

- URL: <https://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=6869> (дата обращения: 17.09.17);
2. Программный пакет ANSYS // URL: <https://sites.google.com/site/komputernoemodelirovanie/home/stati/programmnyj-paket-ansys> (дата обращения: 19.09.17);
 3. COMSOL // URL: <http://plmpedia.ru/wiki/COMSOL> (дата обращения: 17.09.17);
 4. Программы для моделирования электромагнитных и тепловых задач в 2D и 3D // URL: http://inductor-jmag.ru/programmy_dlja_modelirovanija_jelektromagnitnyh_i_teplovyh_zadach_v_2d_i_3d/ (дата обращения: 18.09.17).

РАЗРАБОТКА БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ, МОЩНОСТЬЮ 4 МВт НА ВОДОАММИАЧНОМ РАБОЧЕМ ТЕЛЕ

С.Л. Елистратов, А.Ю. Кулиш

Новосибирский государственный технический университет

В последние годы все больший интерес проявляется к электрическим станциям, где в качестве рабочих тел паросилового цикла используются низкокипящие рабочие тела (НРТ). Технологии, лежащие в их основе, позволяют утилизировать «бросовое» низкопотенциальное тепло теплоэнергетики, металлургии, химических и нефтеперерабатывающих производств в диапазоне температур $90\div 200^{\circ}\text{C}$. Это позволит более эффективно использовать первичные не возобновляемые энергоресурсы. Именно это направление развития энергетики определено одним из приоритетных в «Стратегии развития энергетики России до 2030 г».

Традиционным циклом, реализуемым в паросиловых энергоустановках на НРТ, является цикл Ренкина. Однако этот цикл применим для однокомпонентных рабочих тел, процессы кипения и конденсации в которых имеют изобарно-изотермический характер. Это не позволяет создать эффективно работающие теплосиловые машины для утилизации сбросного тепла во всем диапазоне температур теплоисточников.

В последние годы получили развитие исследования, направленные на поиск и разработку термодинамических циклов на смесевых рабочих телах, которые способны обеспечить работу энергоустановок в широком температурном диапазоне параметров вторичных теплоисточников за счет неизотермичности процессов конденсации и испарения.

Смесевым рабочим телом, которое удовлетворяет условиям энергоэффективности и экологичности, является водоаммиачный раствор. Вода и аммиак – это природные вещества. С помощью изменения концентрации аммиака можно существенно расширить диапазоны температур и давлений рабочего цикла. Во время утечек аммиака можно легко устранить проблему при помощи нейтрализации его водой.

Характерной особенностью двухкомпонентных рабочих тел и, в частности, водоаммиачной смеси является изменение температуры в процессах кипения и конденсации при постоянном давлении. Сначала при более низкой температуре кипит аммиак, по мере снижения концентрации аммиака в растворе температура кипения повышается. При конденсации, наоборот, первой при более высокой температуре конденсируется вода, а для конденсации аммиака требуется более низкая температура. Непостоянство температур позволяет использовать различные регенеративные схемы энергоустановок для повышения их КПД.

Возможность использования водоаммиачной смеси как рабочего тела энергетических и холодильных установок была исследована в монографии; были указаны наиболее эффективные тепловые схемы в зависимости от температуры греющего источника (в зарубежных публикациях для подобных схем используется термин «цикл Калины»).

В своей работе мы опирались на одну из работающих станций по циклу Калины расположенной в городе Хусавик, Исландия. Принципиальная схема (Рис. 1) и принцип работы: водо-аммиачная смесь нагревается геотермальной водой в испарителе -1, затем в сепараторе идет отделение жидкости от пара -2. Пар приводит в движение турбину - 4, расширяется и охлаждается. Насыщенная жидкость из сепаратора охлаждается в низкотемпературном рекуператоре - 5. Затем поток жидкости направляется в высокотемпературный рекуператор - 3, где обогревается паром выходящим из турбины.

