

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК С ПОРШНЕВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В СИСТЕМАХ АКТИВАЦИИ МАЛОДЕБЕТНЫХ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Введение

Среди различных способов повышения эффективности и экономичности ДВС достойное место занимают создаваемые на их базе когенерационные установки (КГУ). В них вместе с механической энергией, генерируемой ДВС, получают за счет глубокой утилизации теплоты его систем тепловую энергию, которая может быть использована как в технологических процессах, так и бытовых целях.

Построение энергоустановок по такому принципу позволяет значительно улучшить их экономические показатели и уменьшить вредное влияние на окружающую среду. В качестве топлива в КГУ могут быть использованы любые виды жидких и газообразных углеводородных топлив, в том числе и альтернативные. При этом ДВС должен быть соответствующим образом адаптирован к применяемому топливу.

Актуальность проблемы

В последнее время у разработчиков КГУ с поршневыми ДВС стал возрождаться интерес к использованию замкнутых циклов (ЗЦ) работы [1]. В связи с этим появились новые аспекты использования КГУ, в частности как источника недорогого диоксида углерода CO_2 для закачки в скважины с целью увеличения отдачи нефтяных пластов. Данный метод начал применяться достаточно давно. В 1972 г. он был успешно испытан на нефтяных скважинах в США и показал хорошие результаты. Однако рентабельность этого метода полностью зависит от стоимости закачиваемого CO_2 .

Как показывает анализ, поршневые ДВС, являясь источниками CO_2 и водяного пара от сгорания углеводородного топлива при использовании ЗЦ работы могут составить конкуренцию другим источникам указанных продуктов [2, 3]. При осуществлении ЗЦ работы CO_2 и водяной пар рециркулируются и составляют инертную часть искусственной газовой смеси (ИГС), к которой затем добавляют кислород и направляют на впуск ДВС. Такая ИГС заменяет традиционно используемый в качестве рабочего тела при осуществлении термодинамического цикла воздух. Избыточные количе-

ства CO_2 и водяного пара при работе ДВС выводятся из цикла, при этом CO_2 направляется в нефтяную скважину. В результате растворения нефтяного пласта при взаимодействии с CO_2 образуется газоконденсатная система, которая сепарируется на поверхности на жидкую нефть и газообразный CO_2 .

Осуществление ЗЦ работы ДВС сопровождается решением ряда сопутствующих вопросов, сущность которых можно понять, обратившись к упрощенной принципиальной схеме КГУ с ДВС, приведенной на рисунке 1. При работе ДВС по ЗЦ отработавшие газы (ОГ) из выпускного коллектора 3 направляются в подогреватель ИГС 4, где частично отдают теплоту ИГС на впуске в ДВС, далее охлаждаются в охладителе 5. Образовавшийся при этом конденсат из водяного пара ОГ отделяется в сепараторе 6 и собирается в накопительной цистерне 7. Частично осушенные ОГ, состоящие в основном из CO_2 и H_2O , направляются в регулятор давления 8, где разделяются на два потока: избыточные продукты, которые затем сжимаются компрессором 9 и закачиваются в скважину и основной поток, к которому в смесителе 11 подмешивается кислород. Количество кислорода определяется расходом топлива G_T и регулируется регулятором расхода 12, связанным с блоком управления 13. Запас кислорода находится в емкости 14.

Полученная в результате смешения ИГС подогревается в подогревателе 4 и поступает во впускной коллектор 16 ДВС. Давление ИГС в контуре циркуляции поддерживается регулятором давления 8, управляемым блоком 10 по сигналу датчика давления 17. Нагрузкой ДВС служит электрический генератор 2, обеспечивающий питание потребителей, обслуживающих нефтяную скважину. Теплота, вырабатываемая установкой, отводится для технологических и бытовых нужд через внешний контур охлаждения 15.

В КГУ могут быть использованы двигатели любых типов, как с внешним смесеобразованием, так и дизели. Не ограничивается и выбор топлива. Может быть использованы бензин, дизельное топливо, различные горючие газы, в том числе синтетические. При этом несколько изменяется выход

избыточного CO_2 , однозначно связанный с содержанием углерода в топливе. Например, для дизельного топлива количество CO_2 составляет при полном сгорании 3,19 G_T , а для бензина – 3,135 G_T (G_T – расход топлива кг/ч). Выбор типа двигателя и топлива для него связан с экономическими вопросами эксплуатации КГУ и стоимостью единицы массы вырабатываемого CO_2 .

