

При рассмотрении рис. 3, а также табличных данных, очевидно, что в результате применения высокотеплопроводных инклюзивов значительно сокращается время плавления ТАМФП, т. е. период зарядки теплового аккумулятора, что позволяет более эффективно аккумулировать тепловую энергию в системе теплоснабжения при использовании солнечного коллектора.

Проведенные экспериментальные исследования показали необходимость использования высокотеплопроводных инклюзивов, позволяющих даже при небольшом их объемном содержании, не превышающем 5%, существенно сократить время зарядки тепловых аккумуляторов с теплоаккумулирующими материалами фазового перехода. Установлено, что даже незначительное по объему содержание инклюзивов (5–10 %) способствует увеличению скорости плавления на 1,2–1,4 раза.

Список литературы

1. Шевелев В.В., Локшин Д.Л. Метод интегральных уравнений движения межфазной границы в задачах стефановского типа // Труды 2-ой Российской национ. конф. по теплообмену. М. : Изд-во МЭИ, 1998. Т.7. С. 255–258.
2. Шишкин Н.Д. Исследование процессов теплообмена в тепловых аккумуляторах фазового перехода // Сб. науч. тр. СНЦ РАН: Проблемы совершенствования топливно-энергетического комплекса. Вып.1. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2001. С. 140–146.

УДК 620.93

В. А. Седнин, А. В. Седнин, А. А. Матявин (БНТУ, Минск)

Эффективность применения ПСУ на водороде в системе аккумулялирования энергии

В последнее время все больше внимания уделяется активным (динамическим) системам аккумулялирования электроэнергии с применением водорода. В случае избытка выработки электроэнергии возможно получение водорода путем электролиза воды. В дальнейшем водород может быть использован непосредственно в виде топлива в энергетических установках, либо для производства синтетического природного газа [1, 2].

Авторы [3, 4] исследовали вопрос использования водородных энергетических комплексов в интеграции с АЭС, а именно применение водорода для повышения параметров пара во влажнопаровом цикле АЭС. Для сжигания водорода предлагается использовать двухступенчатое горение водорода в среде кислорода: первоначальное нестехиометрическое окисление водорода с последующим стехиометрическим доокислением.

В [5–9] рассмотрены как паровые так и газовые турбины с параметрами водяного пара до 35 МПа и температурой 1700–2000 К, при этом КПД составляет до 57%. В [6] авторами проведена термодинамическая оценка использованию водорода на паросиловых установках (ПСУ) и отмечено, что параметры пара рассматриваемые в статье пока не могут быть реализованы на практике. Эксергетическая эффективность исследуемых схем при максимальных параметрах достигает 63,5%. В [9] рассматриваются вопросы использования водорода в газовых турбинах (ГТУ), в случае, когда сжигание водорода происходит в воздушной среде. Максимальный электрический КПД рассматриваемой схемы составляет 58,5%.

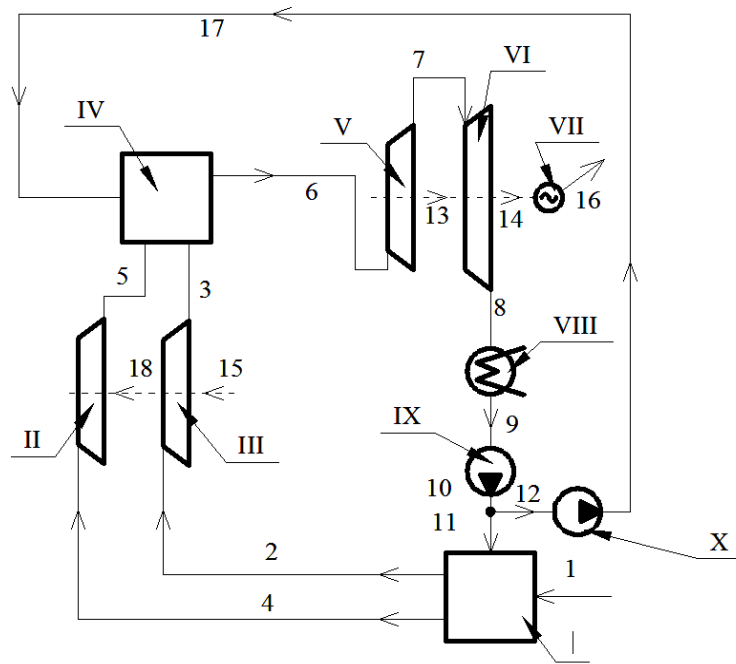
В данной статье нами были рассчитаны следующие схемы на более низких параметрах (рис. 1).

В электролизер I поступает вода при атмосферном давлении (11) и электроэнергия (ЭЭ) (1). Полученный водород (2) и кислород (4) после сжатия в компрессорах II, III до необходимого давления (3,5) поступают в камеру сгорания.

