

координати, де спостерігається ЕРГ;  $j(t, \bar{s}, \bar{r})$  – імпульсна просторово-часова реакція лінійної системи;  $h(t, \bar{s})$  – неоднорідне (чи однорідне) поле з незалежними приростами як за часом, так і за простором, що характеризує інтенсивність вхідного сигналу.

Особливості створення апаратури з автоматизованим обробленням з метою забезпечення оперативної реєстрації електрорео- та електроретинограм та достовірної оцінки отриманої інформації з підвищеною точністю інтерпретації результатів істотно покращить дослідження патологічних процесів у пацієнтів. Підтвердження офтальмологічних і неврологічних захворювань за допомогою сучасної електрофізіологічної діагностики може бути надзвичайно корисним на етапі раннього прогнозування таких хвороб, як: внутрішньоочна гіпертензія, глаукома; металоз (сідероз) ока; спадкова дегенерація сітківки ока; відшарування сітківки при помутнінні середовища ока; більшість запальних процесів; ішемія сітківки, викликана діабетичною ангіоретинопатією, оклюзією вен та артерій; атрофія зорових нервів різного генезу; ендофтальміти; розсіяний склероз.

**Висновок.** Запропонована модель процесу та використання сучасних методів оброблення інформації

дають змогу виявити особливості побудови високочастотних швидкодіючих систем реєстрації і оброблення отриманої інформації для ранньої діагностики захворювань ока і зорового аналізатора методами ретинографії та реографії.

1. Богословский А.И., Жданов В.К. Основные принципы клинической офтальмологической системы. – М.: Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца, 1976. – Вып. 22. – С.22–36. 2. Данько С.Г., Каминский Ю.Л. Система технических средств нейрофизиологических исследований человека. – Л.: Наука, 1982. – 133 с. 3. Марченко Б.Г., Щербак Л.Н. Линейные случайные процессы и их приложения. – К.: Наукова думка, 1975. 4. Мацюк О.В., Ткачук Р.А. Информационно-вимірювальна система для діагностики захворювань зорового аналізатора // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2004. – №1. – С.127–131. 5. Уайт А., Хендлер Ф., Смит Э., Хилл Р., Леман И. Основы биохимии: Пер. с англ.; Под ред. Л.М. Гинодмана – М.: Мир, 1981. 6. Шпак А.А. Исследования зрительных вызванных потенциалов в офтальмологии и офтальмохирургии. – М.: МНТК “Микрохирургия глаза”, 1993. – 191 с.

УДК 621.311.25.001.57

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА “ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ АЭС”

© Гуцина Марина, Кравцова Светлана, 2008

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности,  
ул. Курчатова, 7, Севастополь, Украина

*Розглянуто способи побудови математичної моделі процесу ІСМЯ АЕС.*

*Рассмотрены пути построения математической модели процесса ИСМЯ АЭС.*

*The mathematical model of process of the IQMS of NPP is designed in this work.*

**Постановка проблеми.** Создание интегрированных систем менеджмента качества является сложной задачей для любого предприятия. Решение задачи такого уровня связано с определенными проблемами. В этом случае к ним можно отнести излишнюю формализацию процессов и их привязку к существующим структурным подразделениям. При этом теряется основной смысл процессно-ориенти-

рованного подхода, а структурно-процессное управление сводится к известному структурному. Снижается ответственность за конечные результаты деятельности предприятия, дискредитируется сама идея внедрения систем менеджмента качества, так как в этом случае, кроме увеличения количества документов, на предприятии больше ничего не происходит. Таким образом, приоритетным является проектирование на

предприятиях сквозных процессов и определение их основных параметров (входы, выходы, ресурсы, владелец процесса).

#### **Анализ последних исследований и публикаций.**

Большинство публикаций и разработок, посвященных внедрению процессного подхода в деятельность предприятий и организаций в основном посвящены вопросам выделения, идентификации и формирования структуры процессов [1–4]. Внимание к этому аспекту вполне оправданно. Управлять деятельностью на основе процессов, достигая поставленных целей, возможно только при наличии четко структурированной сети процессов организации. Однако, уделяя основное внимание структурированию, авторы практически не касаются вопроса управления выделенными процессами. Управление в большинстве случаев ограничивается рекомендациями по применению контрольных карт, не давая дальнейших рекомендаций по исследованию специфических причин вариаций, то есть, не определяя ресурсы, необходимые для управления процессами и деятельностью в целом.

