

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) = Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный). - 2018. - №3 (98). - С.186-195

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА ДЛЯ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ СВЕРХМАЛОЙ МОЩНОСТИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.Д. Мехтиев, к.т.н., доцент,

В.В. Югай, PhD, доцент,

Н.Б. Калиаскаров, магистр технических наук,

А.Д. Алькина, магистр технических наук,

Д.М. Турдыбеков, к.х.н

Карагандинский государственный технический университет

Аннотация

Микро электростанция с двигателем с внешним подводом теплоты будет вырабатывать электрическую энергию для собственных нужд предприятия, используя тепловые потери коксового производства. Основой микро тепловой электростанции является двигатель с внешним подводом теплоты, работающий по принципу Стирлинга. В своей работе мы учитываем положительные результаты, опыт и достижения зарубежных ученых, для создания собственной конструкции. В статье приведены некоторые результаты исследований по эффективности работы двигателя с внешним подводом теплоты. Была исследована двигатель с внешним подводом тепла типа «Гамма». Особый акцент был уделен на основные технические характеристики модели. Было выявлено что для достижения высокого КПД двигателя необходимо добиться эффективного нагрева и охлаждения тела. Двигатели спроектированы таким образом, чтобы он обеспечивал максимальный и быстрый нагрев рабочего тела. В статье приведены графические рисунки разных зависимостей при каких-либо внешних воздействиях. Экспериментальным путем были рассчитаны показатели давление рабочего тела в цилиндрах и частота вращения для достижения максимального КПД.

Ключевые слова: *Тепловая электростанция, двигатель Стирлинга, когенерация, металлургия, тепловая энергия, коксовая печь, кокс.*

Введение

В коксовой печи под воздействием высокой температуры около 900—1100 °С

без доступа воздуха происходит превращение угля в кокс, в результате которого выделяется

коксовый газ. Количество произведенного газа зависит от температуры и продолжительности цикла производства, продолжительностью которого около 13-14 часов, из одной тонны коксующегося угля (в зависимости от качества), коксовая печь производит 740 - 780 кг твердого кокса и 15-18 % коксового газа. В качестве топлива используют коксовый газ для котлов ТЭЦ, его также можно использовать вместо природного газа для мартеновских печей, нагревательных колодцев и печей в прокатных цехах.

Учитывая многолетний опыт АО «АрселорМиттал Темиртау» по использованию коксового газа для нужд энергетики, мы разработали электрический генератор с приводом от двигателя с внешним подводом теплоты, работающий по принципу Стирлинга, способный производить электрическую энергию при сжигании коксового и полукоксового газа, последний отличается низкой калорийностью и требует серьезной очистки. Практика показала, что эксплуатация газогенераторных электростанций не совсем эффективна при работе на коксовом и полукоксовом газе, так как требуются значительные вложения в системы очистки и последующий ремонт силового агрегата (двигателя внутреннего сгорания). Наша разработка должна решить проблему утилизации части коксового и полукоксового газа, который приходится сжигать факелом. Еще одним направлением является охлаждение коксового газа с температуры с 600°C до 200°C

С для дальнейшего его использования в газогенераторной установке. Такая проблема возникла у АО «Казахстан Инвест Комир», образованной в 2005 году по государственной инвестиционной программе импортозамещения, так как потребности металлургов значительно увеличились и приходится закупать кокс за рубежом. Предприятие располагает производственной базой, предназначенная для получения специального кокса и активированного угля, а также для утилизаций горючего газа для выработки электроэнергии и сушки древесины. Коксовальный газ на выходе из печей, не позволяет его использовать без очистки на химическом заводе, а также улавливаю продукты сухой перегонки угля и влаги. Проведенный анализ в химической лаборатории показал следующий его состав: $300-500\text{г/м}^3$ водяных паров, $100-125\text{г/м}^3$ смолы, $30-40\text{г/м}^3$ бензольных углеводородов, $7-1\text{ г/м}^3$ аммиака, $5-20\text{г/м}^3$ сероводорода, незначительная доля вкраплений сероуглерода, окислов азота и циана. Очищенный коксовый газ имеет хорошие показатели по теплотворной способности $14-18\text{ МДж/м}^3$, данные показатели делают его очень эффективным топливом.

Работа выполнена в рамках проекта «Микро тепловая электростанция когерационного типа с рекуперацией тепла» (№ AP05131751), целью которого является создание к 2020 году опытного образца микро тепловой

электростанция (МТЭС) и проведение ее полномасштабных испытаний в условиях АО «Казахстан Инвест Комир». МТЭС будет вырабатывать электрическую энергию для собственных нужд предприятия, используя тепловые потери коксового производства. Отработку образца начнем с лабораторной установки, мощность которого равна приблизительно 50 Вт, но в последствие планируется постепенно приближаться к необходимой расчётной мощности 100 кВт. В качестве силового агрегата будет использован четырех цилиндровый двигатель

Материалы и объект исследования.

