

УДК 2.621.4.002.2.

## **ОСОБЕННОСТИ ПОРШНЕВЫХ АГРЕГАТОВ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛО-ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

**А.К.КАУКАРОВ**

*E.mail. [ksucta@elcat.kg](mailto:ksucta@elcat.kg)*

*Бул макалада поршенлик тузулуштун кургак турдо бекемдоосу жана поршендик бекемдоонун изилдоосунун жыйынтыгы жазылган*

*В статье описывается конструкция поршня с уплотнением сухого типа и даются результаты исследований поршневого уплотнения.*

*The paper describes the design of the piston with a seal, dry type and the results of studies of piston seals.*

Основным принципом энергоснабжения, реализованным на территории стран СНГ, является централизованное энергоснабжение. Вследствие этого созданы и функционируют мощные энергоисточники, такие как ТЭЦ, ГРЭС, ГЭС, и протяженные и разветвленные линии электропередач и трубопроводных сетей теплоснабжения. В то же время, в частности, для энергоснабжения сельских поселений 80 % затрат основных производственных фондов приходилось на местные распределительные сети, по которым распределялось менее 20 % реализуемой электроэнергии. Кроме этого, в протяженных распределительных сетях были большие потери энергии. Это приводило к высокой капиталоемкости транспортируемой электроэнергии, которая была на порядок больше, чем в промышленных сетях /1/. В итоге энергетика сельского хозяйства в период существования СССР дотировалась государством.

В современных условиях рыночной экономики изменился подход к тепло-электроснабжению потребителей тепловой и электрической энергии. Решением вопроса энергоснабжения в современных условиях могут стать локальные электростанции или местные малые энергосистемы, максимально приближенные к потребителям и использующие в качестве первичного энергоисточника местные, в том числе возобновляемые, энергоресурсы.

Кыргызская Республика имеет большой энергетический потенциал. В республике действует каскад ГЭС на реке Нарын, и в целом Кыргызстан является электроизбыточным. С учетом отмеченных выше факторов развитие многих хозяйственных объектов и поселений сдерживается необходимостью создания распределительных сетей электроснабжения большой протяженности. В то же время в республике имеется ряд угольных месторождений, которые можно рассматривать как местный энергетический ресурс.

Однако наличие угля не решает проблемы в целом. Уголь в наиболее простом варианте может обеспечить потребности населения в теплоснабжении. Но для современных условий этого недостаточно, так как для бытовых нужд и для развития фермерства, переработки продукции и предпринимательской деятельности требуется электроэнергия. Решением этой проблемы являются когенерационные установки комбинированного получения тепловой и электрической энергии /2/.

Комбинированная выработка электрической и тепловой энергии, при которой на 1 кВт электрической мощности вырабатывается 1,2-1,5 кВт тепловой энергии, применяется практически на всех тепловых электростанциях в крупных городах. Подобный принцип использования теплофикационных паровых турбин применяется и на когенерационных установках, но в меньшем масштабе /3/.

Проблема заключается в том, что для создания локального источника тепловой и электрической энергии в небольших сельских поселениях требуются несоизмеримо малые

мощности, порядка 100-200 кВт. Паровые и газовые турбины, как правило, имеют мощность на порядок выше.

Таким образом, для создания локальных источников тепловой и электрической энергии в сельских поселениях Кыргызстана нужно решить два основных вопроса: использование в качестве источника первичной энергии угля и применение энергоагрегатов небольшой мощности.

Первая задача – использование угля – имеет два варианта решений. Первый – газификация угля с получением генераторного газа, на котором могут работать поршневые двигатели автотракторного типа с искровым зажиганием или дизельные по газодизельному циклу /4/. Такая технология была разработана в XIX веке и широко использовалась в промышленности и транспорте вплоть до 50-60 годов XX века. Производились серийно газогенераторы, газогенераторные автомобили ГАЗ-21 и тракторы /5/, а также газогенераторные энергоагрегаты /6/. В настоящее время технология газификации твердого топлива рассматривается как одна из перспективных, позволяющая использовать не только твердое топливо, но и решать экологические проблемы его применения для теплоснабжения населения /7/.

