

РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС

Е.Ф. Жарко

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: zharko@ipu.ru

Е.А. Абдулова

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: consoft@ipu.ru

Ключевые слова: технико-экономические показатели, информационная задача, АСУ ТП, система верхнего блочного уровня, АЭС.

Аннотация: Техничко-экономические показатели (ТЭП) представляют собой меру экономичности, надежности и долговечности энергетического оборудования в ходе его эксплуатации. Автоматизация процесса определения ТЭП непосредственно во время производства электроэнергии позволяет получить объективную информацию о экономической эффективности технологических процессов и реальном состоянии энергетического оборудования. Анализ ТЭП является важной задачей автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП) АЭС и в значительной степени определяет эффективность работы энергоблока.

1. Введение

Система верхнего блочного уровня (СВБУ) АСУ ТП АЭС – это система автоматического сбора, хранения, представления информации о текущем состоянии технологического объекта управления (ТОУ) и автоматизированного дистанционного формирования команд управления механизмами ТОУ алгоритмами АСУ ТП АЭС [1]. СВБУ предназначена: для реализации информационных, управляющих и вспомогательных функций; передачи команд оператора по управлению технологическими процессами и технологическим оборудованием; контроля состояния АСУ ТП; интеграции информации по энергоблоку от систем АСУ ТП; для контроля и управления энергоблоком [1, 2]. Одной из информационных задач, решаемых СВБУ и входящих в состав прикладного программного обеспечения, является задача «Расчет технико-экономических показателей» [3-5].

На многих атомных станциях, в том числе гибридных, применяют для анализа эффективности простые технико-экономические показатели использования ресурсов [6-9]. Теоретически эффективность энергоблока, связанная с любым аспектом эксплуатации энергоблока, имеет определенную степень экономических последствий [10].

Расчет и анализ технико-экономических показателей (ТЭП) является одной из основных функций АСУ ТП (см. рис. 1). Основными целями этой функции являются: автоматизированное получение ТЭП, характеризующих фактическую экономичность энергоблока и его отдельных элементов; автоматизированный расчет нормативных

ТЭП энергоблока и его отдельных элементов; определение структуры перерасхода топлива; дифференцированное представление информации о тепловой экономичности энергоблока на разные уровни управления – сменному персоналу, руководству энергоблока, вышестоящим организациям – для принятия мер по достижению максимальной экономичности производства электроэнергии. В соответствии с этими целями был разработан типовой алгоритм расчета ТЭП для энергоблока с реактором типа ВВЭР-1000. Информационная задача выполняется в автоматическом режиме и блокируется в случае, если хотя бы одно из значений критических параметров энергоблока (активная мощность генератора, температуры и расходы питательной воды в парогенераторах 1-4,) отсутствует или недостоверно, в остальных случаях ведется выборочный расчет параметров энергоблока.