В данной статье будут учитываться положительные результаты, опыт и достижения разработчиков прошлого века, создавших множество модификаций двигателя с внешним подводом теплоты работающего по циклу Стирлинга, например, Philips, STM Inc., Daimier Benz, Solo, United Stirling, выпускавшие промышленные образцы [1]. Будет учтен опыт современных производителей: Ecorpower, WhisperGen, Microgen, Lion-Powerblock, Honda, EcoGen, которые используют схожие технологии. Современные зарубежные образцы имеют высокую эффективность и стоимость с мощностью 1 кВт, работающие в основном на природном газе. Копирование данных образцов полностью отвергается АО «Казахстан Инвест Комир», компания ставит задачу разработки двигателя ДВПТ собственной конструкции и

двухстороннего действия с кривошипной шатунным механизмом. В планах провести пуско-наладочные работы совместно с инженерами АО «Казахстан Инвест Комир». В настоящее время в Казахстане нет опыта использования МТЭС на основе двигателя с внешним подводом теплоты (ДВПТ) и приходится проводить ряд предварительных исследований и отработок на небольших по мощности моделях, поэтому нашей целью является развитие и внедрение данных альтернативных источников в производство.

способна эффективно работать в их условиях эксплуатации. Вторым моментом должна быть решена задача его дальнейшего производства по минимально возможной цене, с использованием материалов и технологий, которые имеют Казахстанское содержание. Максимальное исключение импортных комплектующих и проектируемого ДВПТ, сильно усложняет задачу на первоначальном этапе, но будущие научные и опытно-конструкторские работы должны послужить основой успешной реализации проекта и востребованности нашей разработки на производстве. Для этого нами будут внесены ряд изменений в типовые известные конструкции ДВПТ [1], а также приводного механизма и электрического генератора. Предстоит отработать свою конструкцию нагревателя, регенератора, охладителя и уплотнений поршней, для

достижения максимально возможного КПД. В качестве системы охлаждения будет использоваться жидкостный охладитель с обдуваемым радиатором.

Ожидаемый результат от внедрения МТЭС в будущем: частичная или полная независимость компании от внешних источников энергии и ежегодного роста тарифа на электрическую энергию; переход к энергоэффективным и энергосберегающим технологиям, сокращающих тепловые потери предприятия; снижение стоимости 1 кВт/ч производимой для собственных нужд электроэнергии с перспективой продажи излишков во внешнюю электрическую сеть; примерный срок окупаемости МТЭС должен быть в более 5 лет. Нами проведен анализ литературных источников [3...8] для получения необходимой информации о состоянии вопроса и уровню достижений, для корректировки своей работы и исключения дублирования уже проведенных научных исследований. В источниках [9,10]

уже опубликованы результаты нашей работы, с которыми можно ознакомиться для получения информации с уже проделанной научной работе.

На начальном этапе своей работы мы провели ряд экспериментов с небольшими и известными по конструкции моделями, для отработки будущей конструкции и накопления опыта по их изготовлению, что в дальнейшем позволит нам добиться оптимальной конструкции ДВПТ. Выбранный нами для экспериментов тепловой двигатель, работает по циклу Стирлинга, конструктивно реализован по известному типу «Гамма» [1]. Это известный тип двигателя и широко используется в других странах, описание которого можно найти в источнике [2]. Он содержит холодный цилиндр 1 с поршнем 2 и горячий цилиндр 3 с вытеснителем 4, кривошипно-шатунный механизм 5, нагреватель 6 и охладитель 7 (радиатор) с магистралью для перекачки рабочего тела, станину для крепления элементов механической части и цилиндров.

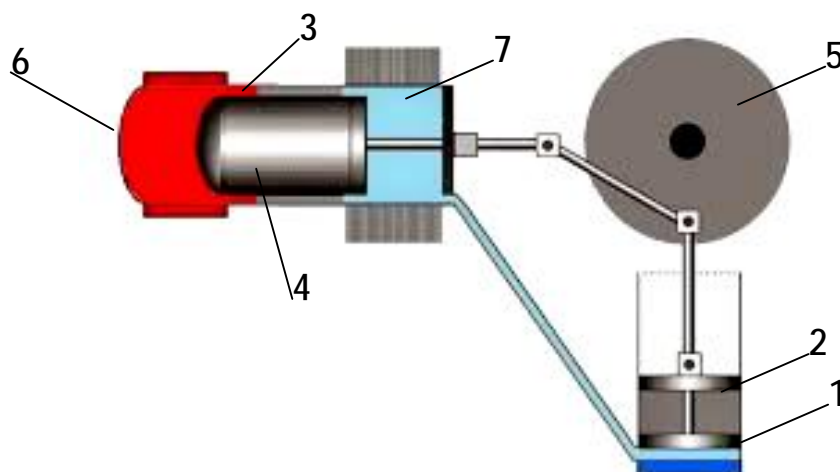


Рисунок 1 – Конструкция двигателя Стирлинга типа «Гамма»

В предложенной модели используется одноцилиндровый ДВПТ типа «Гамма» с массивным маховиком, что в первую очередь сильно влияет на массогабаритные размеры, во-вторых для его пуска требуется значительное усилие, чем для четырех цилиндрового с поршнями двойного действия без массивного маховика, который мы собираемся использовать в будущем. В результате чего колебания скорости вращения и момента станут минимальными и его можно будет эффективно использовать для МТЭС, соответственно он сможет оказать значительную конкуренцию атмосферному дизельному двигателю. Наш двигатель является высокотемпературным.