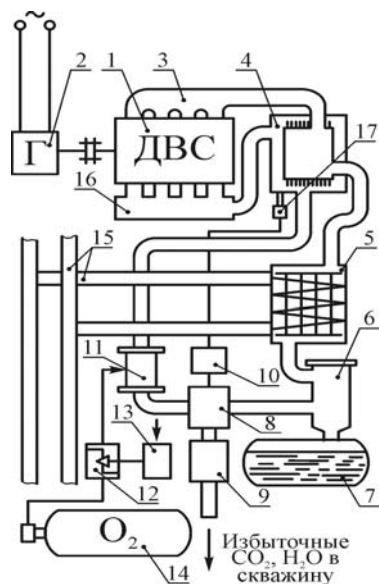


Рис.1. Принципиальная схема когенерационной установки

1 – ДВС, 2 – генератор, 3 – выпускной коллектор, 4 – подогреватель ИГС, 5 – охладитель ОГ, 6 – сепаратор влаги, 7 – сборник конденсата, 8 – регулятор давления ИГС, 9 – компрессор, 10 – блок управления, 11 – кислородный смеситель, 12 – регулятор расхода кислорода, 13 – блок управления, 14 – емкость с кислородом, 15 – внешний контур охлаждения, 16 – впускной коллектор, 17 – датчик давления ИГС

Основная часть

Перевод ДВС на работу по ЗЦ накладывает ощутимый отпечаток на протекание термодинамического цикла и имеет определенные особенности. В первую очередь они обусловлены заменой инертной части рабочего тела: азот постепенно сменяется CO_2 – газом, термодинамические свойства которого отличаются от традиционно используемого газа. Например такой важный показатель как истинная теплоемкость (для сравнения – при постоянном давлении) у CO_2 при 100°C в 1,38 раза выше, чем у азота (40,3 кДж/моль-град против 29,1 кДж/моль-град). И разница эта растет с ростом температуры.

Для оценки степени изменения показателей были проведены теоретические расчеты термодинамических циклов ДВС с рабочими телами на основе воздуха и смеси CO_2 с кислородом. В качестве объекта исследования выбран бензиновый двигатель МЕМЗ-307. Результаты расчетов позволили оценить изменение эффективности протекания отдельных процессов действительного цикла ДВС при переходе на ИГС CO_2 с кислородом. В частности использование таких ИГС приводит к снижению температуры конца сжатия и для восстановления ее значения, соответствующего работе на воздухе, необходим предварительный подогрев ИГС на впуске в ДВС. Для двигателя МЕМЗ-307 при использовании ИГС состава CO_2 – 64%, H_2O – 13%, O_2 – 23% по объему необходим предварительный подогрев ее до 110°C . В дизелях подогрев необходим также для обеспечения нормального самовоспламенения поданного в цилиндр топлива.

Введение предварительного подогрева ИГС на впуске приводит к уменьшению коэффициента наполнения и одним из путей увеличения его значения является повышение давления циркулирующей в контуре смеси.

Влияние высокой теплоемкости рабочего тела на протекание процессов сгорания и расширения проявляется через уменьшение максимальной температуры T_Z и давления цикла p_Z и снижение среднего показателя политропы расширения. Максимальная температура цикла для исследуемого объекта уменьшилась с 2900 К при работе на воздухе до 2160 К с ИГС, соответственно максимальное давление сгорания – с 6,6 МПа до 4,9 МПа. Однако одновременное снижение T_Z и среднего показателя политропы расширения способствовали тому, что температура ОГ в конце процесса мало различалась для рассматриваемых рабочих тел: 1476 К – для воздуха и 1508 К – для ИГС. Результатом отрицательного влияния высокой теплоемкости рабочего тела на все процессы действительного цикла явилось снижение мощности двигателя с 47 кВт до 36,7 кВт и увеличение удельного эффективного расхода топлива с 285,5 г/кВт·ч до 405 г/кВт·ч. Соответственно выросли количества избыточных продуктов от сгорания топлива: CO_2 с 42,07 до 46,6 кг/ч и водяного пара с 17,51 до 19,39 кг/ч.