Вторым вариантом использования твердого топлива для комбинированного энергоснабжения является применение паровой технологии, т.е. паровых котлов на твердом топливе и паровых машин для выработки электроэнергии. Промышленность производит паровые котлы низкого и среднего давления на твердом топливе производительностью от 1 т/ч до 30 т/ч. Паровые котлы малой производительности обслуживаются вручную, более мощные имеют механизированные системы. В настоящее время вопрос подготовки воды для паровых котлов и исключение накипеобразования решен применением специальных комплексонов, вводимых в питательную воду. Это существенно упрощает эксплуатацию паровых котлов на малых установках в сельских поселениях.

Что касается выработки электроэнергии по паровой технологии, для небольших мощностей применимы паровые машины. В начале XX века паровые машины широко использовались в качестве привода на электростанциях. Но создание эффективных паровых турбин и рост мощности агрегатов привели к замене паровых машин турбинами. В настоящее время паровая машина вновь рассматривается как эффективное оборудование для паровых энергоагрегатов малой мощности /8 -10/.

В настоящее время энергетических паровых агрегатов промышленность не производит. Но вопрос решается следующим образом. Промышленность производит поршневые паровые насосы с приводом от паровой машины /11/. Выпускаются вертикальные и горизонтальные насосы с двухцилиндровой паровой машиной на давление пара 11, 22 и 34 кг/см<sup>2</sup>. Мощность единичного двухцилиндрового модуля достигает 20-48 кВт. Используя серийные машины такого типа, применяя соответствующую кинематику, комбинируются агрегаты для привода электрогенераторов.

Другой вариант паровой машины – это конверсия поршневого автотракторного двигателя в паровой двигатель /12/. Удачный опыт выполнения парового двигателя на базе ДВС имеется, по такой схеме был выполнен паровой двигатель опытных автомобилей НАМИ-012 и НАМИ-018 /13/.

Следует отметить, что на рынке энергетического оборудования уже появились энергоагрегаты мощностью от 10 до 300 кВт, работающие на твердом топливе /14, 15/.

Таким образом, для создания энергоагрегатов небольшой мощности, работающих на твердом топливе, имеется два варианта: пиролиз твердого топлива с получением генераторного газа и использование его в двигателях внутреннего сгорания либо паровой цикл при сжигании твердого топлива в котлах и применение паровых машин для привода энергетических агрегатов. При этом на силовых поршневых агрегатах вырабатывается электроэнергия, а отработавшие газы от двигателей внутреннего сгорания или пар от

паровых машин используются для теплоснабжения. Общим признаком для этих двух альтернативных вариантов является применение поршневых расширительных машин, имеющих цилиндро-поршневую группу как основной элемент энергетического агрегата.

Опыт эксплуатации поршневых двигателей имеется в автотранспорте. Однако условия эксплуатации автотранспорта и стационарных агрегатов отличаются. Исследованиями установлено, что, например, при эксплуатации автомобилей с двигателями ЗМЗ-53, межремонтный ресурс которых 3000 мото-часов, компрессия к концу межремонтного периода за счет износа цилиндро-поршневой группы снижается в два раза, а удельный и, соответственно, эксплуатационный расход топлива возрастает в 1,5-1,6 раза. При этом заметное ухудшение технико-экономических показателей проявляется уже после 1000-1500 мото-часов /16/.