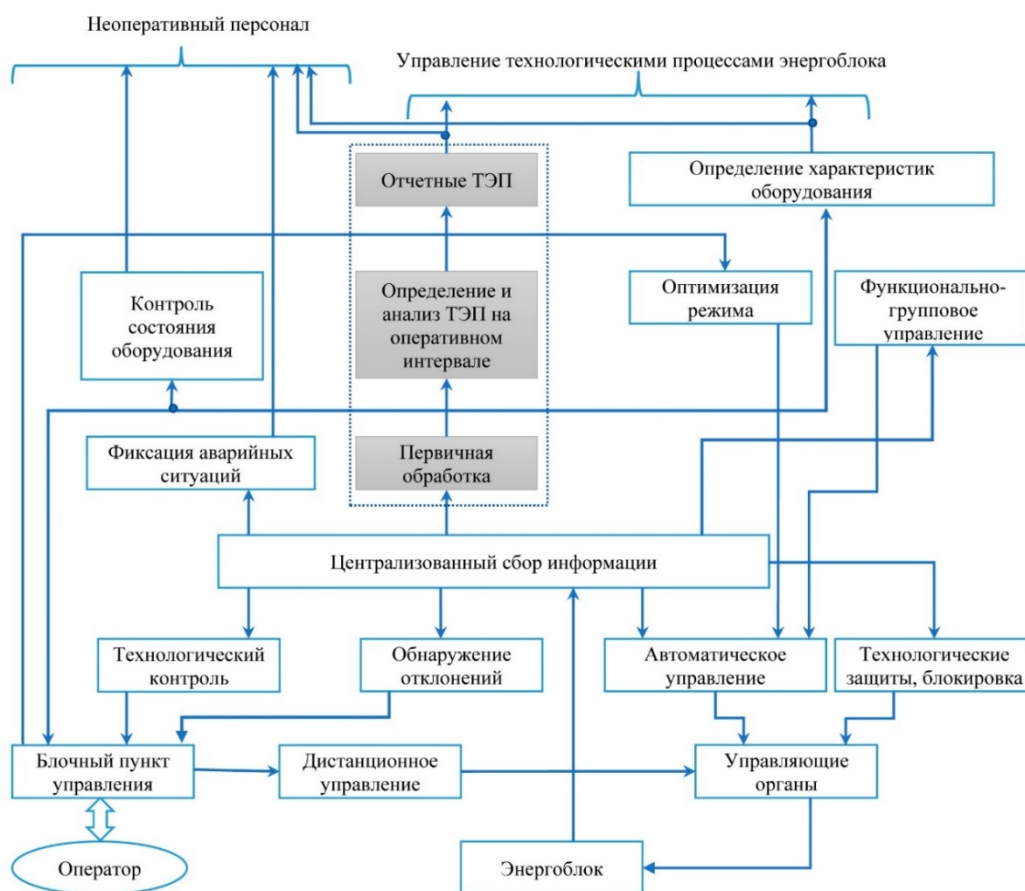


Рис. 1. Место информационной задачи СВБУ «Расчет ТЭП» среди функций АСУ ТП.

2. Структурная схема алгоритма

Основу структурной схемы алгоритма ТЭП (см. рис. 2) составляет последовательность функционирования на ряде временных интервалов, на каждом из которых выполняются строго определенные действия. Эти интервалы схематически выделены на рис. 2 штриховой линией. Такое построение алгоритма обеспечивает максимальное удобство при модульной реализации.

Исходным временным интервалом является отрезок времени между началом двух следующих друг за другом циклов опроса датчиков – период дискретизации T_0 . В число опрашиваемых объектов включены датчики дискретных и аналоговых сигналов. Помимо информации, полученной непосредственно от датчиков, во время периода

дискретизации формируется также логическая информация, характеризующая технологическую ситуацию на энергоблоке. Вся информация, полученная во время периода дискретизации T_0 , хранится в памяти.