В общем представлении изменение характера протекания действительного цикла ДВС при переходе на рабочее тело с более высокой теплоемкостью выражается через перераспределение полезно

используемой теплоты и теплоты уносимой с ОГ при незначительном изменении прочих потерь. Полезно используемая теплота при этом уменьшается, а теплота, уносимая с ОГ – увеличивается.

Выводы

Если КГУ рассматривать как источник CO₂ для активации нефтяных скважин, целесообразно использование в ДВС топлив, имеющих в своем элементарном составе большее количество углерода. По этому показателю среди четырех наиболее распространенных топлив – дизельного, бензина, пропан-бутана и природного газа выделяется дизельное, у которого в элементарном составе содержится 87% углерода. У бензина, пропан-бутана и природного газа соответственно 85,5, 82 и 75% углерода. В связи с этим для указанных целей целесообразно использование дизелей. К тому же в подавляющем большинстве двигатели большой мощности – дизели.

При работе КГУ из-за колебаний мощности

ДВС будут изменяться количества избыточных продуктов, а также соотношение между развиваемой мощностью и утилизируемой теплотой, что требует наличия в КГУ эффективных систем автоматического регулирования.

Запуск ДВС КГУ должен осуществляться с использованием воздуха на впуске при дальнейшем переходе на работу по ЗЦ и постепенным освобождением циркулирующей ИГС от азота. В этот промежуток времени ОГ в скважину не направляются, а выбрасываются в атмосферу.

Список литературы:

1. Yantovski E. Zero Emissions Power Cycle / E.Yantovski, I. Gorski, M. Shokotov. // CRC Press, New York. – 2009.
2. Anderson R., Doyle S., Pronske K. Demonstration and commercialization of Zero emissions Power Plan. 29th Int. Conf. on Coal utilization & Fuel Systems // R. Anderson, S. Doyle / Clearwater, FL, USA. – 2004. – Apr. 18-22.
3. Gottlicher G. Energetik der Kohlendioxidrückhaltung // G. Gottlicher / VDI Forschungsberichte, Dusseldorf. – 1999. – Reihe 6. – № 421.

УДК 621.43

П.Ю. Нечволод, асп.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРШНЕВОЙ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ РАБОТАЮЩЕЙ НА ШАХТНОМ ГАЗЕ

Введение

Повышение цен на энергоносители заставляет потребителей стремиться к энергосбережению и использованию альтернативных энергоресурсов. Поэтому необходимо пересмотреть отношение к использованию нетрадиционных энергоресурсов, в частности метана в угольных пластах.

Для предприятий по производству кирпича, расположенных вблизи угледобывающих шахт, проблема использования взамен природного газа шахтного метана, безусловно, актуальна.

Анализ публикаций

До недавнего времени шахтный метан при добыче угля извлекался с целью предварительной дегазации пластов, а также с вентиляционным воздухом в процессе добычи угля. В последние годы он начал использоваться как топливо. Наибольшие успехи в этом направлении достигнуты в США, где в течение последних 25 лет добыча шахтного метана увеличилась более чем в 12 раз и достигла 12,5 млрд.м³/год [1].

В Донецком бассейне уровень использования

каптивированного метана примерно в 5 раз ниже, чем в угледобывающих странах Европы. Использование шахтного метана в Украине имеет ограниченный характер из-за непостоянного состава, а следовательно, и теплоты сгорания, нестабильного дебита, повышенного содержания воздуха, влаги и пыли. Только на 17 шахтах Донбасса используется (в основном на шахтных котельных) до 18 % каптивированного метана. Объем выбросов метана в Донецком бассейне в атмосферу оценивается в 2,5 млрд.м³ в год [2]. В этом случае парниковый эффект, эквивалентен эффекту от выбросов продуктов сгорания почти всего объема природного газа, потребляемого в Украине.

Экологический ущерб от выбросов 1000 м³ метана в атмосферу оценивается в 0,78 грн. Аналогичный показатель для продуктов сгорания такого же количества метана не превышает 0,09 грн. [1]. Из приведенных данных следует, что экологический ущерб существенно снижается при окислении метана. Таким образом, бедные метановоздушные смеси с низким содержанием метана (до 20 %) яв-