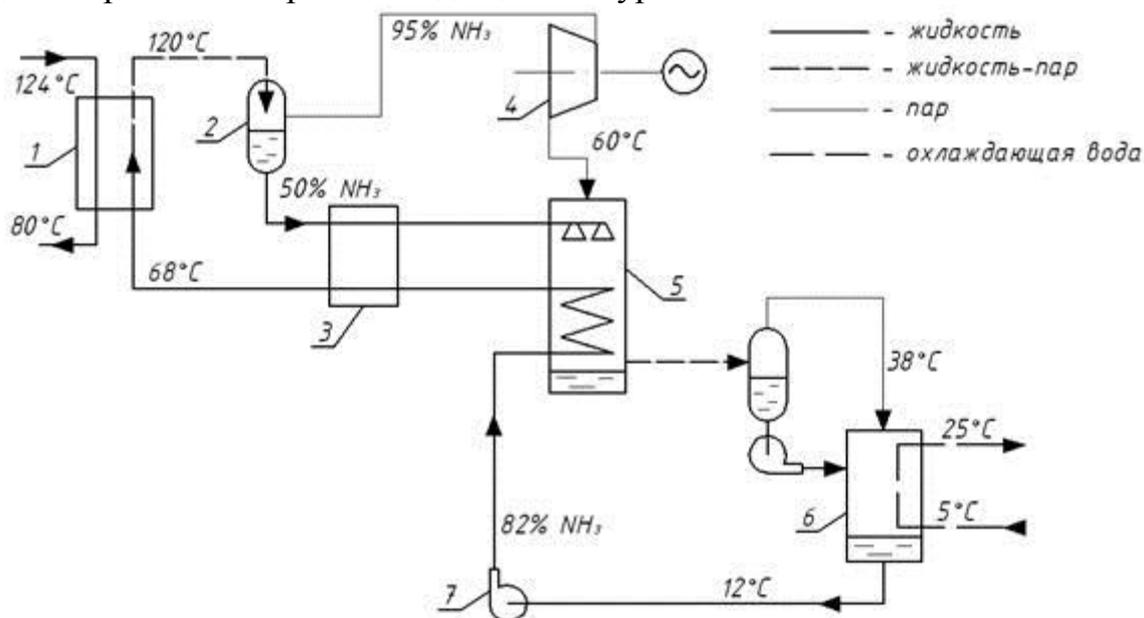


Рис. 1. Принципиальная схема станции в г. Хусавик.

Опираясь на опыт работы данной станции мы решили создать свою энергоустановку, которая работала бы не от тепла геотермальных источников а от тепловых сбросов энергопредприятий тем самым мы решаем вопросы энергосбережения в России. В работе был выполнен расчет эффективности установки, было подобрано самое современное оборудование, а также предложен вариант компоновки оборудования в транспортабельном модуле (Рис. 2) Общий вес составил: 23 000 кг. Модуль с такими весо-габаритными характеристиками явля-

ется транспортабельным всеми видами специального водного, наземного и железнодорожного транспорта.

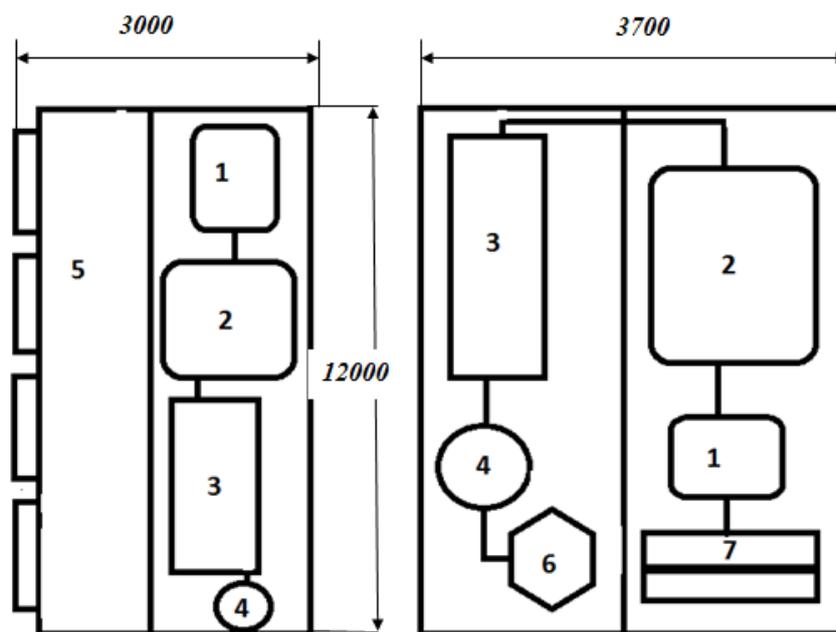


Рис. 2. Вариант компоновки оборудования в транспортабельном модуле. 1 – генератор; 2 – турбина; 3 – испаритель; 4 – питательный насос; 5 – воздушный конденсатор; 6 – ресивер; 7 – электрораспределительные устройства.