Основные технические характеристики модели:

- электрический генератор на постоянных магнитах до 20 Вт;
- механическая мощность до 50 Вт;
- частота вращения, 300-1200 об/мин;
- рабочее тело воздух;
- давление рабочего тела в цилиндрах не более 0,5 МПа;
- система охлаждения воздушная;
- температура пламени газовой горелки до 700⁰ С;
- температура воздуха в помещении 22⁰ С;

Для достижения высокого КПД двигателя необходимо добиться эффективного нагрева и охлаждения тела. В дальнейшей

работе мы постараемся спроектировать нагреватель таким образом, чтобы он обеспечивал максимальный и быстрый нагрев рабочего тела. В исследуемой модели нет регенератора, что снижает его КПД до 3 раз, естественно в будущей конструкции мы это важное обстоятельство учтем. Система охлаждения должна быть с принудительной циркуляцией автомобильного антифриза, что позволит получить большую разницу температур на нагревателе и охладителе, чем большая разница температур горячего и холодного цилиндров, тем выше КПД [1]. В эксперименте участвует модель с естественным охлаждением, но если на охладитель поместить смоченную в воде кусочек ткани, то охлаждение рабочего тела улучшается, при этом повышается мощность двигателя и его число оборотов в минуту. Для измерения оборотов вращения двигателя использовался лазерный бесконтактный тахометр Victor DM6234P (производства Китай). Для измерения температуры нагревателя использовался Пирометр С – 20.3 (производства Россия). Давление нагнеталось через штуцер с ниппелем, установленным в холодном цилиндре, при помощи поршневого компрессора. Параметры давления измерялись при помощи манометра с диапазоном измерения от 0 до 0,6 МПа.



Рисунок 2 - Исследуемый двигатель с внешним подводом тепла типа «Гамма»

Основные результаты исследования НИР

В ходе работы использовались известные классические методы экспериментально-теоретического уровня, основанные на проведении эксперимента с анализом (синтез, индукция, дедукция, моделирование, гипотетический, логический и исторические методы). Данные методы позволяют нам не только собрать необходимые нам факты об объекте исследования, но и проверить их, а также систематизировать, выявить неслучайные зависимости и определить причины их следствия. Были использованы известные математические и статистические методы для обработки полученных данных для установления количественных зависимостей между изучаемыми явлениями, для оценки результатов эксперимента и повышения надежности выводов. При помощи статистических методов нами определены средние величины полученных показателей,

среднее квадратическое отклонение и выполнен регрессионный анализ. Результаты, обработанные с помощью этих методов, позволяют показать количественную зависимость в виде графиков. Обработка данных производилась при помощи компьютерной программы для обработки статистических данных.

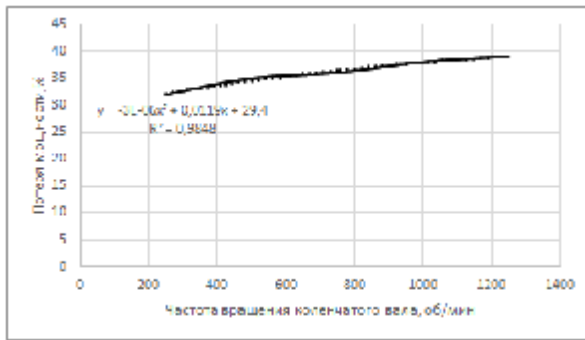
При изменении давления изменяются и термодинамические показатели рабочего тела и теплопередачи, при увеличении давления рабочее тело поглощает больше тепла, а значит появляется дополнительная механическая энергия. Удельная теплоемкость использованного нами воздуха зависит от температуры и давления. При увеличении давления в два раза вырабатываемая мощность пропорционально увеличивается, а вот КПД увеличивается менее чем на 0,5%. Предстоит решить проблему уплотнений, работающих без смазки, без которых

невозможно достичь КПД 20-30% (Philips достигали 40% КПД), при их повреждении мощность двигателя сильно падает или он вообще перестает работать.

