

**В.Н.ПОТАПОВ, В.В.КОСТЮНИН,**

**НОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ МАЛЫХ  
ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ  
С ГАЗОГЕНЕРАЦИЕЙ БИОМАССЫ  
И ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ**

**(ОПЫТ СОЗДАНИЯ ВИХРЕВЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ НОВОГО ТИПА)**

**ООО «Вихревые системы», Екатеринбург**

Е-mail: [kostuninv@mail.ru](mailto:kostuninv@mail.ru) ,

[v.n.potapov@urfu.ru](mailto:v.n.potapov@urfu.ru)

Телефоны для связи: +7 922 615 13 15

+7 912 285 17 40

## **Поле наших предложений:**

**Нами создан новый класс вихревых газогенераторов для получения горючего газа из биомассы и твердых топлив, начиная с двухкамерных вихревых газогенераторов опи́ла в 2004 г. Далее на базе десятков вариантов опробованы новые схемы многокамерных вихревых газогенераторов, их узлов на двухфазных потоках в прозрачных «холодных» моделях, а также на моделях с горением реальных топлив мощностью от 50 кВт до 1 МВт по теплоте сгорания газа. Начиная с 2012 г. нами созданы, проданы и находятся в коммерческой эксплуатации и в разных стадиях освоения три разных многокамерных газогенераторов газификации шелухи и опи́ла (в России) и отходов переработки горючих сланцев (в одной из стран ЕС)**

**Два первых двухкамерных вихревых газогенератора опила 100 кВт и 1,5 МВт созданы и опробованы нами в 2004 г.**

**После 2004 г. опробовано около 50-ти совершенно новых схем многокамерных вихревых газогенераторов и их узлов на двухфазных прозрачных «холодных» моделях, а также около 20-ти моделей «с горением» мощностью от 50 кВт до 1 МВт (по теплоте сгорания генерируемого газа)**

**На тех же моделях выборочно нами опробована генерация газа из опила, торфа, шелухи зерновых, коры, углей и его смесей с биомассой, горючих сланцев, отбельной глины от производства растительных масел и. Ряд схем пригодны для битуминозных песков и для реализации технологий «OXY-FUEL» под схемы сжигания углей с удалением  $\text{CO}_2$**



**Факел газа из опи́ла без горелки и без очистки от смол и золы за первым вихревым двухкамерным газификатором тепловой мощностью по газу 1,5 МВт (2004г)**

# Некоторые из опытные конструкций двухкамерных газификаторов, созданных авторами (2004-2010 г.)



- а) на опиле (2004);
- б) на опиле, торфе, углях, коре (2005-2007);
- в) чистый газ для ДВС (2006-2007);
- г) аппарат на углях и сланцах (2010-1011)

**Начиная с 2011 г., нами разработаны и проданы, и с 2012 г. находятся в разной стадии освоения или эксплуатации уже ПЯТЬ многокамерных газогенератора разной конструкции для газификации шелухи и опила (в России) и отходов переработки горючих сланцев (в одной из стран ЕС)**

**Доказана устойчивая и надежная работа всех аппаратов на разных топливах и их смесях с биомассой в диапазоне теплотехнических свойств исходной горючей массы:**

