины, 2000. – С. 475–479.
3. *Е.С. Фролов, И.В. Автономова, В.И. Васильев и др.* Механические вакуумные насосы. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.: ил.