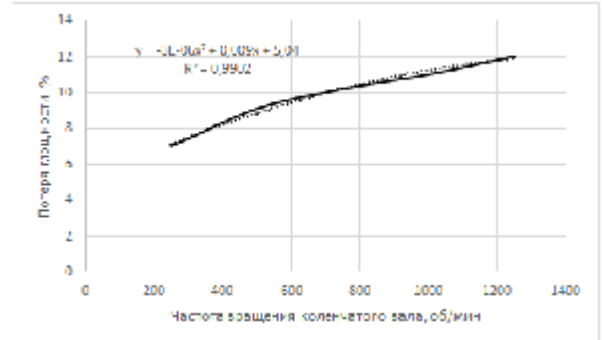
Моделирование процесса увеличения давления при помощи компьютерной программы, показало, что увеличение давления положительно сказывается на мощности двигателя, но его повышение свыше 27 МПа может негативно отразиться на рабочих характеристиках двигателя, проблем с теплообменником и выходу из строя уплотнений. Повышение давления напрямую увеличивает КПД двигателя, а вот скорость вращения практически не влияет на крутящий момент, а только оказывает влияние на эффективность работы генератора, чем выше ее показатели, тем больше выдает мощности генератор. В данном типе двигателя очень легко достигается максимальный крутящий момент при низких скоростях вращения. В разрабатываемом нами двигателе в качестве рабочего тела будет использоваться воздух с давлением 10 МПа. В данном варианте нельзя превзойти лучшие мировые образцы по мощности и КПД, но зато облегчим работу уплотнений и существенно снизим стоимость двигателя в целом. Если будет возможным достичь показателей

давления в 20 МПа, то будет решены сразу несколько важных задач, повышение мощности и КПД без увеличения массы двигателя в целом, а значит очень большая привлекательность использования по сравнению с дизельным двигателем. Для снижения температуры в зоне работы уплотнений длина рабочего поршня будет в 3,5 раза больше чем его ход.

Проведённые нами предварительные исследования по испытанию моделей показали важный фактор, касающийся эффективной работе ДВПТ, это конструкция уплотнений и материал для их изготовления. На рисунке 2 показана зависимость потери мощности при использовании кольцевых уплотнений рабочего поршня. С помощью компьютерного моделирования нами были получены данные, что при увеличении частоты вращения коленчатого вала до 3000 об/мин, потери мощности снизятся до 24%. Лучший результат показали скользящие уплотнения из полимера с низким коэффициентом трения при увеличении частоты вращения коленчатого вала до 3000 об/мин, а потери мощности снизятся до 7%.



а)



б)

а –кольцевые уплотнения, б- скользящие уплотнения

Рисунок 3 – Значение потери мощности в процентном соотношении в зависимости от частоты оборотов коленчатого вала для кольцевых и скользящих уплотнений

Это обстоятельство необходимо учесть при конструировании будущего двигателя, желательно достичь частоты оборотов коленчатого вала в 3000 об/мин, что благоприятно скажется на работе электрического генератора. Более низкая частота вращения коленчатого вала в диапазоне 1000 - 1200 об/мин будет создавать ряд проблем с частотой вырабатываемого тока и для ее увеличения придётся использовать конструкции тихоходных электрических генераторов, которые будут значительно больше в габаритных размерах и иметь большую стоимость. В данной модели не удалось добиться 3000 об/мин, так как вытеснитель имеет минимальный зазор между стенками горячего цилиндра и при повышении температуры свыше 300⁰ С увеличиваются потери на трение рабочего тела о стенки цилиндра. Для решения этой проблемы необходимо увеличить зазор и установить проволочный регенератор. Еще одной проблемой, которую предстоит

решить, это точность изготовления скользящих уплотнений из полимера. Проведенные нами натурные эксперименты показали, что падение мощности нашего двигателя будет зависеть от величины утечки рабочего тела через неплотности уплотнений (рисунок 4). Но при увеличении частоты оборотов коленчатого вала до 3000 об/мин, потери мощности из-за утечек рабочего тела снижаются до 4%. На рисунке 5 показано значение давления на КПД двигателя.

Нами намерено изменяться рабочее давление в цилиндрах в диапазоне от 0,1 до 0,5 МПа. При этом подвод тепловой энергии от пламени горелки оставался постоянным, соответственно в будущей конструкции мы собираемся создавать рабочее давление не менее 1 МПа, но желательное значение давления около 10 МПа, но это вызовет серьезные нагрузки на уплотнения и другие части двигателя, по которым циркулирует рабочее тела.