В транспортном секторе вопрос снижения технико-экономических показателей при наличии многих транспортных единиц в автохозяйстве решается своевременным выводом изношенного транспорта в ремонт и заменой его для обеспечения транспортных задач отремонтированными транспортными единицами. При применении агрегатов для энергоснабжения применяются стационарные установки, они, как правило, работают в режиме постоянной работы, а количество единиц ограничено и определяется требуемой мощностью при наличии резерва на случай аварийного выхода из строя основных энергетических агрегатов. Число часов работы стационарного энергетического оборудования превышает число часов работы транспортных агрегатов, а возможности их замены ограничены. Если распространять данные снижения технико-экономических показателей транспортных агрегатов на стационарные энергетические установки, то следует сделать вывод, что стационарные энергетические агрегаты будут работать с пониженными качественными показателями большую часть времени их эксплуатации.

Отсюда возникает задача улучшения показателей поршневых агрегатов за счет снижения в них механических потерь, увеличения ресурса агрегата, в первую очередь, элементов цилиндро-поршневой группы, а также обеспечения стабильности технико-экономических показателей на всем протяжении межремонтного ресурса энергетического агрегата. Решение этого вопроса просматривается в новой конструкции поршневого уплотнения цилиндро-поршневой группы с применением антифрикционных материалов.

В его конструкцию заложен принцип использования твердой смазки на основе графита, а также конструкция компрессионных колец, которые обеспечивают постоянную герметичность независимо от степени изнашивания на протяжении всего ресурса уплотнения. Это обеспечивается кольцами специальной конструкции, в количестве двух колец в одной проточке на поршне, причем кольца выполнены жесткими и разъемными, состоящими из двух полуколец, стыкующимися специальными замками, которые за счет расположения замков колец в различных плоскостях в вертикальной плоскости исключают прорыв газов в подпоршневый объем. На цилиндрической рабочей поверхности колец имеется кольцевая проточка, которая заполнена антифрикционной массой на основе графита со связующим (рис. 1).

Конструкция поршневого уплотнения защищена патентом РК. Расчетами получено, что трение колец с графитовым антифрикционным покрытием может составить 15 % от величины потерь механической энергии стандартного поршневого уплотнения с двумя компрессионными кольцами /17/. Предложенная конструкция поршневого уплотнения была выполнена и испытана на опытной установке (рис. 2, 3) /18/.

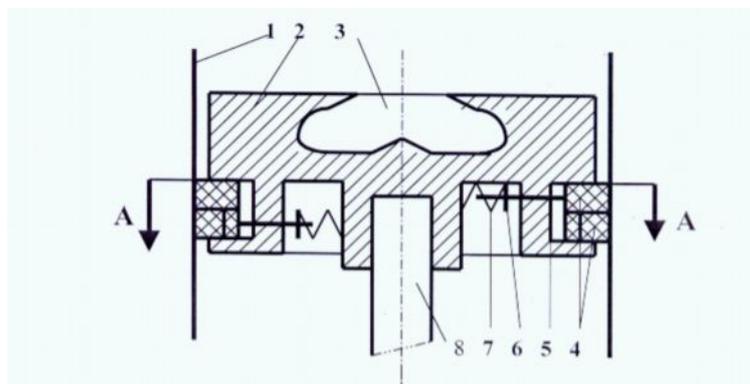


Рис. 1. Конструкция поршня с уплотнением сухого типа:  
1 – стенка гильзы цилиндра; 2 – корпус поршня; 3 – камера сгорания в поршне;  
4 – компрессионные кольца из антифрикционного композитного материала, два кольца в общей проточке, каждое из колец из двух полуколец; 5 – проточка в корпусе поршня для размещения колец; 6 – штоки для отжима колец с упорами; 7 – пружины для прижатия колец к зеркалу цилиндра; 8 – шток поршня



а

б

Рис. 2. Конструкция комплекта колец для уплотнения поршня в цилиндре:  
а – два полукольца для создания кольца одного уровня; б – полный комплект полуколец для уплотнения одного поршня