***предельная влажность топлив - от 10-13% до 20-22%,***

***рабочая зольность топлив - от 1% до 63%.***

**Получена *теплота сгорания* искусственного газа примерно в диапазоне значений от 1150 до 1400 ккал/м<sup>3</sup>.**

***Потери  $q_4$*  снижены до 2-3% на биомассе и 0,1% на сланце**



## **КОММЕРЧЕСКИЕ ТРЕХКАМЕРНЫЕ ГАЗИФИКАТОРЫ ООО «ВИХРЕВЫЕСМИСТЕМЫ» (2012-2013 г.г.)**



**а) 2,5-7,5 МВт на шелухе зерновых;**



**б) 2,5-3 МВт на опиле**

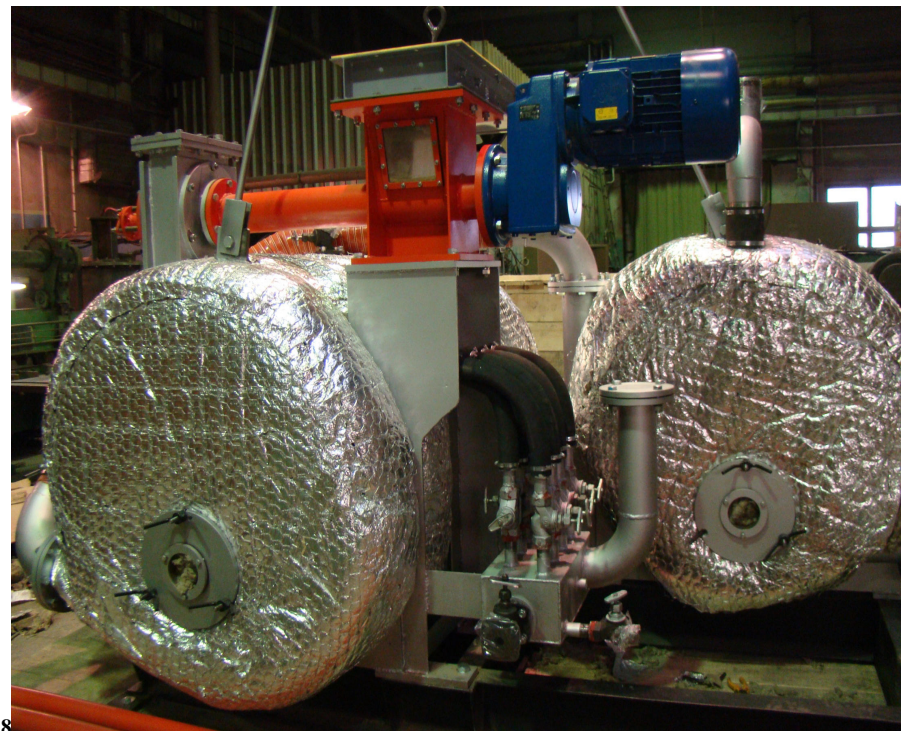
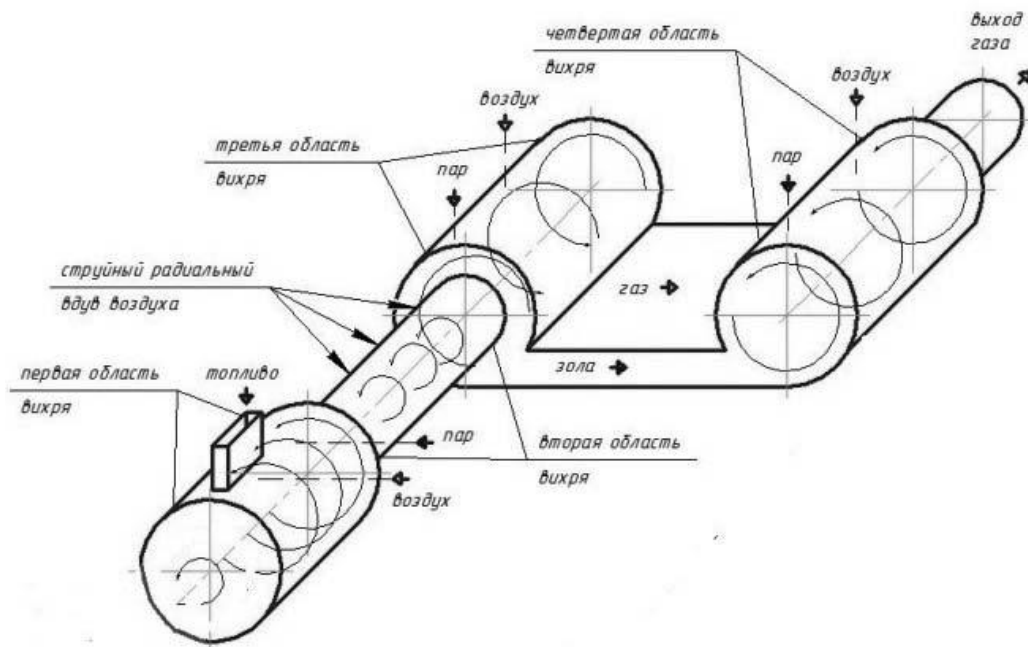
## **ЧЕТЫРЕХКАМЕРНЫЕ ВИХРЕВЫЕ ГАЗИФИКАТОРЫ ООО «ВИХРНЫЕ СИСТЕМЫ» (2013-2014 г.г.)**