**Цель работы.** Опираясь на предложенный ранее метод выделения процессов на основании одного из потоков (материального, информационного, финансового, сервисного), существующих на любом предприятии [5], для АЭС был разработан процесс “Водообеспечение и водопотребление АЭС”, являющийся сквозным для данного предприятия.

Целью представленной работы является построение математической модели процесса “Водообеспечение и водопотребление АЭС”, с целью изучения возможности осуществления управления деятельностью на основании разработанного процесса.

**Основная часть.** В соответствии со схемой, приведенной в [5], технологический процесс представляется тремя подпроцессами:

1. Подпроцесс получения добавочной воды.
2. Подпроцесс охлаждения конденсаторов турбин.
3. Подпроцесс обеспечения водой для хозяйственно-питьевых нужд АЭС и города.

Ранее авторы предложили использовать основной ресурс процесса (в таком случае воду) в качестве процессобразующего фактора.

Использование воды в производственной деятельности АЭС регламентируется рядом нормативных документов и сопровождается формированием соответствующей отчетности и передачей информации о

ходе технологического процесса между различными подразделениями. Для существующей сегодня на АЭС системы обмена информацией был построен граф информационных потоков. Анализ этого графа показывает, что на этот момент информационные потоки направлены не на управление процессом, а лишь описывают сбор данных и накопление отчетных документов о функционировании системы. В системе не осуществляется передача соответствующей информации между подразделениями, вовлеченными в процесс, в информационном плане структурные подразделения замкнуты лишь на выполнение собственных функциональных задач.

Таким образом, для перехода к управлению на процессной основе необходимо вернуться к источнику формирования информации – к материальному потоку – воде и проанализировать информационный поток.

Критерием качественного исполнения технологического процесса в этом случае выступает качество воды, используемой во всех трех указанных выше подпроцессах. Кроме того, АЭС обязана обеспечивать качество воды, сбрасываемой в реку? не ниже того, которое было при ее заборе. В этом случае химический состав природной речной воды региона известен и, следовательно, ее энтропия может быть принята за “0” значение. Тогда управляющий процесс должен быть спроектирован так, чтобы при всех приращениях энтропии в период использования воды в технологическом процессе на выходе ее значение стремилось к нулю.

Оценить энтропию процесса можно на основании исследования информационного потока, который чаще всего порождается материальным потоком.

Тогда

$$H_n = H_{n1} + H_{n2} + H_{n3}, \quad (1)$$

где  $H_n$  – общая энтропия процесса водообеспечения и водопотребления;  $H_{n1}$  – энтропия подпроцесса получения и использования добавочной воды;  $H_{n2}$  – энтропия подпроцесса охлаждения конденсаторов турбин;  $H_{n3}$  – энтропия подпроцесса обеспечения водой для хозяйственно-питьевых нужд АЭС и города.

Причем при правильно спроектированном процессе должно выполняться условие

$$H_n \rightarrow 0, \quad (2)$$

следовательно, должно выполняться условие

$$H_{n1} \rightarrow 0; H_{n2} \rightarrow 0; H_{n3} \rightarrow 0, \quad (3)$$

на основании которого описанные выше этапы были рассмотрены пошагово, на каждом шаге выделены операции, на которых в подсистему вносится энтропия.

#### Подпроцесс получения и использования добавочной воды.

Забор воды для производства добавочной воды происходит из реки–источника. Добавочная вода направляется в контур для восполнения потерь пара и конденсата после обработки с применением физико-химических методов очистки [6].

Назначение теплоносителя (воды I контура) – отводить тепло, выделившееся в реакторе при высвобождении внутриядерной энергии. Для предотвращения любых отложений на тепловыделяющих элементах необходима высокая чистота теплоносителя, поэтому для него необходим замкнутый контур. Также требования к замкнутости контура вызывается тем, что процесс протекает под воздействием излучения в реакторе.

Требования к чистоте рабочего тела (воды II контура) настолько высоки, что могут быть удовлетворены с экономически приемлемыми показателями только при конденсации всего пара и возврате конденсата в цикл. Поэтому контур рабочего тела для АЭС всегда замкнут, и добавочная вода поступает в него лишь в небольших количествах [7].