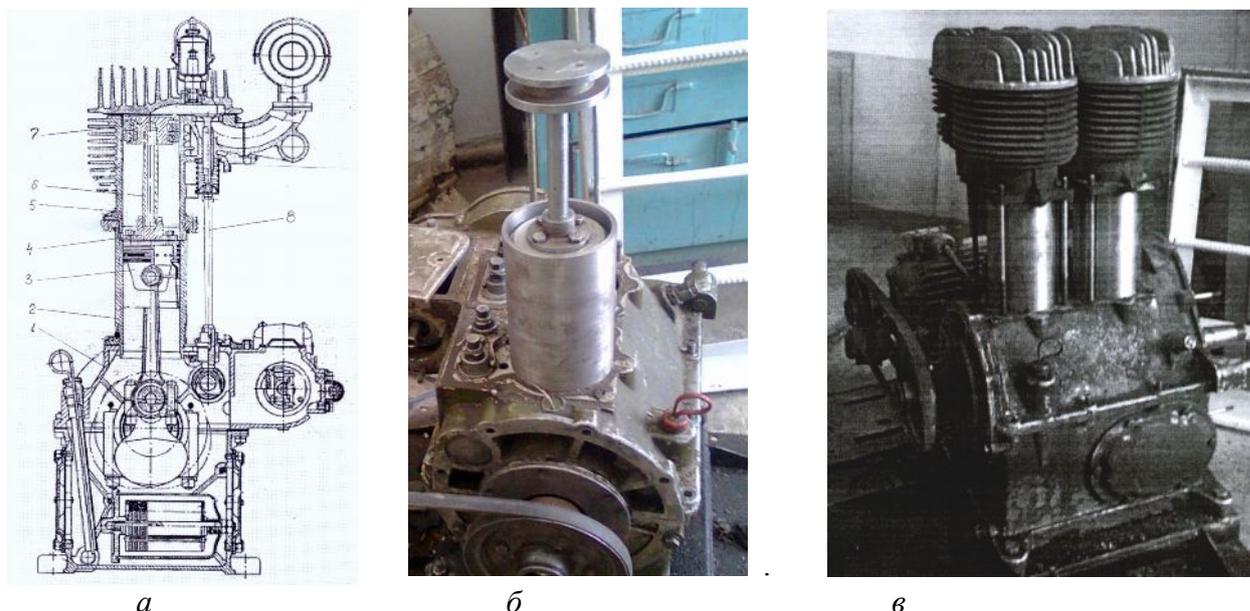


Рис. 3. Опытная установка для поршневого сухого уплотнения на базе двигателя УД-2М: *а* – схема опытного двигателя для испытания сухого уплотнения поршня: 1 – корпус базового двигателя; 2 – трубчатая вставка, направляющая крейцкопфа; 3 – ползун крейцкопфа – стандартный поршень без колец, компрессионных и маслоъемного; 4 – фланец штока поршня; 5 – цилиндр; 6 – шток поршня; 7 – опытный поршень с комплектом компрессионных колец разработанной конструкции; 8 – удлиненные штанги толкателей клапанов; *б* – двигатель в момент сборки, *в* – вид цилиндров реконструированного двигателя

Результаты исследований поршневого уплотнения показали снижение механических потерь в цилиндро-поршневой группе. Усилие на сдвиг поршня с новым уплотнением составляет около 60 % от усилий, характерных для стандартного уплотнения. В двигателе с исследуемым уплотнением компрессия обеспечивалась на уровне паспортных показателей для стандартной комплектации. Исследования на предмет ресурса поршневого уплотнения показали, что при принятых конструктивных характеристиках ресурс составляет 3000 мото-часов /19/. При этом технико-экономические показатели двигателя, зависящие от компрессии, не снижаются на всем протяжении рабочего ресурса двигателя.

Результаты, полученные на поршневом двигателе внутреннего сгорания, применимы как для ДВС, так и для паровых машин, так как в паровых машинах условия эксплуатации (температура, давление и скорость поршня) менее жесткие, чем в ДВС.

В результате выполненной работы разработана конструкция поршневого уплотнения, обеспечивающая длительный ресурс поршневой машины при высоких технико-экономических показателях. Они позволяют применять поршневые машины в качестве источников теплоснабжения и электроснабжения в автономных системах энергоснабжения небольших сельских поселений и сельскохозяйственных предприятий.