### **Достоинства:**

- снижение зависимости процессов от колебаний качества топлива; расширение диапазона мощности аппарата в режиме авостабилизации;**
- выравнивание характеристик газа на выходе;**
- увеличение пребывания газа и газовзвеси в реакторе до 4-6 сек.;**
- углубление газификации углеродных остатков в золе сложных топлив и трудно сжигаемых горючих отходов;**
- частичное улавливание золы непосредственно в самом аппарате;**
- разделение зоны пиролиза в первой камере и газификации углеродного остатка на несколько управляемых стадий;**
- создание базы для разработки нового типа топки с частичным или полным сжиганием газа;**
- создание схемы топки, реализующей управляемый процесс «оху – fuel» (технологий CCS) в рамках идеологии «защиты климата».**



## СХЕМА И ОБЩИЙ ВИД ЧЕТЫРЕХКАМЕРНОГО ГАЗИФИКАТОРА ООО «ВИЗРЕВЫЕ СИСТЕМЫ»



Один аппарат тепловой мощностью 2,3 МВт изготовлен и продан (2013) для газификации отходов сланцевого завода, позже купленные другим заводом для опробования и отработки газификации костной муки.

Чертежи аппарата мощностью 3 МВт проданы и по ним изготовлены два аппарата для газификации шелухи риса и получения нее ценной золы.

**Главное назначение всех наших оригинальных вихревых генераторов - утилизация горючих отходов, нетоварных и некондиционных топлив местного энергообеспечения и для экономии средств на их вывоз и утилизацию горючих отходов.**

**Выявлены основные традиционные проблемы получения энергии из генераторных газов в известных установках и частично решены в рамках возможности коммерческого использования этих вихревых реакторов – газификаторов.**

**Это, прежде всего:**

- полная или частичная ликвидация загрязнения смолами и золой теплообменников и другого оборудования с необходимостью частой его чистки и ремонтов;**
- снизить затраты электроэнергии на собственные нужды;**
- предельно минимизировать поломки основного и вспомогательного оборудования.**

## **Главные проблемы внедрения:**

**Владельцы малых производств часто не понимают, как все эти проблемы коммерческой газификации сложных топлив и отходов отразятся на потреблении электроэнергии или теплоты разными потребителями от малых установок с газификацией**

**Низкие (относительно стран ЕС, Японии и развитых штатов США) тарифы на электроэнергию**

**Бюджетное финансирование поставок строго определенных топлив, особенно твердых, на мелкие коммунальные котельные**

**Устаревшие взгляды многих ведущих специалистов «большой» энергетики на роль местной (рассредоточенной) генерации**

**Для малых предприятий со своими энергоустановками особо выделим игнорирование понимания проблем подключения малых установок к потребителям автономно, параллельной сетям распределительной компании или на электронную биржу по суточному графику Системного Оператора или на сегмент балансирующего рынка электроэнергии. Считаем, что только от этого выбора полностью зависит обоснованность выбора способа газификации и целесообразности использования отходов и местных или некондиционных топлив, а также мощности энергоустановок и режимов их эксплуатации.**

**Сильное влияние на концепцию и экономику установки окажет наличие и конкретный характер совместного или отдельного производства и потребления тепла. Он может полностью изменить все технические решения и даже всю концепцию энергоустановки – малой тепловой электрической станции (ТЭС), лучше всего, - ТЭЦ.**