Казалось бы, исходя из этих соображений, можно сказать, что энтропией, вносимой в систему, в этом подпроцессе можно пренебречь, так как замкнутость контуров обеспечивает ее равенство нулю. Однако такая ситуация возможна лишь в идеальных условиях. Практически всегда отмечается взаимное влияние между первым и вторым контуром, а, с другой стороны, согласно [8], несмотря на все системы защиты, существует вероятность попадания контурной воды в окружающую среду.

Исходя из этих соображений уравнение, описывающее энтропию указанного подпроцесса, будет иметь вид:

$$H_{n1} = H_{n1}^1 + H_{n1}^2 + H_{n1}^3 \rightarrow 0, \quad (4)$$

где  $H_{n1}^1$  – энтропия, вносимая на этапе предварительной очистки воды;  $H_{n1}^2$  – энтропия, вносимая при использовании воды в работе I контура;  $H_{n1}^3$  – энтропия, вносимая при использовании воды в работе II контура.

**Подпроцесс охлаждения конденсаторов турбин.** Многие агрегаты АЭС – как основные, так и вспомогательные, требуют отвода большого количества теплоты. В качестве промежуточной охлаждающей среды используют воду, которую затем охлаждают вне главного корпуса за счет отвода теплоты от нее в окружающий воздух [7].

Вода для системы охлаждения подается из водоема-охладителя, проходя при этом лишь очистку от грубодисперсных примесей.

Энтропия указанного подпроцесса:

$$H_{n2} = H_{n2}^1 + H_{n2}^2 \rightarrow 0, \quad (5)$$

где  $H_{n2}^1$  – энтропия, определяемая качеством воды в водоеме-охладителе;  $H_{n2}^2$  – энтропия, вносимая в систему в процессе охлаждения.

В дальнейшем охлаждающая вода сбрасывается в водоем-охладитель.

Здесь необходимо отметить, что в результате наличия подсосов охлаждающей воды в конденсаторах турбин происходит внесение соответствующей энтропии в подпроцесс, описываемый уравнением (4).

Следовательно, оно примет вид

$$H_{n1} = H_{n1}^1 + H_{n1}^2 + H_{n1}^3 + H_{n2}' \rightarrow 0, \quad (6)$$

где  $H_{n2}'$  – энтропия, вносимая в подпроцесс со стороны подпроцесса охлаждения конденсаторов турбин.

Подпроцесс обеспечения водой для хозяйственно-питьевых нужд АЭС и города.

$$H_{n3} = H_{n3}^1 + H_{n3}^2 + H_{n3}^3 + H_{n3}^4 \rightarrow 0, \quad (7)$$

где  $H_{n3}^1$  – энтропия, вносимая на этапе очистки воды до показателей, требуемых ГОСТ 2874-82;  $H_{n3}^2$  – энтропия, вносимая в результате использования воды на хозяйственно-питьевые нужды АЭС и города-спутника;  $H_{n3}^3$  – энтропия, соответствующая очистке сточных вод АЭС и города-спутника в системе очистных сооружений хозяйственно-бытовой канализации (ОСХБК) АЭС;  $H_{n3}^4$  – энтропия, соответствующая доочистке сточных вод АЭС и города-спутника на биопрудах АЭС.

Необходимо заметить, что в описываемую систему энтропия может вноситься также со стороны системы промышленно-ливневой канализации. Система промышленно-ливневой канализации предназначена для удаления промышленно-ливневых вод с

территории АЭС в водоем-охладитель после соответствующей предварительной очистки.

Следовательно, выражение (3) может быть дополнено составляющей

$$H_{n4} = H_{n4}^1 + H_{n4}^2 \rightarrow 0, \quad (8)$$

где  $H_{n4}$  – энтропия подпроцесса сбора и удаления промышленно-ливневых вод с территории АЭС;  $H_{n4}^1$  – энтропия, вносимая в систему при сборе промышленно-ливневых вод на территории АЭС;  $H_{n4}^2$  – энтропия, вносимая в систему после очистки в очистных сооружениях промышленно-ливневой канализации.