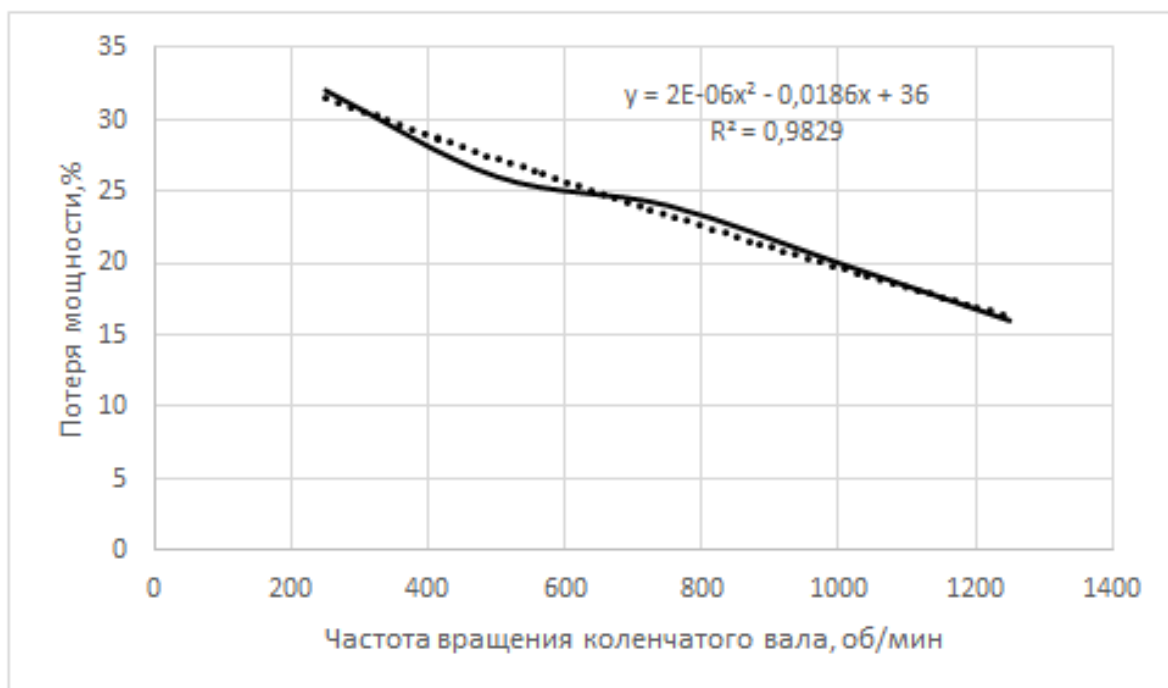


Рисунок 4 – Значение потери мощности в процентном соотношении в зависимости от частоты оборотов коленчатого вала при возникновении утечки рабочего тела

Представленный график на рисунке 6 показывает, что для повышения мощности теплового ДВПТ необходимо повышения давления рабочего тела в его цилиндрах. На графике показано зависимость увеличение мощности от давления рабочего тела, проанализировав результаты опытов, необходимо достичь давления до 10 МПа, а в идеальном случай до 20 МПа. Это позволит сократить массу и габаритные

размеры двигателя до параметров современного дизельного двигателя внутреннего сгорания. Основной проблемой обеспечения необходимого давления является обеспечение целостности уплотнения, которые раотают в режиме сухого трения. Для обеспечения давления от 10 до 20 МПа, необходимо использовать в гачестве рабочего тела гелий или воздух с добавлением водиноного пара.

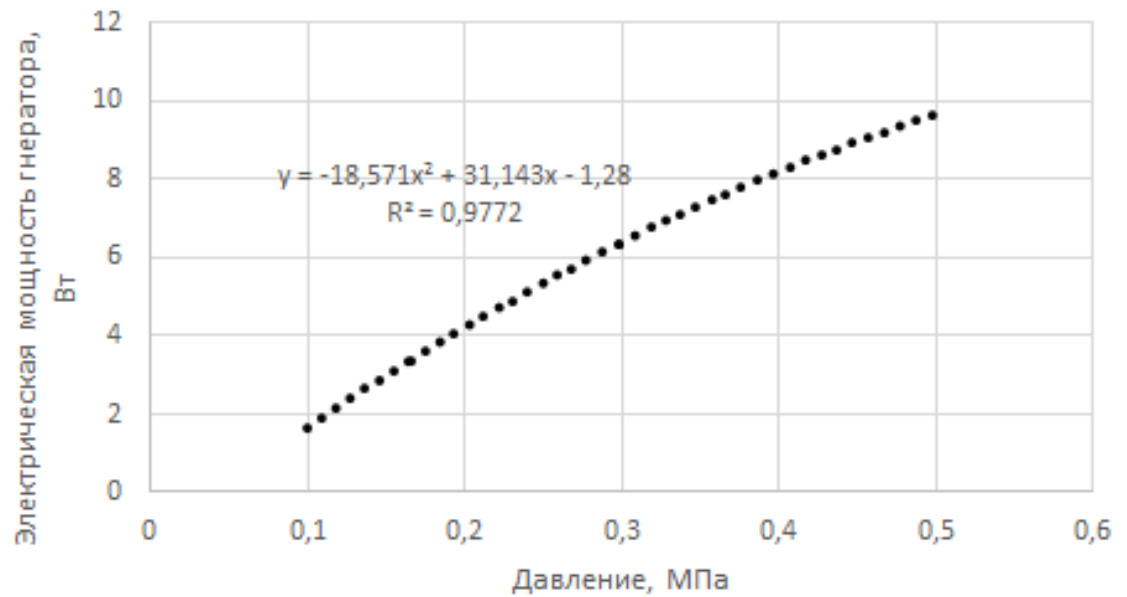


Рисунок 5 - Зависимость электрической мощности генератора от давления рабочего тела, при частоте вращения коленчатого вала 1500 об/мин