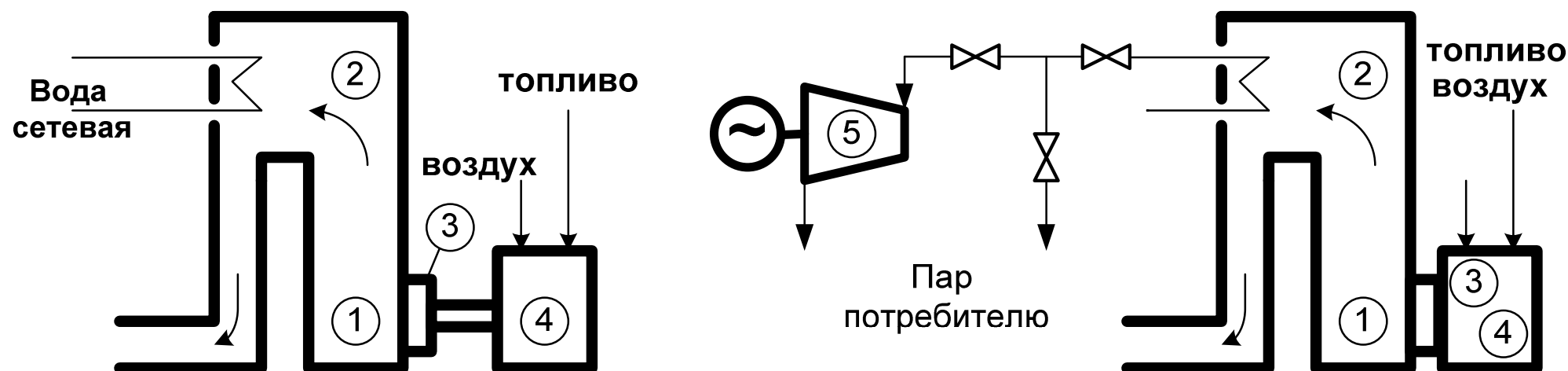
**ОСОБО выделим выделим четыре типа установок, которые коммерчески могут ДОЛГО рентабельно работать в отечественных условиях. Это либо наша интерпретация известных схем ТЭЦ, либо схемы, которые предложены нами:**

- 1 - прямое горячее вдувание газа без очистки в топку**
- 2 - сжигание при частичном охлаждении и простой очистке**
- 3 - сжигание при частичном охлаждении и простой очистке в аккумуляцией теплоты охлаждения в баке для работы электрогенератора с приводом от двигателя Стирлинга**
- 4 – сжигание искусственного газа вместе или отдельно с обычными штатными топливами на малых ТЭЦ с новым типом малых паровых турбин низких и средних давлений, преимущественно без конденсаторов с быстрым запуском**



**Самой привлекательной и простой схемой для обычных, прежде всего старых угольных ТЭЦ и котельных считаем прямое вдувание генераторного газа с температурой 800 - 900 °С прямо в топку котла без их очистки для сжигания специальными горелками.**

**По сути, - этот новый способ сжигания твердых топлив с пониженным выходом, как оксидов азота, так и продуктов неполноты сгорания. Значительная доля от всех оксидов азота будет полностью восстановлена в восстановительной среде самого реактора за время нахождения в нем несколько секунд, в выход быстрых и термические оксидов азота в топке котла будет происходить уже после выделения до 30-50% всей теплоты до токи без выброса оксидов азота газификатором. Особые горелки обеспечат минимум выхода оксидов азота и в топке при оставшемся тепловыделении от горения газа.**



**Рис. 1. Схема прямого сжигания на водогрейных (а) и на паровых (б) котлах ТЭЦ:**

**1 – топка; 2 – котел; 3 – горелка; 4 – газогенератор;  
5 – паровая турбина без конденсатора (с ухудшенным вакуумом или с противодавлением).**