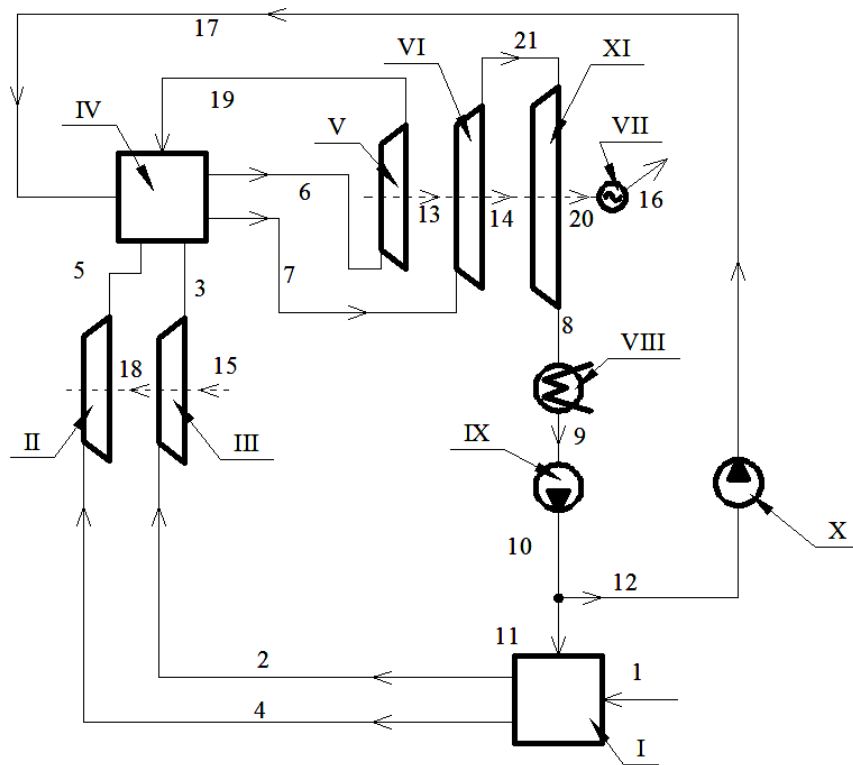
Так как в схемах рассматривалось применение водорода на ПСУ, температура водяных паров (6) ограничивалась значением 1000 К.

Для поддержания требуемой температуры в камеру сгорания предусматривается впрыск воды (17). Получаемый водяной пар направляется в ЦВД и ЦСД, после чего конденсируется.

Для исследуемых систем были разработаны математические модели макроуровня. По результатам расчета математической модели были получены зависимости коэффициента регулирования и мощности установок от степени сжатия (рис. 2). При этом под коэффициентом регулирования понималось отношение расхода ЭЭ для электролиза к вырабатываемой ЭЭ (полная мощность минус затраты ЭЭ на привод компрессоров водорода и кислорода).



a)



б)

Рис. 1 – Принципиальные схемы ПСУ (вариант а) и ГТУ+ПСУ (вариант б), работающей на водороде: I – Электролизер, II – компрессор для водорода, III – компрессор для кислорода, IV – камера сгорания, V – цилиндр высокого давления, VI – цилиндр среднего давления, VII – генератор, VIII – конденсатор, IX, X – насос, XI – цилиндр низкого давления; 1, 16 – Электроэнергия, 2, 3 – водород, 4, 5 – кислород, 6, 7, 8, 19, 21 – пар, 9, 10, 11, 12, 17 – вода, 13, 14, 15, 18, 20 – механическая энергия

