

УДК 620.93:66-5

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ, ПОЖАРНОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Назаренко А.А.

*Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону,
e-mail: nazarenko.andr94@mail.ru*

В статье рассматриваются проблемы пожарной и экологической безопасности современных систем производства тепловой и электрической энергии, в частности, таких как котельные и ТЭЦ. В данной работе предлагаются и описываются инновационные методы и средства автоматизации технологических процессов котельных и ТЭЦ, которые позволят: восстановить природные циклы круговорота кислорода, воды и углерода с помощью биотуннелей, биогумусных и биотермических технологий; решить проблемы, порождающие вредные выбросы котельных и ТЭЦ; избавить паровые котельные от подсистемы химической водоочистки; оптимизировать использование энергетического потенциала паровых котлов, которые в ходе технологического процесса, бесполезно утилизируют в специальных редуционно-охлаждающих установках избыточное давление пара; обеспечить требуемые уровни пожарной, экологической и энергетической безопасности.

Ключевые слова: котельные, ТЭЦ, экология, природные циклы, сепаратор, мембрана, кислород, азот, углерод, вода, пожарная безопасность, химводоочистка, паро-винтовые машины, биотуннели

METHODS OF IMPROVING EFFECTIVENESS FIRE AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF OBJECTS THERMAL POWER INDUSTRY

Nazarenko A.A.

Don state technical university, Rostov-on-Don, e-mail: nazarenko.andr94@mail.ru

The article is devoted to the main problems of modern thermal and electric energy production systems, in particular in boilers and thermal power stations. The paper suggests and describes innovative methods and means of automation of technological processes of boiler and thermal power stations, which allow to restore natural cycles of oxygen, water and carbon with the help of biotechnologies, as well as to solve the problems that generate harmful emissions of boiler houses and thermal power stations, including optimization of the use of the energy potential of steam boilers and ensuring the required level of their fire and environmental safety.

Keywords: boilers, thermal power station, ecology, natural cycles, separator, membrane, oxygen, nitrogen, carbon, water, fire safety, chemical water purification, steam-screw machines, biotunnel

Ежегодно потребность в тепловой энергии в мире возрастает. Это приводит к росту количества промышленных и отопительных котельных. С их увеличением возникают проблемы, связанные с «выжиганием кислорода» из атмосферы и ростом выбросов вредных веществ в окружающую среду. Так из дымовых труб котельных и ТЭЦ в окружающую среду выбрасываются такие вредные вещества, как оксиды серы, азота, угарный газ (СО), сажа и другие остатки углеводородного топлива – из-за их неполного сгорания.

Как известно, большинство объектов теплоэнергетики с помощью строительства «дымовых труб» соответствующей высоты, рассеивают вредные выбросы. Однако, это не избавляет от нарушений двух основных природных циклов, обеспечивающих жизнедеятельность на нашей планете:

- цикл круговорота кислорода в системе атмосфера-биосфера-гидросфера;
- цикл круговорота воды в системе гидросфера/геосфера-атмосфера;

– семилетний цикл круговорота углерода в системе атмосфера-биосфера-геосфера/гидросфера. Котельные и ТЭЦ нарушают их, сжигая углеводородное топливо, и выбрасывая воду и углерод в атмосферу, изменяя тем самым климат на планете [1].

Кроме того, котельные и ТЭЦ являются одними из самых уязвимых, с точки зрения пожаров, объектов техносферы. В случае неконтролируемого процесса горения, они подвергают опасности жизни людей, а также приносят огромный материальный ущерб.

К другим серьезным недостаткам объектов теплоэнергетики, а именно паровых котельных относятся:

- неэффективное использование избыточной энергии пара, которая в ходе технологического процесса, бесполезно утилизируется в специальных редуционно-охлаждающих установках (РОУ)[2].
- использование воды в паровых котлах приводит к образованию в них накипи, которая может вывести их из строя [3].

С помощью современных технологий можно устранить эти и многие другие проблемы объектов теплоэнергетики, например, добиться полного сгорания топлива, тем самым существенно сократив выбросы вредных веществ в атмосферу. Для этого, например, топливо следует сжигать не в атмосферном воздухе, а в кислороде [4].

Способы сепарации воздуха на кислород и азот известны давно, и осуществляются криогенными установками. Но в наше время, в связи со стремительным развитием наноматериалов и нанотехнологий, можно найти более эффективные способы сепарации воздуха. Так, например, этот процесс можно осуществить с помощью – мембранных установок. Себестоимость кубометра азота и кислорода, получаемых мембранными установками, на порядок дешевле криогенных. Кроме того, мембранные сепараторы способны вырабатывать кислород на месте, т.е. не требуют специальных средств хранения и транспортировки.