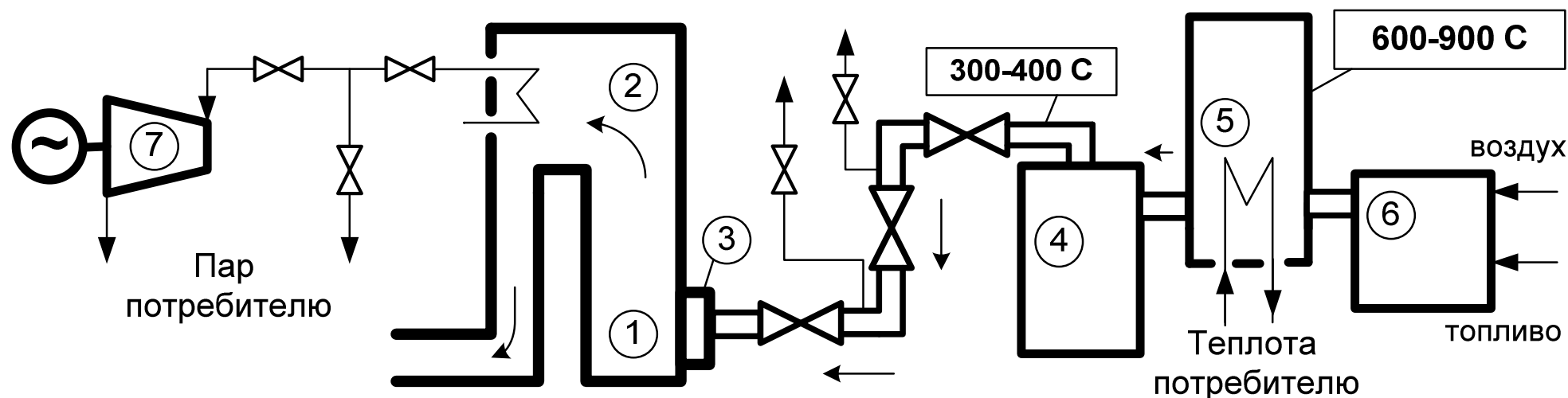
**Вторая направления – это наша схема промежуточного охлаждения газа за ректором до 300 - 400 °С с последующей очистки его от золы (выход жидких смол за рядом наших реакторов на некоторых топливах вообще не наблюдается)**

**Отведенная теплота от газа поступает в бак – аккумулятор или сразу подается на отопление корпуса предприятия.**

**Мы предложили и опробовали эту схему на практике, как оптимальную для подготовки газа к сжиганию в топке малого газового котла. Схема дороже и сложнее - содержит арматуру, требуемую нормами безопасности сжигания газа.**

**Схему рекомендуем для модернизации старых газовых котлов малых ТЭЦ, отопительных и промышленных котельных.**

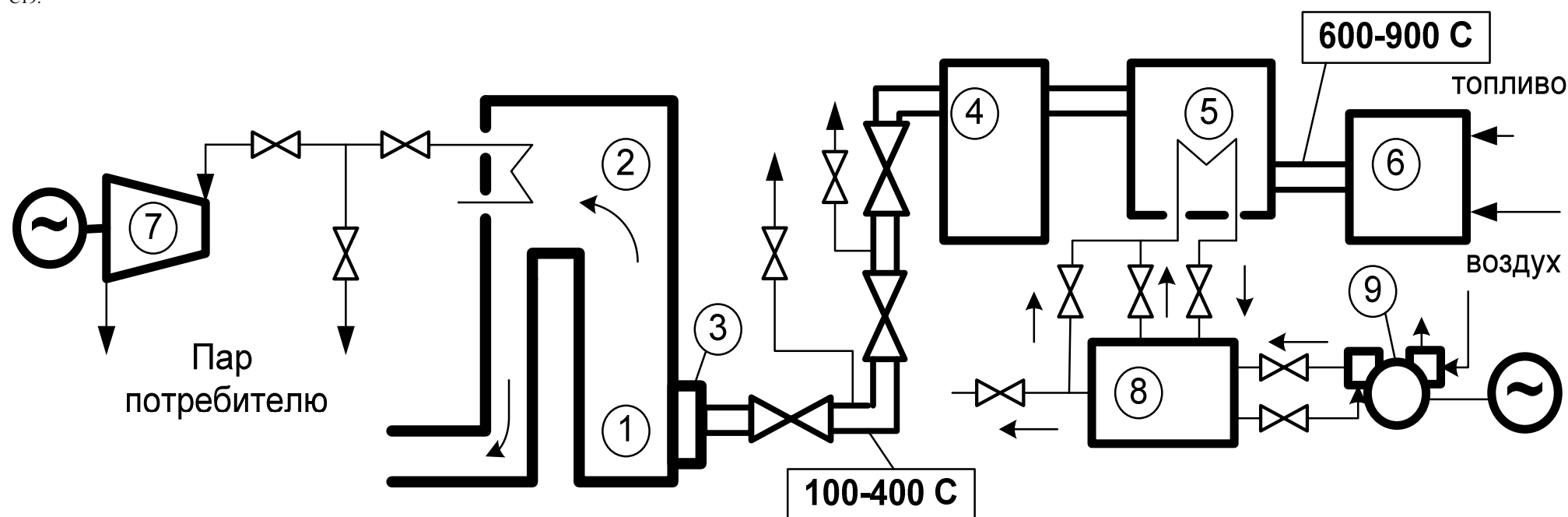
## Вторая схема



**Рис.2. Схема промежуточного охлаждения и очистки газа:**

- 1 – топка; 2 – котел; 3 – горелка; 4 – золоуловитель;  
 5 – охладитель газа с баком-аккумулятором горячей воды;  
 6 – вихревой газогенератор.