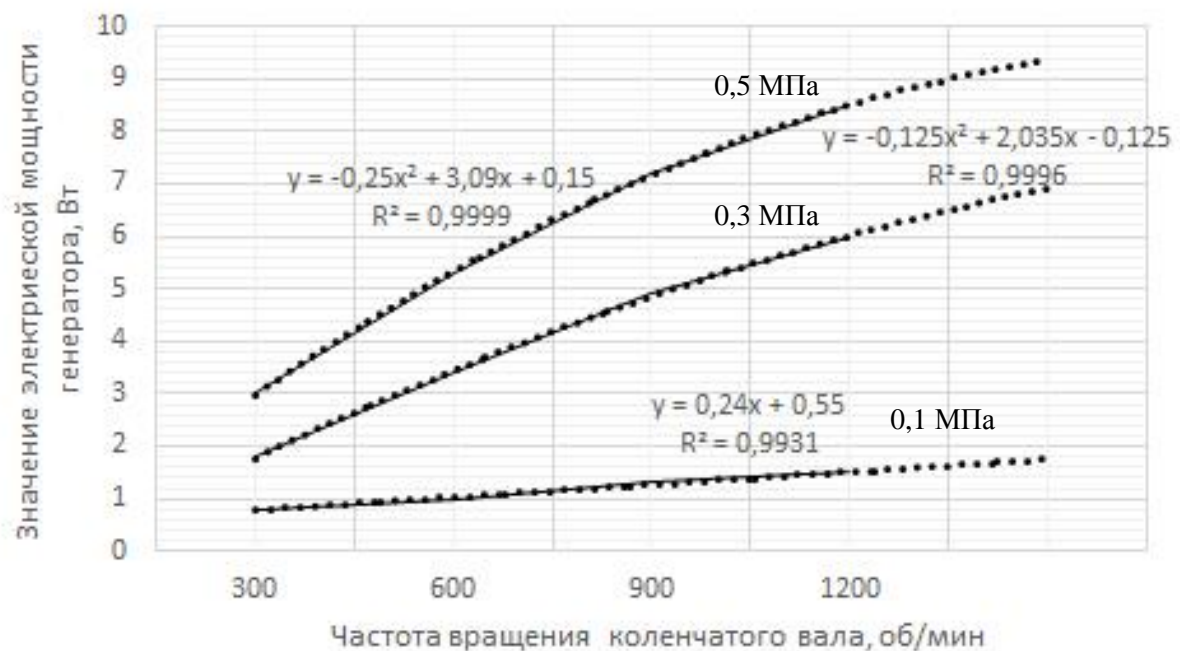


Рисунок 6 - Зависимость электрической мощности генератора от частоты вращения коленчатого вала при различных значениях давления рабочего тела

В проектируемом ДВПТ большое внимание уделяется уплотнениям штока и поршня. Их целостность влияет на его эффективность, так как при их повреждении снижается мощность из - за потери давления. Для

подкачки использовался поршневой компрессор. Для сокращения всех материальных затрат на уплотнения и упрощении их конструкции, в ДВПТ используется кольцевые уплотнения, предварительный

расчет показал, что на преодоление силы трения кольцевого уплотнения о стенку цилиндра, потери мощности будут составлять примерно 500 – 700 Вт на одно уплотнение. Возможно в качестве материала для уплотнений: полиамид; термопластик; стекловолокно; керамическое волокно с добавками графита; стекловолокно с добавками графита. В будущем выбор конкретного материала будет произведен после серии испытаний и исследований. В нашем двигателе использовались уплотнения, выполненные из фторопласта.

Ориентировочная стоимость 1кВт ДВПТ с мощностью 100 кВт (по циклу Стирлинга) единичных экспериментальных образцов, в зависимости от их мощности и уровня готовности к производству, может составлять примерно от 2000 длительная работа.

Вывод

Для достижения оптимальных показателей металлоёмкости и КПД двигателя необходимо давление рабочего тела в цилиндрах не менее 10 МПа, которая при частоте вращения 1500 об/мин даст наибольшие показатели крутящего момента на валу двигателя, что можно увидеть в представленных графиках. В

- 7000 долларов США. Но при организации их массового производства стоимость может снизиться более чем в 20 раз, а в отдельных случаях можно добиться снижения стоимости производства более 1000 штук в месяц около 70 долларов США за 1кВт мощности. Массовое производство ДВПТ мощностью 1-3 кВт может снизиться стоимость 1 кВт более чем в 30 раз.

Стоимость ДВПТ зависит не только от объема производства, но и от его металлоёмкости. В нашей работе желательно добиться, чтобы его удельная масса составляла 280-290 кг при мощности в 100 кВт, чтобы составить серьезную конкуренцию атмосферному дизелю, но показатели нашей модели в 90 раз больше, над снижением ее металлоёмкости предстоит

связи с этим, представленная модель электростанции сверхмалой мощности позволит эффективно использовать тепловые расходы металлургического производства для выработки собственной энергии. Данное обстоятельство значительно сократит расходы на электропитания здания в целом.