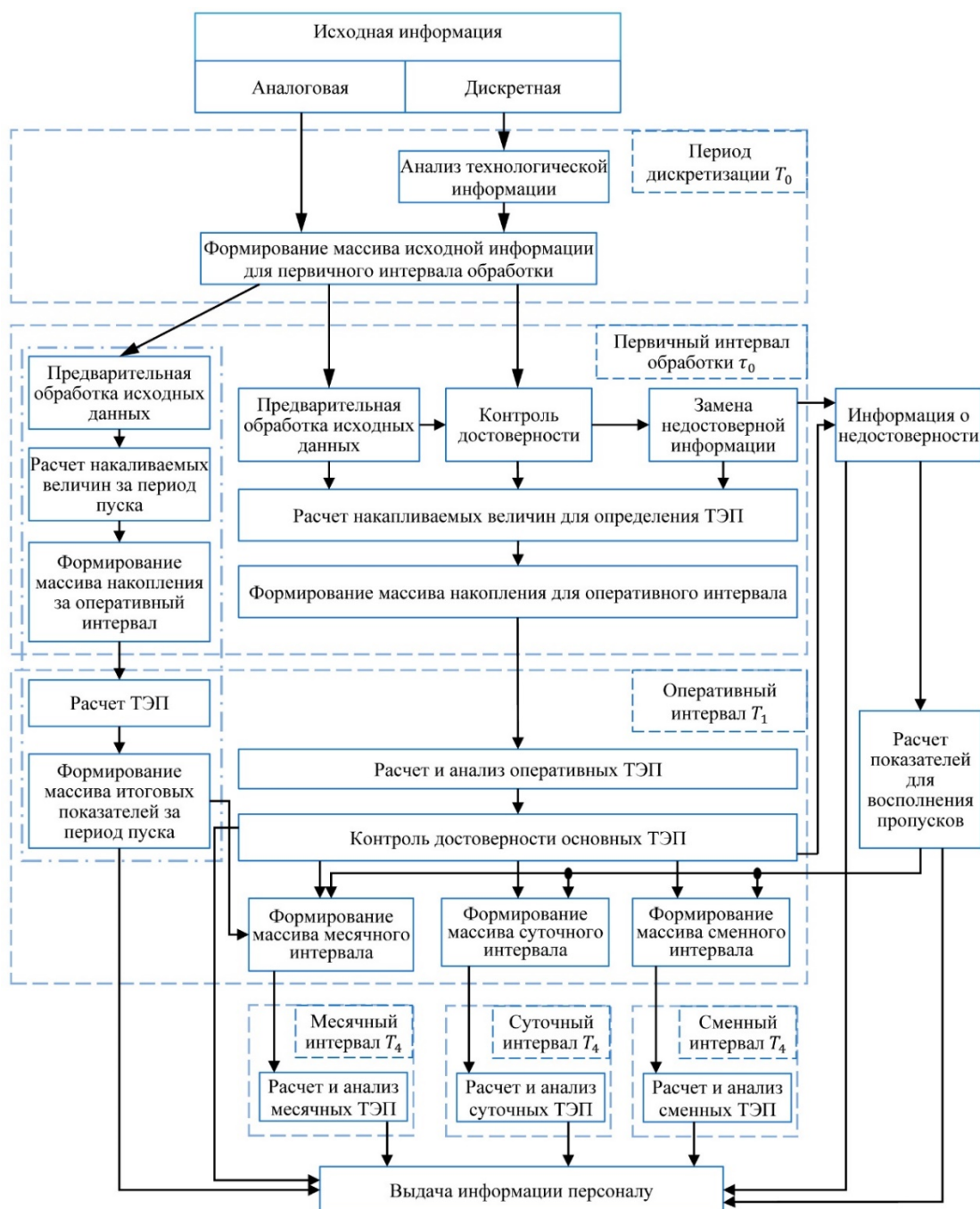


Рис. 2. Алгоритм расчета и анализа ТЭП.

Основным временным интервалом, на базе которого осуществляется расчет ТЭП, является первичный интервал τ_0 (может совпадать с оперативным), на котором производится обработка всей накопленной информации. На интервале τ_0 выполняются следующие операции:

- усреднение аналоговых параметров;
- масштабирование усредненных аналоговых параметров;

- получение физических параметров с учетом характеристик измерительных приборов;
- расчет теплофизических свойств воды и водяного пара;
- проверка достоверности исходной информации;
- расчет величин, предназначенных для передачи в массивы накопления следующего временного интервала (оперативного).

Оперативный интервал T_1 – это минимальный отрезок времени (кратный первичному интервалу τ_0), на котором рассчитываются и обновляются все технико-экономические показатели.

На оперативном интервале выполняются следующие операции:

- расчет фактических ТЭП;
- расчет нормативных ТЭП;
- анализ экономичности энергоблока и его отдельных элементов;
- контроль достоверности основных ТЭП;
- подготовка информации для соответствующих видеокладов для вывода на автоматизированное рабочее место оператору по запросу;
- автоматический вывод на печать массива архивных ТЭП.

Сменный T_2 , суточный T_3 и месячный T_4 интервалы по продолжительности соответствуют смене, суткам и месяцу. На временных интервалах T_2 , T_3 и T_4 проводятся те же операции, что и на оперативном T_1 , но используются свои массивы накопления, сформированные из массивов накопления оперативных интервалов. Дополнительно массивы накопления этих интервалов пополняются данными, заменяющими информацию оперативных интервалов, признанную недостоверной, и данными, восполняющими информацию за время остановов вычислительного комплекса. Массив накопления месячного интервала может дополняться, кроме того, результатами, полученными во время пусков и остановов энергоблоков по отдельной программе.

3. Мониторинг технологического процесса

Суть мониторинга технологических процессов энергоблоков АЭС заключается в постоянном и актуальном отслеживании состояния контролируемых процессов и оповещении оператора о возникающих событиях, будь то нормальные или аварийные, с пояснением автоматически принятых решений по оценке состояний, формированием рекомендаций по управлению и прогнозированием дальнейшего развития событий [11]. Дальнейший анализ технико-экономических показателей, основанный на кратномасштабном вейвлет-преобразовании, интеллектуальном анализе данных и моделях прогнозирования рискового потенциала, позволит эксплуатационному персоналу определять допустимые эксплуатационные пределы и местоположения аномалий.

В связи с недостоверностями недостоверности входных параметров, вызванных различными причинами как технического, так и информационного характера, в информационной задаче «Расчет технико-экономических показателей» возникает необходимость поиска путей расчета текущих и прогнозных показателей энергоблока, основываясь на критических параметрах энергоблока. Один из подходов к решению этой проблемы заключается в построении моделей выходных параметров на основе прогнозирующих моделей [12], входными параметрами в которой выступают критические параметры энергоблока. Также на основе этого подхода с использованием шкалы Харингтона можно оценить рисковый потенциал технологического процесса, позволяющий оценить вероятность выхода процесса за технологические пределы. На

рис. 3 представлен прогноз одного из технико-экономических показателей - температуры питательной воды за подогревателем высокого давления 5 и рисковый потенциал процесса.