В отличие от традиционных ТЭС наша энергоустановка использует для своей работы не теплоту дымовых газов при сгорании органического топлива, а сбросы промышленных предприятий. В этом случае положительные эффекты при выработке электроэнергии могут быть выражены через относительную экономию органических видов топлива [1]. За год энергетический модуль может выдать в сеть при среднегодовой мощности $\bar{N} = 4,0$ МВт количество электроэнергии в размере

$$N_{\text{эл}}^{\text{год}} = N_{\text{уст}} * \tau_{\text{год}} = 4000 * 8760 = 35040000 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год} \quad (1)$$

где

$N_{\text{эл}}^{\text{год}}$ – количество электрической энергии полученной за год;

$\bar{N}_{\text{уст}}$ – средняя установленная мощность;

$\tau_{\text{год}}$ – количество часов в год

Например, рассмотрим вариант использования нашей энергоустановки на ТООЗ. ПАО «Тольяттиазот» (ТоАЗ) – одно из крупнейших предприятий химической промышленности России, входящее в тройку основных производителей аммиака в стране и в десятку мировых лидеров. Единственный в мире химический комбинат, способный производить 3 миллиона тонн аммиака ежегодно.

На сайте компании, в открытом доступе, представлен годовой отчет за 2015 год. В 2015 году потребление энергоресурсов предприятием составило: электроэнергия - 550 556 тыс.квт.ч на сумму 1 436 млн. рублей. Вычислим экономию средств, она составит 8,616 млн рублей.

В заключении хотелось бы отметить, что на основании проведенного исследования разработана блочно-модульная транспортабельная энергетическая установка, был предложен вариант компоновки, подобрано самое современное,

компактное, экологически чистое оборудование. Предлагается использовать результаты проведенных исследований для решения проблемы утилизации бросового тепла с температурой 100÷200°С в теплоэнергетике, металлургии, химических и нефтеперерабатывающих производствах с целью повышения эффективности использования первичных энергоресурсов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Поваров О.А., Саакян В.А., Никольский А.И. и др. Бинарные электрические станции // Тяжелое машиностроение, 2003. №8. С. 13-15
2. Розенфельд Л.М., Ткачев А.Г. Холодильные машины и аппараты. М.: Госторгиздат, 1955.
3. Гринман М.И., Фомин В.А. Перспективы применения энергетических установок с низкокипящими рабочими телами// Сб. докл. Всероссийской конференции «Реконструкция энергетики-2009» - С.27-30
4. Кочтова Е.В. Перспективы водоаммиачного смесового рабочего тела в энергетике. Наука Инновации Технологии / Е.В. Кочтова, С.Л. Елистратов. Новосибирск 2013. - 3с\

Научный руководитель С.Л. Елистратов, д.т.н., проф., зав. каф. ТЭС, НГТУ.

СРАВНЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ГОРЕНИЯ ОРГАНОВОДОУГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ УГЛЕЙ РАЗНЫХ МАРОК И ОТХОДОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

Д.П. Шабардин
Томский политехнический университет
ЭНИН, АТП

В настоящее время актуальной задачей является развитие топливных технологий, использующих вместо дорогих традиционных энергоресурсов (угля, мазута, газа) дешевые топливные композиции на основе отходов углеобогащения.

Цель настоящей работы – экспериментальное определение скоростей горения органоводоугольных топлив на основе углей разных марок и отходов их переработки.

Исследования проводились с составами, представленными в таблице 1

Табл. 1. Исследованные суспензии

	ВУТ	ОВУТ
1	55% уголь К, 45% вода	50% уголь К, 40% вода, 10% отработанное турбинное масло
2	100% фильтр-кек К	90% фильтр-кек К, 10% отработанное турбинное масло
3	55% уголь СС, 45%	50% уголь СС, 40% вода, 10% отработанное турбин-