Осуществление сброса сточных вод в водоем-охладитель с очистных сооружений промышленно-ливневой канализации, с очистных сооружений хозяйственно-бытовой канализации определяет их влияние на качество воды в водоеме-охладителе и формирование приращения энтропии системы в подпроцессе охлаждения конденсаторов турбин. Выражение (5) примет вид:

$$H_{n2} = H_{n2}^1 + H_{n2}^2 + H_{n3}^1 + H_{n4}^1 \rightarrow 0, \quad (9)$$

где  $H_{n3}^1$  – энтропия, вносимая в подпроцесс охлаждения конденсаторов турбин со стороны подпроцесса обеспечения водой для хозяйственно-питьевых нужд АЭС и города;  $H_{n4}^1$  – энтропия, вносимая в подпроцесс охлаждения конденсаторов турбин со стороны подпроцесса сбора и удаления промышленно-ливневых вод с территории АЭС;

Исходя из приведенных рассуждений, на основании уравнений (3), (8), (9) математическая модель процесса “Водообеспечение и водопотребление АЭС” примет вид:

$$\begin{cases} H_{n1} = H_{n1}^1 + H_{n1}^2 + H_{n1}^3 + H_{n2}^1 \rightarrow 0; \\ H_{n2} = H_{n2}^1 + H_{n2}^2 + H_{n3}^1 + H_{n4}^1 \rightarrow 0; \\ H_{n3} = H_{n3}^1 + H_{n3}^2 + H_{n3}^3 + H_{n3}^4 \rightarrow 0; \\ H_{n4} = H_{n4}^1 + H_{n4}^2 \rightarrow 0 \end{cases} \quad (10)$$

Необходимо отметить, что в указанной модели принят ряд допущений: технологические операции, использующие воду, не ограничиваются описанными выше, но поскольку энтропия, вносимая ими, либо ничтожно мала, либо равна нулю, ее вклад в приращение энтропии системы не рассматривался. В модели учитывались лишь наиболее значимые источники энтропии, характерные для описываемого процесса.

### Выводы и перспективы дальнейших исследований.

1. Выполнен анализ преобразования материального потока и формирование соответствующего ему информационного потока.

2. Анализ, осуществленный на основе приращения энтропии информационной системы, позволил выделить основные этапы процесса “Водообеспечение и водопотребление АЭС”, влияющие на достижение основной цели процесса – обеспечение технологических и хозяйственных нужд АЭС водой требуемого качества при условии исключения загрязнений окружающей природной среды.

3. Полученная математическая модель может использоваться как основа для организации управления указанным процессом, определяя основные точки приложения управляющих воздействий в системе.

4. Следующим этапом разработки математической модели станет исследование факторов, влияющих на каждую из составляющих математической модели и определение ресурсов, необходимых для управления процессом.

1. Мальшев О.В. Реконструкция мета-модели процесса по стандартам ISO 9000:2000// Методы менеджмента качества. – 2004. – № 4. – С. 17–20.  
 2. Новицкий А.Л., Болотина Т.Э. Стандарты ISO 9000: Идентификация процессов системы менеджмента качества // Методы менеджмента качества. – 2005. – № 4. – С. 7–13.  
 3. Елиферов В.Г., Репин В.В. Бизнес-процессы: Регламентация и управление: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 319 с.  
 4. Ковалев А.И. Менеджмент качества. Много в немногих словах. – М.: РИА “Стандарты и качество”, 2007. – 137с.  
 5. Гуцина М.О. Котеленец В.Г., Кравцова С.Е., Смирнов С.Б. Материальные потоки как основа проектирования процессов интегрированных систем управления качеством на АЭС // Metody i technika przetwarzania sygnałow w pomiarach fizycznych/ – 2006. – № 29. – С. 140–146.  
 6. Хоршева М.И. Водоподготовка, специмочистка и химический контроль на атомных электростанциях. – Севастополь: СИЯЭиП, 2000. – 336 с.  
 7. Маргулова Т.Х. Атомные электрические станции: Учебник для вузов. – М.: Высш. Школа, 1978. – 360 с.  
 8. Гончарук В.В., Страхов Э.Б., Волошинова А.М. Водно-химическая технология ядерных энергетических установок и экология. Справочник. – Киев: Наукова думка, 1993. – 448 с.