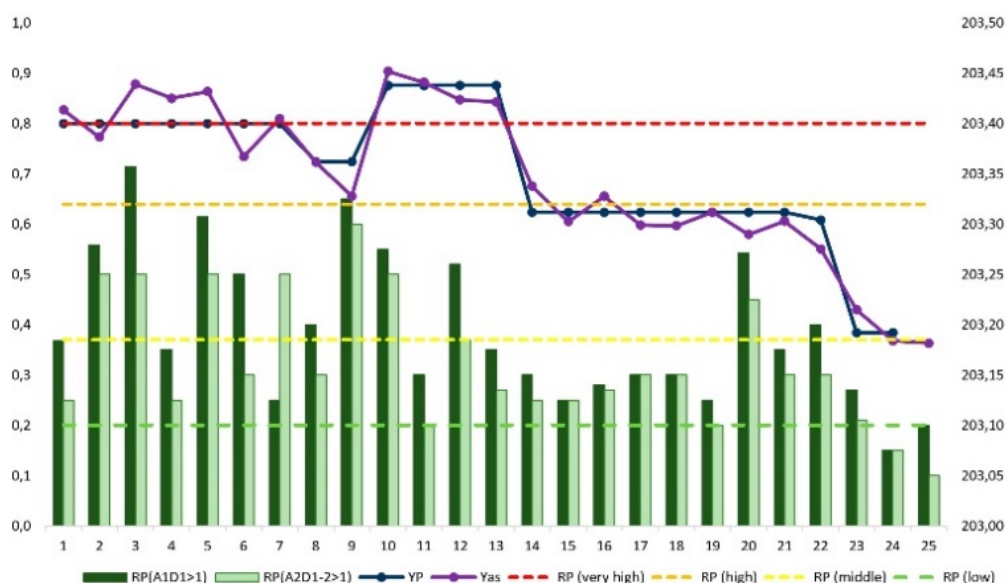


Рис. 3. Прогноз температуры питательной воды за подогревателем высокого давления 5 и рисковый потенциал процесса.

4. Заключение

Описанный алгоритм позволяет в любой момент времени определить действительное состояние оборудования энергоблока, произвести анализ качества его эксплуатации, контролировать деятельность оперативного и обслуживающего персонала, автоматизировать сбор, обработку, и составление как отчетной документации об экономичности, так и выводить эту информацию на соответствующие видеокдры системы верхнего блочного уровня АСУ ТП АЭС.

Определение ТЭП является ключевым аспектом при анализе эффективности энергоблока АЭС. Применение современных и инновационных методов анализа открывает новые возможности для улучшения ТЭП энергоблока АЭС в процессе его эксплуатации.

Список литературы

1. Poletykin A., Jharko, E. Mengazetdinov N., Promyslov V. A conception of the new generation of upper level control systems of NPP APCS // 2017 IEEE 11th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). 20-22 September 2017, Moscow, Russia. IEEE, 2017. P. 1-5.
2. Бывайков М.Е., Жарко Е.Ф., Менгазетдинов Н.Э., Полетыкин А.Г., Прангишвили И.В., Промыслов В.Г. Опыт проектирования и внедрения системы верхнего блочного уровня АСУ ТП АЭС // Автоматика и телемеханика. 2006. №. 5. С. 65-79.
3. Jharko E. Calculation of Technical end Economical Indeces for the "Kudankulam" NPP // IFAC Proceedings Volumes. 2013. Vol. 46, No. 9. P. 1085-1090.
4. Jharko E. Calculating Technical and Economical Indexes and Providing Normal NPP Operation // IFAC-PapersOnLine. 2017. Vol. 50, No.1. P. 15586-15591.
5. Jharko E., Abdulova E. Informational Task "Calculation of Technical and Economic Indicators" NPP I&C ULCS and Risk Potential Assessment // IFAC-PapersOnLine. 2022. Vol. 55, No. 9. P. 216-221.

6. Zhang T. Techno-economic analysis of a nuclear-wind hybrid system with hydrogen storage // *Journal of Energy Storage*. 2022. Vol. 46. P. 103807.
7. Yurin V.E., Egorov, A.N. Predictive economic efficiency of combining nuclear power plants with autonomous hydrogen power complex // *International journal of hydrogen energy*. 2021. Vol. 46, No. 64. P. 32350-32357.
8. Adamov, E., Rachkov, V. “Proryv” project: Inherent safety principles implementation in a new technology platform of the nuclear power industry // *Nuclear engineering and design*. 2021. Vol. 384. P. 111444.
9. Locatelli G., Boarin, S., Fiordaliso A., Ricotti, M.E. Load following of Small Modular Reactors (SMR) by cogeneration of hydrogen: A techno-economic analysis // *Energy*. 2018. Vol. 148. P. 494-505.
10. Technical Reports Series No. 437. Economic Performance Indicators for Nuclear Power Plants. IAEA. Vienna. 2006.
11. Jharko E., Chernyshov K. Diagnostic Tasks in Human-Machine Control Systems of Nuclear Power Plants // 2022 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 6-20 May 2022, Sochi, Russian Federation. IEEE, 2022. P. 563-571.
12. Abdulova E. Some Issues of Assessing the Risk Potential of Technological Process at Nuclear Power Plants // 2021 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). 17-21 May 2021, Sochi, Russia. IEEE, 2021. P. 602-607.