Список литературы

1. Г. Уокер. Двигатели Стирлинга / Пер. с англ. — М.: Мир, 1985.— С. 408

2. В.С.Трухов, И.А.Турсунбаев, Е.П.Орда, А.И.Лежебоков, А.П.Коробков, Д.Н.Масленников, Йе Хонг, Ван Джун. Разработка экспериментального двигателя стирлинга с газовой горелкой для автономной энергетической установки // Конференция посвященная к 60-летию со дня образования ФТИ АН РУз.: Ташкент, 2003. – С.14-15

3. Langlois, Justin L. R. Dynamic computer model of a Stirling space nuclear power system // Trident Scholar project report no. 345.–Annapolis: US Naval Academy, 2006. – P. 8

4. Светлов В. А., Ефимов С. И., Иващенко Н. А., Сячинов А. В. Методика определения параметров теплообмена во внутреннем контуре двигателя Стирлинга// “Двигатель — 97”. Материалы международной научно-технической конференции: Москва, 1997. – С. 41-47

5. Веревкин М. Г. Метод комплексного теплового и конструкторского расчета термомеханического генератора // Известия ВУЗов. Машиностроение: Москва, 2004. — № 10 – С. 33–37

6. Абакшин А. Ю. Численное моделирование процессов тепло и массообмена в цилиндрах двигателя с внешним подводом теплоты / А. Ю. Абакшин, Г. А. Ноздрин, М. И. Куколев // Научно-технические ведомости СПбГПУ: Санкт-Петербург, 2012. – № 2–2(1477) — С.164–167

7. Kouji Kumagai, Hiroyuki Yamasaki. Performance Prediction of Linear Stirling Power Generator with Two Displacers// 6th International Energy Conversion Engineering Conference (IECEC) (28–30 July 2008, Cleveland, Ohio): Linkoping, Sweden, 2011. – P. 12-17

8. Hang-Suin Yang, Chin-Hsiang Cheng. A Nonlinear Non-dimensional Dynamic Model for Free Piston Thermal-lag Stirling Engine// Energy Procedia: Linkoping, Sweden, 2014. - P. 21-24

9. Мехтиев А.Д., Эйрих В.И., Югай В.В., Рахимберлинова Ж.Б., Бузяков Р.Р. Мини –ТЭЦ и миниэлектростанции на основе двигателя Стирлинга для энергообеспечения жилых и промышленных объектов// Международный научный журнал «Актуальные проблемы современности». Выпуск 3 (5): Караганда, Болашақ-Баспа, 2014. – С. 94 -97

10. Мехтиев А.Д., Югай В.В. Алькина А.Д. Ким П.М. Алдошина О.В., Мехтиев Р.А., Балапанова Д.Д., Федорова А.В. Мини ТЭЦ с линейным генератором тока с рекуператором для утилизации отходов подверженных горению. Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права Республики Казахстан, опубл.23.05.2016. № 0956.

References

1. G. Uoker. Dvigateli Stirlinga / Per. s angl. — M.: Mir, 1985.— P. 408

2. V.S.Truhov, I.A.Tursunbaev, E.P.Orda, A.I.Lezhebokov, A.P.Korobkov, D.N.Maslennikov, Je Hong, Van Dzhun Razrabotka eksperimental'nogo dvigatelya stirlinga s gazovoj gorelkoj dlya avtonomnoj energeticheskoy ustanovki. Konferenciya posvyashchennaya k 60-letiyu so dnya obrazovaniya FTI AN RUz g.: Tashkent, 2003. – P.14-15

3. Langlois, Justin L. R. Dynamic computer model of a Stirling space nuclear power system // Trident Scholar project report no. 345.–Annapolis: US Naval Academy, 2006. – P. 8

4. Svetlov V. A., Efimov S. I., Ivashchenko N. A., Syachinov A. V. Metodika opredeleniya parametrov teploobmena vo vnutrennem konture dvigatelya Stirlinga// “Dvigatel’ — 97”. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferenci: M, 1997. – P. 41-47

5. Verevkin M. G. Metod kompleksnogo teplovogo i konstruktorskogo rascheta termomekhanicheskogo generatora // Izvestiya VUZov. Mashinostroenie: M, 2004. — № 10 – P. 33–37

6. Abakshin A. Yu. Chislennoe modelirovanie processov teplo- i mas-sobmena v cilindrah dvigatelya s vneshnim podvodom teploty / A. Yu. Abakshin, G. A. Nozdrin, M. I. Kukolev // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU, 2012. –№ 2–2(1477). —P.164–167.