**Однако такую схему ТЭЦ можно развить в принципиально новую, третью схему малой тепловой электростанции (Рис.3)**



**Рис. 3. Новый тип ТЭС (ТЭЦ) с газогенерацией твердых топлив или биомассы для независимой от работы реактора и парового котла выработки электроэнергии и теплоты:**

- 1 – топка; 2 - котел; 3 – горелка; 4 – золоуловитель;**  
**5 - охладитель газа; 6 – генератор газа; 7 – паровая турбина без конденсатора (с противодавлением или ухудшенным вакуумом);**  
**8 - бак – аккумулятор теплоты;**  
**9 - двигатель Стирлинга с электрогенератором.**



**Наиболее перспективным направлением для модернизации и реконструкции любых старых малых ТЭС и котельных считаем превращение одного из самых простых и дешевых вариантов первого направления с прямым вдуванием газа для сжигания в топке, полученного из отходов и местных твердых топлив, например, торфа.**

**Особенностью и преимуществом этого направления может стать использование нового класса малых паровых турбин.**

**Это турбины на давление пара от 0,2–0,6 МПа до 3–6 МПа.**

**Это турбины мощностью на валу примерно от 400 кВт до 10-15 МВт, как правило, без конденсатора (с ухудшенным вакуумом или с противодавлением), удельными затратами примерно 400-600 Ец/кВт.**

**Некоторые турбины запускают за 3 минуты (до возможности начала синхронизации) и могут работать на единый редуктор, упрощая быстрый набор или сброс нагрузки при работе на балансирующий сегмент рынка или на специфического потребителя энергии**

**Главным признаком второго и третьего выделенных нами направлений является устранение, хотя бы частично, главного фундаментального порока всей традиционной теплоэнергетики на любых видах топлива.**

**Это появление возможности разрыва во времени актов сжигания топлива и отпуска (потребления) электрической энергии.**

**ЗАДАЧА РЕШАЕТСЯ ЧЕРЕЗ БАК – АККУМУЛЯТОР ТЕПЛОТЫ, КАК ЭТО ДЕЛАЮТ НА РЯДЕ НОВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ ЕС и США.**

**Применение двигателей Стирлинга в отечественных условиях кажется экзотичным, но нагревая горячим газом за газификатором воды под давлением, или расплава солей, или жидких масел может обеспечить использование теплоты для традиционной выработки электроэнергии**

**Оценочные расчеты схемы под существующую схему с частичным охлаждением газа после газогенератора на шелухе тепловой мощностью 3-3,5 МВт показали:**

**При охлаждении генераторного газа от 800– 50 °С до 300–400 °С и нагреве этой теплотой воды до 80 – 100 °С, серийные двигатель Стирлинга европейского поставки с электрогенератором 60 – 90 кВт обеспечит электроснабжение изолированного потребителя 2-3 часа.**

**Использование электрогенераторов 20 кВт с приводом от двигателя Стирлинга ряд американских солнечных электростанций позволит сохранить электроснабжение до суток и более, обеспечив ремонтные и регламентные работы на энергоустановке.**

**РАЗУМНАЯ ТАРИФНАЯ ПОЛИТИКА, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО И БОЛЕЕ СВОБОДНЫЙ ВЫБОР ТОПЛИВ РЯДОМ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СДЕЛАЕТ НАШИ ПРЕДЛОЖЕНИЯ БОЛЕЕ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНЫМИ ПРИ РАЗВИТИ РАССРЕДОТОЧЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ КАК ЭЛЕКТРОЭНРЕГИИ, ТАК И ТПЛОТЫ**

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

**27.11.2015**