Принцип мембранной сепарации воздуха (МСВ) хорошо известен и широко используется, в т.ч. за рубежом – это кнудсеновская диффузия, в соответствии с которой компоненты разделяемой смеси проникают через поры мембраны с различными скоростями, в связи с чем, коэффициент разделения смеси зависит от молекулярных масс [5]:

$$K_p = \frac{n_1}{n_2} = - \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^{0,5}, \quad (1)$$

где n_1 и n_2 – числа молей компонентов соответственно, с молекулярными массами M_2 и M_1 .

Атмосферный воздух на 78% состоит из азота, на 21% – из кислорода и на 1% из других газов. Каждый газ обладает собственным коэффициентом проницаемости, характеризующим его способностью проходить через мембрану. Кислород представляет собой «быстрый» газ, который диффундирует через стенку мембраны, в то время как азот проходит через внутреннюю поверхность волокна, таким образом, на двух выходах мембранного сепаратора получаются два потока газов. Первый обогащён кислородом, а второй азотом. Затем, азот и кислород по трубам (рис. 1) выводятся напрямую к тому месту, где требуется их практическое применение [6].

Повысить эффективность сгорания жидкого топлива котельных и ТЭЦ, тем самым снизив их экологический вред, и повысив их энергосбережение, можно применив подсистему ультразвукового и магнитоэлектрического подавления и контроля «топливного вреда», которая базируется на использовании ультразвуковых форсунок. В ультразвуковых форсунках реализован комбинированный способ распыливания топлива, совмещающий использование эффекта закрученной струи жидкости, кинетической энергии вихревого потока распылителя и акустических колебаний среды [10].

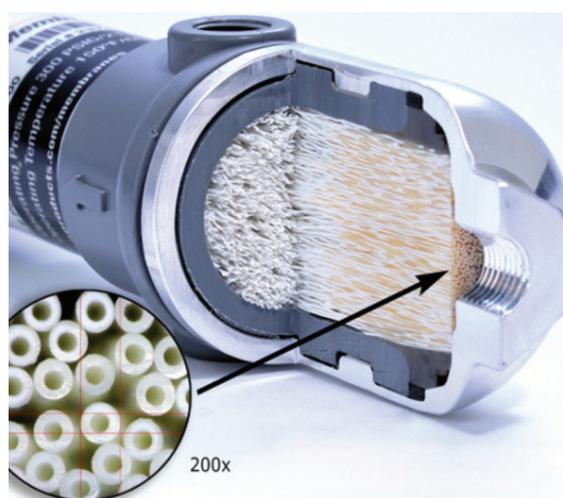


Рис. 1. Мембраны сепаратора фирмы «PRISM PA»

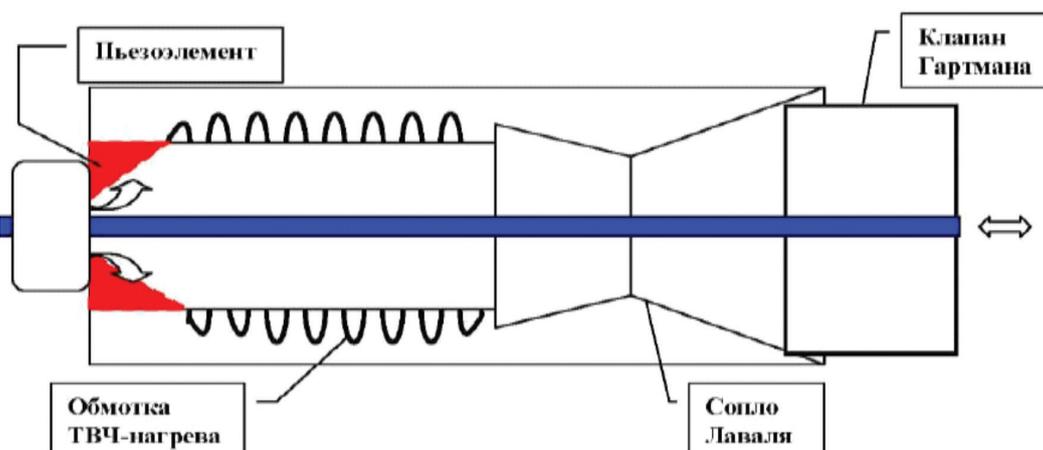


Рис. 2. Схема ультразвуковой форсунки

С помощью азота, накопленного в результате сепарации кислорода из воздуха, целесообразно решить проблему пожарной безопасности технологических процессов котельных и ТЭЦ, реализовав автоматизированную систему предотвращения и подавления пожаров, локальным введением охлажденного азота, т.к. известно, что понижение концентрации кислорода делает невозможным процесс горения [7]. Тушение азотом имеет преимущества перед другими способами пожаротушения, так как в отличие от водяных систем, не повреждает электротехническое оборудование [4].