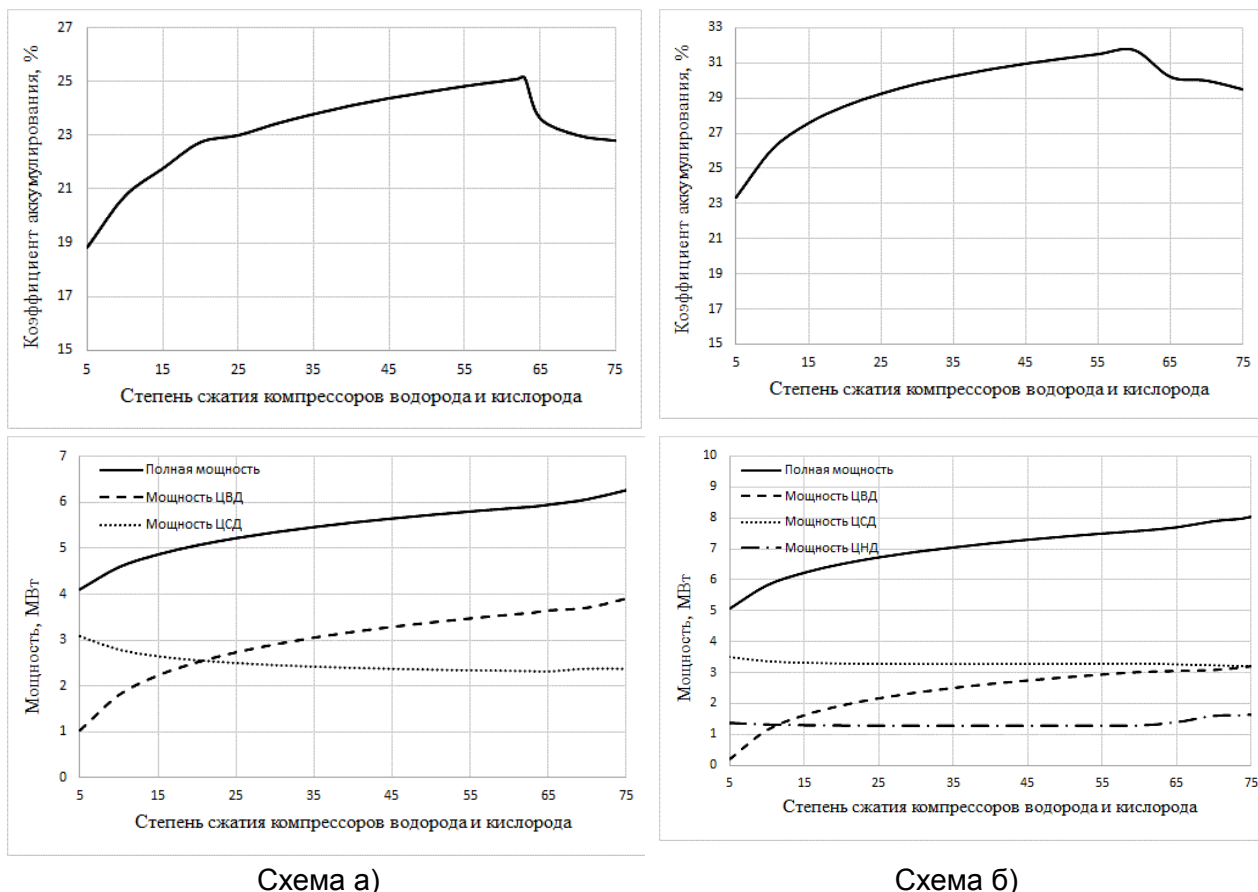


Рис. 2. Зависимости коэффициента регулирования и мощности установок от степени сжатия

Основываясь на полученных зависимостях можно сделать вывод, что вариант б) является более эффективным.

Дальнейшие исследования будут направлены на параметрическую оптимизацию предложенных схем, с учетом новейших данных полученных в области эффективности электролизеров. Также планируется проведение исследований паро-воздушных динамических систем аккумулирования для нахождения оптимального решения в области систем аккумулирования.

Список литературы

1. Farhat K., Reichelstein S. Economic value of flexible hydrogen-based polygeneration energy systems // Applied Energy. 2016. P. 857-870.
2. You S., Zong J., Lin J. Value assessment of hydrogen-based electrical energy storage in view of electricity spot market // Power Syst. Clean Energy. 2016. P. 626-635.
3. Байрамов, А.Н. Использование водородных технологий как перспективный путь обеспечения АЭС базисной нагрузкой в условиях неравномерности электрических нагрузок // Современные научные исследования: инновации и опыт. Материалы XI Международной научно-практической конференции 16-17 мая 2015 г. Екатеринбург. Наука и образование. 2015. № 4 (11). С. 5-12.

4. Аминов Р.З., Егоров А.Н. Оценка термодинамической эффективности водородных циклов на влажно-паровых АЭС // Теплоэнергетика. 2013. №4. С. 27-33.
5. Lo, R. Wasserstoff als Energietrigger, Stromerzeugung aus Wasserstoff, H₂/O₂ Dampferzeuger // Inst.f.Chem. Antriebe u Verfahrenstechnik. Jahresbericht DFVLR 1980/81.
6. M. Soufi, T. Fujii, K. Sugimoto, H. Asano A new Rankine cycle for hydrogen-fired power generation plants its exergetic efficiency / M. Soufi, // Exergy. 2004. №1. С. 29-46.
7. H. Jericha, E. Göttlich Conceptual design for an industrial prototype gas cycle power plant // Proceedings of ASME TURBO EXPO 2002 June 3-6, 2002, Amsterdam.
8. J. Milewski, Hydrogen utilization by steam turbine cycles // Journal of Power Technologies 95. 2015. № 4. С. 258-264.
9. Chiesa P., Lozza G., Mazzocchi L. Using Hydrogen as gas turbine Fuel // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. 2005. №127. С. 73-80.