7. Kouji Kumagai, Hiroyuki Yamasaki. Performance Prediction of Linear Stirling Power Generator with Two Displacers// 6th International Energy Conversion Engineering Conference (IECEC) (28–30 July 2008, Cleveland, Ohio): Linkoping, Sweden, 2011. – P. 12-17

8. Hang-Suin Yang, Chin-Hsiang Cheng. A Nonlinear Non-dimensional Dynamic Model for Free Piston Thermal-lag Stirling Engine// Energy Procedia: Linkoping, Sweden, 2014. - P. 21-24

9. Mekhtiev A.D., Ejrih V.I., Yugaj V.V., Rahimberlinova Zh.B., Buzyakov R.R. Mini –TEC i minielektrostancii na osnove dvigatelya Stirlinga dlya energoobespecheniya zhilyh i promyshlennyh ob"ektov. Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Aktual'nye problemy sovremennosti». Vypusk 3 (5). – Karaganda: Bolashaq-Baspa, 2014. - P.94-97

10. Mekhtiev A.D., Yugaj V.V. Al'kina A.D. Kim P.M. Aldoshina O.V., Mekhtiev R.A., Balapanova D.D., Fedorova A.V. Mini TEC s lineynym generatorom toka s rekuperatorom dlya utilizacii othodov podverzhennyh gorenuyu. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii prav na ob"ekt avtorskogo prava Respubliki Kazahstan, opubl.23.05.2016. № 0956.

**МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ӨНДІРІСТЕГІ ЖЫЛУ ЖОҒАЛУЛАРЫН
ПАЙДАЛАНУ МҮМКІНШІЛІГІ БАР КОГЕРАЦИОНДЫ, АЗ ҚУАТТЫ
ЖЫЛУ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫ ҮШІН СТИРЛИНГ
ҚОЗҒАЛТҚЫШЫН ПАЙДАЛАНУ**

А.Д. Мехтиев, т.ғ.к., доцент,

В.В. Югай, PhD, доцент,

Н.Б. Калиаскаров, техникалық ғылымдардың магистрі,

А.Д. Алькина, техникалық ғылымдардың магистрі,

Д.М. Турдыбеков¹, х.ғ.к.

Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті

Түйін

Сыртқы жылумен қоректенетін қозғалтқышы бар микроэлектр станциясы кокстың өндірісіндегі жылу шығынын пайдаланып, өз қажеттіліктеріне электр энергиясын өндіреді. Микро термалды электр станциясының негізі - Стирлинг принципі бойынша жұмыс істейтін сыртқы жылу қуатымен қоректенетін қозғалтқыш. Біздің жұмысымызда шетелдік ғалымдардың оңтайлы нәтижелерін, тәжірибесі мен жетістіктерін өз дизайнымызды жасау кезінде ескердік. Мақалада қозғалтқыштың жылудың сыртқы берілуімен тиімділігі туралы зерттеулердің кейбір нәтижелері келтірілген. «Гамма» типіндегі жылудың сыртқы кірісі бар қозғалтқыш зерттелді. Модельдің негізгі техникалық сипаттамаларына ерекше назар аударылды. Қозғалтқыштың жоғары тиімділігіне қол жеткізу үшін денені тиімді қыздыру және салқындату қажет. Қозғалтқыштардың жұмыс денесі максималды және жылдам қыздырылатындығын қамтамасыз ететіндей етіп жобаланған. Мақалада әр түрлі сыртқы әсер үшін түрлі тәуелділіктердің графикалық сызбалары берілген. Эксперименттік әдістер арқылы цилиндрдегі жұмыс денесіне әсер еретін қысым мен айналымдардың жиілігі есептелді.

Кілт сөздер: Жылу электр станциясы, Стирлинг қозғалтқышы, когенерация, жылу энергиясы, кокс, кокс пеші, металлургия.

USING THE STIRLING ENGINE FOR A COGENERATION THERMAL POWER PLANT WITH SUPERHUME POWER WITH THE POSSIBILITY OF USING THERMAL LOSSES OF METALLURGICAL PRODUCTION

*A.D. Mekhtiev, c.t.s., Assistant professor,
V.V. Yugaj, Ph.D., Assistant professor,
N.B. Kaliaskarov, Master of Technical Sciences,
A.D. Al'kina, Master of Technical Sciences,
D.M. Turdybekov, c.c.s.
Karagandy State Technical University*

Summary

A micro power station with an engine with an external heat input will produce electrical energy for the company's own needs, using the thermal losses of coke production. The basis of a micro thermal power plant is an engine with an external supply of heat, operating on the principle of Stirling. In our work we take into account the positive results, experience and achievements of foreign scientists, to create our own design. The article presents some results of research on the efficiency of the engine with external supply of heat. The engine with an external

input of heat of type "Gamma" has been investigated. Particular emphasis was placed on the main technical characteristics of the model. It was found that to achieve high engine efficiency it is necessary to achieve effective heating and cooling of the body. The engines are designed in such a way that it ensures maximum and rapid heating of the working fluid. The article presents graphical drawings of various dependencies for any external influences. The experimental data were used to calculate the pressure of the working fluid in the cylinders and the speed of rotation in order to achieve the maximum efficiency.

Key words: Thermal power station, Stirling engine, cogeneration, thermal energy, coke, coke oven, metallurgy.