

# ПОДХОД К РАСЧЕТУ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА РАБОЧИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Нарядкина Н.А. Email: Naryadkina1797@scientifictext.ru

*Нарядкина Надежда Александровна – кандидат технических наук, старший преподаватель,  
кафедра промышленных теплоэнергетических систем,  
Национальный исследовательский университет  
Московский энергетический институт, г. Москва*

**Аннотация:** в статье рассматривается подход к расчету технико-экономической эффективности внедрения систем оперативного мониторинга качества рабочих и технологических сред, обеспечивающих сокращение объема коррозионных повреждений энерготехнологического оборудования путем своевременного обнаружения и устранения нарушений водно-химических режимов. Предлагаемый подход базируется на расчете изменений технических показателей надежности работы оборудования и последующей оценке экономической эффективности от реализации дополнительных объемов тепловой и электрической энергии.

**Ключевые слова:** энерготехнологическое оборудование, рабочие и технологические среды, система мониторинга качества, технико-экономическая эффективность.

## APPROACH TO THE CALCULATION OF TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THE IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM OF OPERATIVE MONITORING OF THE QUALITY OF WORKING AND TECHNOLOGICAL ENVIRONMENTS OF ENERGY TECHNOLOGY EQUIPMENT

Naryadkina N.A.

*Naryadkina Nadezda Alexandrovna - Candidate of Engineering Sciences (PhD of Engineering Science), Senior Lecturer,  
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL HEAT POWER ENGINEERING SYSTEMS,  
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY  
MOSCOW POWER ENGINEERING INSTITUTE, MOSCOW*

**Abstract:** the article discusses approach to the calculation of technical and economic efficiency of implementation of operative monitoring systems of working and technological environments quality allowing the reduction of corrosion damage in energy equipment by timely detection and remediation of water-chemical regimes. The proposed approach is based on the calculation of changes in the technical reliability of equipment and subsequent evaluation of economic efficiency from the implementation of additional volumes of thermal and electric energy.

**Keywords:** energy technology equipment, working and technological environments, quality monitoring system, technical and economic efficiency.

УДК 681.518.5

Надежность и эффективность работы современных энерготехнологических комплексов, предназначенных для паро-, тепло- и электроснабжения промышленных и жилищно-коммунальных потребителей в значительной степени определяется качеством используемых рабочих и технологических сред (РиТС), определяющим, в свою очередь, интенсивность протекания коррозионных процессов и процессов образования отложений на функциональных поверхностях энергетического оборудования. Негативное влияние этих процессов может быть существенно снижено за счет своевременного обнаружения аварийных ситуаций, характеризующихся выходом показателей качества РиТС за допустимые пределы, последующего обоснованного выбора и реализации соответствующих водокоррекционных мероприятий. Рассматриваемые задачи контроля качества РиТС с технической точки зрения наиболее эффективно решаются путем внедрения в практику эксплуатации энерготехнологических комплексов современных специализированных систем оперативного мониторинга (СОМ), позволяющих организовать постоянные измерения реальной коррозионной активности, а также оперативное обнаружение и определение концентрации присутствующих в РиТС ненормируемых потенциально-опасных органических веществ и нефтепродуктов [1]. Однако принятие решения о внедрении СОМ требует комплексной оценки экономической эффективности реорганизации процессов мониторинга водно-химического режима (ВХР) энерготехнологических комплексов (ЭТК).

В статье рассматривается подход к расчету технико-экономической эффективности внедрения СОМ РИТС энерготехнологического оборудования, базирующийся на расчете изменений технических показателей надежности работы оборудования и оценке экономической эффективности от реализации дополнительных объемов тепловой и электрической энергии.

Внедрение СОМ описанного класса позволяет оперативно и своевременно обнаруживать нарушения ВХР, практически исключая тем самым работу энерготехнологического оборудования (ЭТО) в режимах, характеризующихся высоким коррозионным износом и скоростью образования отложений. Такое изменение условий эксплуатации приводит, в первую очередь, к уменьшению поврежденных функциональных поверхностей оборудования и соответствующему увеличению времени наработки на отказ, что, в свою очередь, вызывает увеличение единичных и комплексных показателей надежности, а именно:

- единичные показатели – интенсивность отказов (время наработки на отказ);
- комплексные показатели – коэффициент готовности, коэффициент технического использования.

Очевидно, технико-экономическая эффективность внедрения СОМ будет определяться величиной изменения названных показателей надежности, позволяющих увеличить время работы ЭТК в календарном году, и, следовательно, дополнительно вырабатывать и продавать определенный объем тепловой энергии.