### Список литературы

1. Трофимов А.С., Рабинович М.Н. Современная электроэнергетическая ситуация в республике Казахстан. – Алматы: Казсельэнергопроект, 2000. – 30 с.
2. Когенерационные установки [www.eurodiesel.com.ua/ru/products/cogeyeretion.html](http://www.eurodiesel.com.ua/ru/products/cogeyeretion.html)
3. Усачев И.П., Матвеев А.В., Тарасенко К.С. Применение турбин малой мощности при переходе к автономному энергоснабжению [www.energsovet.ru/stat85.html](http://www.energsovet.ru/stat85.html)

4. Гринс Л.П. Силовые газогенераторные установки для сельского хозяйства. – Киев: Машгиз, 1956. – 196 с.
5. Токарев Г.Т. Газогенераторные автомобили. – М., 1955.
6. Справочник электрика промышленных предприятий. Раздел 31, 32 – Газогенераторные электростанции с газовыми двигателями. – С. 875.
7. Ильюша А.В. Газогенераторные станции и устройства снабжения синтез-газом бытовых котельных //Промышленная энергетика. – 1996. – С. 34-36.
8. Жигалов В.А. Паровая машина – это актуально //Промышленная энергетика. – 2003. – № 37. – С. 22.
9. Некрасов В.Г. К вопросу о применении паровых машин // Промышленная энергетика. 2004. – № 47. – С. 55-57.
10. Дубинин В.С., Лаврухин К.М., Першин Л.И., Титов Д.П. Паросиловая установка (локомобиль), не подлежащая регистрации в органах Госгортехнадзора, с топкой вибрационного горения под наддувом на древесных отходах // Материалы международной научно-практической конференции «Малая энергетика-2005». – 4 с.
11. Первый московский насосный завод. [www.mnz1.ru](http://www.mnz1.ru)
12. Рогов Е. Паровая машина из старого ДВС. // Изобретатель и рационализатор. – 2008. – № 1.
13. Мамедов В. Паровой автомобиль НАМИ-012// Грузовик-Пресс. – 2004. – № 9. [www.fvtogaz.ru/dopkontent/parfvto.html](http://www.fvtogaz.ru/dopkontent/parfvto.html)
14. НПО «ИНВЕРСИЯ». Паровая электростанция (мини-ТЭЦ) [www.inversya.com](http://www.inversya.com)
15. ООО «ИНВЕРСИ» Электростанции мини-ТЭЦ 10-300 кВт, дрова/уголь/торф // Уральский снабженец. – 2010. – № 7.
16. [www.ural-snab.ru/rubricator.2005.05/equipment/16/print.php](http://www.ural-snab.ru/rubricator.2005.05/equipment/16/print.php)
17. Хайруллин Б.Т. Обоснование предельно-допустимого износа поршневой группы силовых установок дорожных машин // Вестник КзАТК, – Алматы, Том IV. – С. 30-32.
18. Каукаров А.К., Некрасов В. Г. Цилиндро-поршневая группа двигателя внутреннего сгорания // Вестник Кыргызского отделения Международной академии энергетики им. А.Эйнштейна. – Бишкек, 2006. – № 2. – С. 69-77.
19. Каукаров А.К., Некрасов В.Г., Куанышев М.К., Мухтаров А.Т., Мурзагалиев А.Ж., Байбулов А.К. Опытная установка по исследованию сухого уплотнения поршня в цилиндре // Вестник Актюбинского государственного университета. – Актюбе, 2008. – №4. – С. 60-66.
20. Каукаров А.К., Некрасов В.Г., Куанышев М.К., Мурзагалиев А.Ж. Исследование сухого уплотнения поршня двигателя внутреннего сгорания // Вестник Актюбинского государственного университета. – Актюбе, 2009. – № 4. – С. 85-93.