

УДК 620.97

## ИНТЕГРАЦИЯ ПАРОТУРБИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С НИЗКОКИПАЩИМИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯМИ В СИСТЕМУ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ

В. В. Мясникович, К. Л. Левков  
Научный руководитель – В. Н. Романюк

В последние годы наблюдается тенденция роста удельного веса строительства и промышленности строительных материалов в структуре ВВП, таблица 1. В 2011 г. производством строительных материалов занималось 935 организаций. Численность промышленно-производственного персонала в этот период составляла 70,7 тыс. человек [2].

Таблица 1 – Удельный вес строительства и промышленности строительных материалов в структуре ВВП (в процентах) [1, 2, 3]

Рассматриваемый период	000	005	006	007	008	009	010	011
ВВП	00	00	00	00	00	00	00	00
Строительство	,4	,9	,9	,5	,3	0,7	3,4	,8
Промышленность строительных материалов	,1	,6	,7	,8	,3	,6	,4	,8
Прочие отрасли	2,5	1,5	0,4	9,7	8,4	0,7	1,2	3,4

В настоящее время предприятия промышленности строительных материалов выпускают более 100 видов продукции различного назначения. Среди них – цемент, стеновые, кровельные и нерудные материалы, асбестоцементные, керамические и санитарно-технические изделия, стекло и многое другое. Потенциал промышленности строительных материалов позволяет не только удовлетворять потребности внутреннего рынка, но и поставлять продукцию в страны ближнего и дальнего зарубежья.

Производство некоторых видов строительных материалов (цемент, стеновые материалы и сборные железобетонные изделия) в период с 2005 по 2011 год возросло приблизительно в 1,5 раза [2]. В особенности, увеличение интенсивности строительства жилья и других объектов за последние полдесяток лет выдвинуло производство стеновых материалов в ряды наиболее используемых и производимых строительных материалов в Республике Беларусь. Стеновые материалы включают в себя широкий спектр продукции различной по свойствам, назначению, происхождению, таблица 2:

Таблица 2 – Производство стеновых материалов по видам в 2005–2011 гг. (млн. усл. кирпичей) [2]

Рассматриваемый период	005	006	007	008	009	010	011
Стеновые материалы, из них:	961	646	194	389	729	087	249
- кирпич строительный	38,1	34,9	084,4	102,8	60,4	002,3	55,9

- стеновые крупные бетонные и силикатные блоки	12,6	64,2	90,4	93,4	17,2	11,2	87,4
- стеновые мелкие блоки (без блоков из ячеистых бетонов)	5,4	3,9	9,3	11,0	9,0	0,9	0,3
- стеновые блоки из ячеистых бетонов	964	478	830	982	456	772	972

Однако промышленность строительных материалов имеет также и ряд проблем. Основная из них – износ основных средств материально-технической базы на  $\approx 55\%$  [3]. Это явление ведет к увеличению удельных расходов сырья, трудовых и энергетических ресурсов, при том, что промышленность стройматериалов является крупнейшим потребителем энергоресурсов с довольно энергоемкими технологическими процессами. Сокращение потребления энергоресурсов в ходе производства немедленно повлечет за собой снижение себестоимости продукции. Этого можно добиться за счет интенсивного использования вторичных энергоресурсов (ВЭР), образующихся в больших объемах на предприятиях стройиндустрии.

В то же время, для повышения технологического КПД теплотехнических процессов, прежде всего, следует обратить внимание на внутренне использование тепловых отходов в технологии. Однако зачастую это мероприятие является либо малоэффективно, либо не целесообразно ввиду ухудшения технико-экономических показателей производства. Также зачастую потоки тепловых отходов поступают не равномерно, что еще более усугубляет их использование.

Оптимальным вариантом использования низкопотенциальной теплоты является интеграция в систему тепловых двигателей на базе паротурбинных установок для генерации эксергетически ценной электрической энергии. Использование аккумуляторов теплоты позволяет выровнять графики образования ВЭР и сделать работу паросиловой установки стабильной, зависящей лишь от параметров окружающей среды.

В мировой практике классически сложилось, что реализация данного варианта возможна при интеграции в систему паровых турбогенераторов, работающих по циклу Ренкина на органическом теплоносителе (ORC). Этот цикл достаточно прост, хорошо изучен и оптимизирован. Однако существуют и иные варианты генерации электроэнергии, в частности циклы, работающие на водоаммиачной смеси (циклы Калины, Мелони-Робертсона, Госвами) [4, 5], при том, что теоретически цикл Калины является более совершенным, чем цикл ORC. Геотермальная электроцентральный Húsavík в Исландии, единственная на данный момент в мире, работающая по циклу Калины, имеет проектную мощность 2 МВт, реальная мощность станции – 1,7 МВт [4].

Реально существующий объект, работающий по циклу Калины, имеет начальное давление перед турбиной 31 бар, КПД  $\eta = 12,5\%$  (на практике, электроцентральный работает с  $\eta = 10\%$  ввиду различных причин) [4]. Поэтому требуется дальнейшее изучение цикла Калины и свойств водоаммиачной смеси для возможности увеличения эффективности цикла и внедрения его в систему утилизации тепловых отходов на предприятиях стройиндустрии.

#### Литература:

1. Инвестиции и строительство в Республике Беларусь: стат. сб. // Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2011. – 217 с.

2. Промышленность Республики Беларусь: стат. сб. // Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2011. – 295 с.
3. Миихолап С.В., Козловская О.И. Промышленность строительных материалов Республики Беларусь: состояние и основные направления развития / Миихолап С.В. // Экономика и управление. - 2011. - №1. – с.58-62.
4. Pall Wladimarsson. ORC and Kalina. Analysis and experience // Lecture 3 / Washington State University, 2003.
5. N. Galanis, E. Cayer, P. Roy, E.S. Denis, M. Desilets Electricity generation from low temperature sources // Journal of Applied Fluid Mechanics, Vol. 2, No. 2, pp. 55-67, 2009.