Величина изменения показателей надежности, в свою очередь, определяется величиной уменьшения объема коррозионных повреждений, за счет исключения случаев работы оборудования в режимах нарушения ВХР.

Объем коррозионных повреждений в течение календарного года эксплуатации оборудования ( $V_{КП}^{BB}$ ) зависит, в основном, от двух влияющих факторов: времени работы оборудования в режиме нарушения ВХР и скорости коррозии в этом режиме.

В базовом варианте без внедрения СОМ,  $V_{КП}^{BB}$  может быть подсчитан по следующей формуле:

$$V_{КП}^{BB} = (T_p - T_{ав}) * V_k + T_{ав} * k_{ав} * V_k \quad (1)$$

где  $T_p$  - общее количество часов работы ЭТО в календарном году, час;  $T_{ав}$  - число часов работы ЭТО в режиме нарушения ВХР (в течение года), час;  $V_k$  - средняя скорость коррозии при работе ЭТО в режиме соблюдения всех параметров ВХР, мкм/час;  $k_{ав}$  - коэффициент, отражающий величину превышения скорости коррозии при работе ЭТО в режиме нарушения ВХР, мкм/час.

При внедрении СОМ обеспечивается оперативное своевременное обнаружение случаев нарушения ВХР и число часов работы оборудования в режиме нарушения ВХР  $T_{ав}$  практически становится равным нулю. Тогда объем коррозионных повреждений в течение календарного года при внедрении СОМ ( $V_{КП}^{СОМ}$ ) может быть определен следующим образом:

$$V_{КП}^{СОМ} = T_p * V_k \quad (2)$$

Рассчитаем уменьшение объема коррозионных повреждений в течение календарного года  $\Delta V_{КП}$  в описанных вариантах эксплуатации теплотехнического оборудования при внедрении СОМ:

$$\Delta V_{КП} = \frac{V_{КП}^{BB}}{V_{КП}^{СОМ}} \quad (3)$$

Результаты расчета  $\Delta V_{КП}$  при различных значениях годового времени работы оборудования в режиме нарушения ВХР и скорости коррозии в этом режиме приведены на рисунке 1.

Дальнейшую оценку увеличения показателей надежности работы оборудования ЭТК при внедрении СОМ проведем путем сравнения комплексных показателей надежности (коэффициента готовности и коэффициента технического использования), рассчитанных для модельного примера эксплуатации теплотехнического оборудования единичного энергоблока энергетического комплекса:

- в базовом варианте (без внедрения СОМ);

- в варианте эксплуатации с применением СОМ, в условиях, если  $\Delta V_{КП} = 1,1$  (при возможно, например, при следующем сочетании влияющих факторов: время работы ЭТО в режиме нарушения ВХР составляет  $0,2 T_p$ , а скорость коррозии в режиме нарушения ВХР составляет  $1,5 V_k$ ).

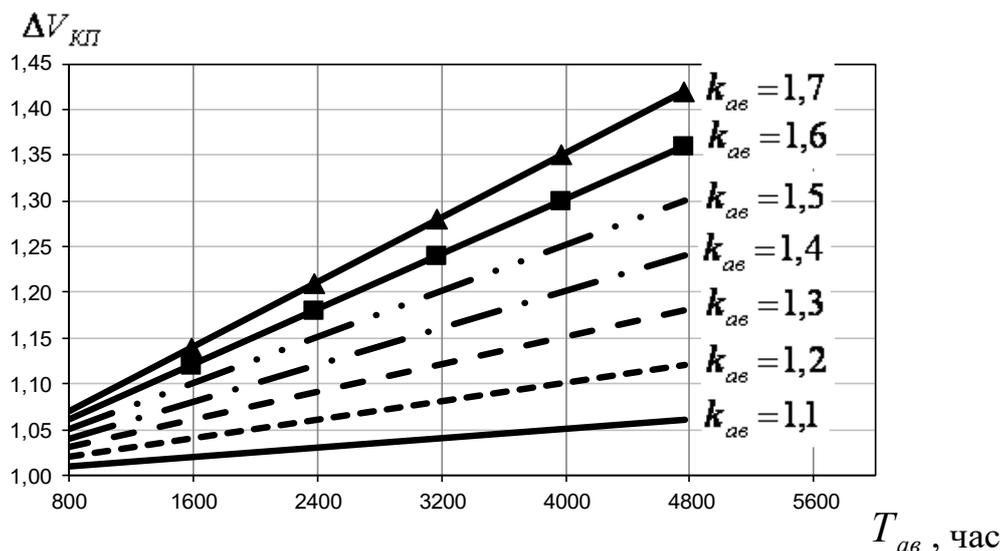


Рис. 1. Зависимость  $\Delta V_{КП}$  от годового времени работы оборудования в режиме нарушения ВХР и скорости коррозии в этом режиме

Для расчета показателей надежности будем использовать компонентную схему энергоблока и методики расчета, описанные в [2, 3]. Компонентная схема включает последовательно соединенные котельный агрегат (КА) и турбоагрегат (ТА), характеризующиеся временем наработки на отказ и временем восстановления, приведенными в таблице 1.