Современные технологии способны также устранить проблему неэффективного использования избыточного давления пара. Так, например, паро-винтовые машины (ПВМ) могут когенерировать неиспользуемый энергетический потенциал паровых котельных в электрическую энергию, тем самым, превратив их в мини-ТЭЦ. ПВМ может полностью обеспечить предприятие электроэнергией, в несколько раз дешевле, по сравнению с действующими тарифами, а также поставлять её на сторону. При этом, без дополнительного сжигания топлива и минимальными затратами на эксплуатацию. Согласно расчётам, ПВМ может вырабатывать электроэнергию, себестоимость которой 35–45 копеек за 1 кВт.

К другим достоинствам и преимуществам ПВМ можно отнести:

- высокий КПД – до 70% – и работа в широком диапазоне мощностей;

- увеличенный до 60 тыс. часов моторесурс и возможность возобновления работы после капитального ремонта;

- исключительная надежность и ремонтотпригодность;

- возможность размещения в существующих помещениях котельных, благодаря небольшим размерам и массе [8].

ПВМ фактически представляет собой модифицированный тип парового двигателя, специализирующийся на преобразовании механической энергии, полученной за счёт давления пара, в электрическую. ПВМ разработана в России, и не имеет аналогов в мире [2].

Как говорилось ранее, использование воды, из-за содержания в ней ионов (Ca^{2+} и M^{2+}), в паровых котлах создает проблему накипеобразования, которая может вывести оборудование из строя. Для предотвращения образования накипи в большинстве паровых и водогрейных котлах используют химводоочистку, что требует немалые регулярные дополнительные издержки на катионные фильтры. Однако, возможно создание более экономного способа устранения проблем связанных с примесью воды. Так, например, вместо использования подсистемы химводоочистки, эффективнее создать, разработанную в институте имени Кржижановского, подсистему оптимизации теплообмена в котле, базирующейся на замене воды и пара на соответствующие агрегатные состояния элегаза («Хладон-510») [9].

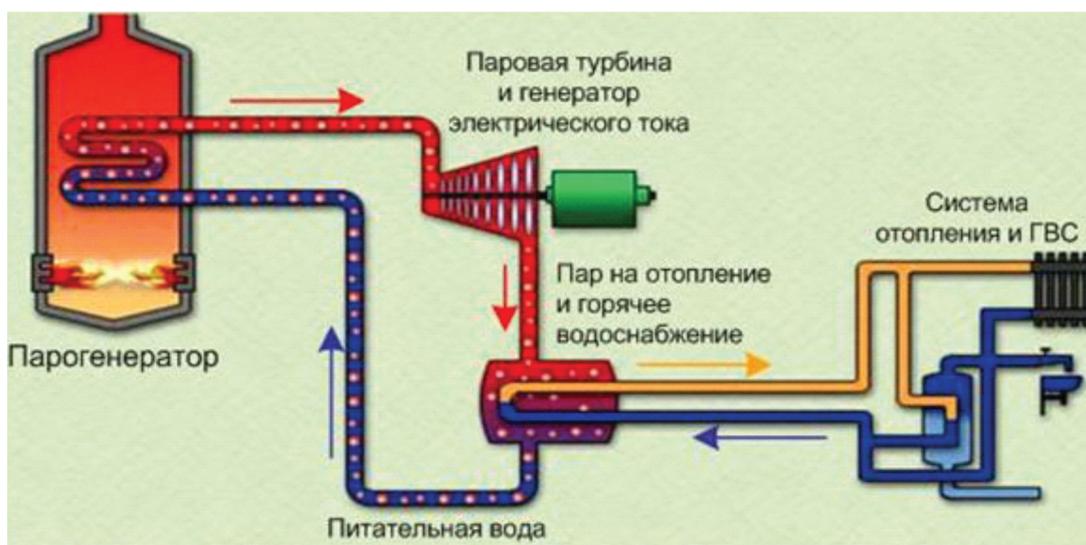


Рис. 3. Конструкция ПВМ для мини ТЭЦ

Помимо использования сепарированно-кислорода и ультразвуковых форсунок, в процессе сжигания топлива, для снижения выбросов вредных веществ в атмосферу возможно использование «биотуннелей», сформированных из вечнозеленых и сезонных сортов деревьев и кустарников, включая генетически измененную коноплю [9].