Результаты расчета показателей надежности для базового варианта сведены в таблице 2, результаты аналогичных расчетов в описанном выше варианте внедрения СОМ сведены в таблицу 3. Расчеты проведены с использованием значений интенсивности отказов ( $\lambda$ ), измененных пропорционально сокращению объема коррозионных повреждений [4], значения интенсивности и времени восстановления отказов приняты равными базовому варианту.

Таблица 1. Показатели надежности элементов компонентной схемы энергоблока

Элемент компонентной схемы энергоблока	Время наработки на отказ, час	Интенсивность отказов, час <sup>-1</sup>	Время восстановления, час	Интенсивность восстановления, час <sup>-1</sup>
Котельный агрегат	2100	$4,76 \cdot 10^{-4}$	70	$1,43 \cdot 10^{-2}$
Турбоагрегат	4300	$2,33 \cdot 10^{-4}$	60	$1,67 \cdot 10^{-2}$

Таблица 2. Показатели надежности энергоблока в базовом варианте эксплуатации оборудования

Состояния энергоблока (ЭБ)	Готовность состояния ЭБ	Продолжительность состояния в календарном году, час	$K_G$	$K_{ТИ}$
1 – работоспособен	0,9544	7578	0,9776	0,8655
2 – не работоспособен (отказ КА)	0,0318	253		
3 – не работоспособен (отказ ТА)	0,0133	106		

Таблица 3. Показатели надежности энергоблока в варианте с внедрением СОМ

Состояния энергоблока (ЭБ)	Готовность состояния ЭБ	Продолжительность состояния в календарном году, час	$K_G$	$K_{ТИ}$
1 – работоспособен	0,9552	7584	0,9796	0,8690
2 – не работоспособен (отказ КА)	0,0312	249		
3 – не работоспособен (отказ ТА)	0,0130	104		

Таким образом, в рассмотренном модельном примере при внедрении СОМ происходит увеличение комплексных показателей надежности:  $K_G$  увеличивается на 0,2%, а  $K_{ТИ}$  - на 0,35%, что позволяет соответственно увеличить время работы энергоблока в календарном году.

В качестве основного критерия экономической эффективности внедрения СОМ применять различные известные оценки, например, чистую приведенную стоимость и другие показатели [5]. При проведении расчетов следует учитывать, что при внедрении СОМ достигается увеличение  $K_G$  и  $K_{ТИ}$ , позволяющее увеличить время работы оборудования в календарном году, и, следовательно, дополнительно выработать и реализовать определенный объем тепловой и электрической энергии. При этом стоимость затрат на производство дополнительной энергии увеличится на объем разовых расходов на создание и внедрение СОМ и последующих ежегодных затрат на техническое обслуживание системы.

Предложенный подход позволяет оценить целесообразность внедрения СОМ при проведении модернизации существующего ЭТО на конкретном энергетическом объекте и проектировании новых энергетических комплексов теплоснабжения. Наряду с высокой экономической эффективностью внедрение СОМ дает и социальные результаты – снижение аварийности и продление срока службы энерготехнологического оборудования уменьшает риск возникновения техногенных аварий и катастроф, одновременно повышая надежность энергоснабжения населенных пунктов.

#### *Список литературы / References*

1. Рыженков В.А., Погорелов С.И., Нарядкина Н.А. Повышение надежности эксплуатирующегося теплоэнергетического оборудования на основе оперативной идентификации агрессивных соединений в рабочем теле // Энергосбережение и водоподготовка, 2012. № 1 (75). С. 21-24.
2. Беляев С.А. Надежность теплотехнического оборудования ТЭС / С.А. Беляев, В.В. Литвак, С.С. Солод. Томск: изд-во НТЛ, 2008. 218 с.
3. Определение показателей надежности теплотехнического оборудования ТЭС и АЭС/ Д.П. Елизаров, А.В. Кривцов, С.В. Цанев; Под ред. Е.Т. Ильина. М.: Изд-во МЭИ, 1996. 55 с.
4. Казаков А.В. Надежность, диагностика элементов энергетического оборудования: учебное пособие. Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2010. 224 с.
5. Виленский П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика / П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А.Смоляк. М.: Дело, 2008. 1104 с.