Как говорилось ранее, современные объекты теплоэнергетики нарушают природные циклы кислорода, воды и углерода. Однако, CO_2 и H_2O могут поглощаться при-

родным фотосинтезом деревьев и кустарников (с выделением O_2 в атмосферу). Так за один теплый солнечный день 1 Га лесных насаждений поглощает из воздуха 220–280 кг CO_2 и выделяет 180–200 кг O_2 [1]. Далее, углерод и вода могут утилизироваться в геосферу с помощью биогумусной и биотермической технологии, основанной на природных процессах разложения их опада (гниения, употребления фитомассы в качестве пищи животными и др. способы преращения опада в почве).



Рис. 4. Структурная схема автоматизированной систем управления противопожарной защиты мини-ТЭЦ

Таким образом, можно выделить следующие способы устранения основных недостатков типовых проектных решений АСУ ТП объектов теплоэнергетики [4]:

- использование паровых винтовых машин для когенерации неиспользуемого энергетического потенциала паровых котельных в электрическую энергию, тем самым, превратив их в мини-ТЭЦ;

- создание подсистемы оптимизации теплообмена в паровом котле, базирующейся на замене воды и пара на соответствующие агрегатные состояния элегаза (например, «Хладон-510»), позволяющей ликвидировать подсистему химводоочистки и издержки, связанные с ней;

- модернизация подсистемы управления розжигом горелочных устройств котлоагрегатов, на предмет оптимизации горения углеводородного топлива с помощью сепарированного из воздуха кислорода, в результате чего достигается экономия и полное сгорание углеводородного топлива, и из выбросов исключаются наиболее токсичные (СО, NO_x, и др.), а также ультразвукового впрыска жидкого топлива, если котел работает на жидком топливе или имеет резервный режим работы на нём,

- создание подсистемы противопожарной защиты помещений и оборудования котельных и ТЭЦ сепарированным из воздуха азотом, вместо «водяных методов и средств».

- создание вместо труб котельных, ТЭЦ и ГРЭС «выпускных коллекторов» необходимой пропускной способности и создание «биотуннеля» («биокуартала»), т.е. «экранирование» выпускного коллектора от окружающей среды обсадкой вечнозелеными и сезонными сортами деревьев и кустарни-

ков, с соответствующей «производительностью поглощения», и автоматизация его функционирования.

Список литературы

1. Белозеров В.В. Синергетика безопасной жизнедеятельности. – Ростов н/Д: ЮФУ, 2015. – 420 с.
2. Назаренко А.А. О повышении эффективности котельных и тэц с помощью паровых винтовых машин // Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <a href=<http://www.scienceforum.ru/2017/2312/27509>>.>
3. Водоподготовка для теплоэнергетики и котельных. Национальный центр водных технологий. – Режим доступа: http://ncwt.ru/ochistka_vody_i_vodopodgotovka/55/187/
4. Назаренко А.А. Модель АСУ экологически чистой котельной // Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <a href=<http://www.scienceforum.ru/2016/1963/23853>>>
5. Белозеров В.В., Лерер А.М., Новакович А.А., Видецких Ю.А., Пирогов М.Г., Толмачев Г.Н. О формировании электротеплопроводной немагнитной пористой наноперегородки для сепарации воздуха // «Техносферная безопасность. Надежность. Качество. Энергосбережение»: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. /Шепси, 04–07.09.2007, ISBN 5–89071–036–2/.-Ростов н/Д: РГСУ (ЮРОРААСН), 2007. – С.231–237.
6. Мембранные сепараторы. Официальный сайт фирмы Air Products. Режим доступа: <http://www.airproducts.com/products/Gases/supply-options/prism-membranes>.
7. Богуславский Е.И., Белозеров В.В., Богуславский Н.Е. Прогнозирование, оценка и анализ пожарной безопасности: учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению «Строительство» / М-во образования и науки Рос. Федерации, Рост. гос. строит. ун-т. – Ростов н/Д, 2004.
8. Березин С.Р. Технология энергосбережения с использованием паровых винтовых машин // Теплоэнергетика. – 2007. – № 8.
9. Айдаркин Е.К., Белозеров В.В., Новакович А.А., Костарев Н.П., Мазурин И.М. «ПАРСЕК»: физико-химическая и биотехнологическая система подавления экологического вреда котельных // Техносферная безопасность. Надежность. Качество. Энергосбережение: материалы Всерос. науч.-практ. конф. / Шепси, 05–08.09.2006, ISBN 5–89071–036–2. – Ростов н/Д: РГСУ (ЮРО РААСН), 2006. – С. 243–246.
10. Механические кавитационные мазутные форсунки «Фреза» (исполнение ФМК). Официальный сайт научно-производственного предприятия «Внедрение». – Режим доступа <https://www.vnedrenie.net/catalog/mekhanicheskie-kavitatsionnye-mazutnye-forsunki-freza/23/>.