

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСАМИ И СБРОСАМИ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

В. С. Новиков, М. В. Паринов, М. И. Чижов

Воронежский государственный технический университет

Поступила в редакцию 11.09.2017 г.

Аннотация. Проведен анализ программной автоматизации АЭС на примере Нововоронежской АЭС. Проведен сравнительный анализ существующих систем управления. Сформулирована необходимость разработки системы управления выбросами и сбросами, разработана ее концепция. Предложен математический аппарат контроля выбросов.

Ключевые слова: единое информационное пространство, концепция, система управления, выбросы и сбросы, АЭС.

Annotation. The analysis of the programm automatization of the atomic power station was held at the atomic power station in Novovoronezh. The comparative analysis of the curent operating systems was made. The necessity for development of operating system for emission and dumping was discovered and its strategy was developed. The mathematical tool for emission control was suggested.

Keywords: unified information space, concept, control system, emission and dumping, NPP.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ тенденций развития современного производства подтверждает необходимость внедрения единого информационного пространства (ЕИП) для большинства высокотехнологичных предприятий. К данной категории относятся атомные электростанции (АЭС). Работа практически всех АЭС без современных программных и аппаратно-программных комплексов невозможна, так как посредством подобных решений построены основные системы контроля и безопасности предприятия.

Однако в подавляющем большинстве случаев на отечественных АЭС программная автоматизация имеет ряд существенных недостатков. Как правило, отдельные системы не взаимодействуют друг с другом, что не дает нам говорить о едином информационном пространстве электростанции. Причины данной проблемы связаны как с общей концеп-

цией построения информационной системы предприятия, так и с реализацией отдельных подсистем.

В частности разрабатываемые по различным стандартам и техническим заданиям системы не позволяют осуществить необходимый оперативный обмен информацией вследствие различных интерфейсов. Многие системы строятся с использованием готовых программных решений (например, офисных программ) и заведомо имеют ограниченную функциональность, при этом наиболее важные функции направлены на оператора. Примером является система контроля выбросов и сбросов Нововоронежской АЭС. В настоящее время система удовлетворительно справляется с поставленными задачами, но имеет ряд существенных недостатков. К основным из них относятся: невозможность интегрироваться в единое информационное пространство АЭС, повышенное использование человеческих ресурсов, низкая степень автоматизации, слабая информационная защищенность, крайне ограниченная функциональность.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель данной работы – проанализировать отечественный и зарубежный опыт разработки, внедрения и эксплуатации автоматизированных систем учета выбросов и сбросов в рамках концепции единого информационного пространства для атомных электростанций, доказать необходимость подобной системы, предложить основные принципы ее реализации.

Для создания системы управления контроля выбросами и сбросами в рамках концепции ЕИП необходимо рассмотреть основные требования к системе. Базовыми функциями является контроль в нормальном режиме функционирования АЭС и протоколирование результатов, статистическая обработка, формирование отчетов, а также выдача предупреждений о выходе определённых параметров за заданные пределы.

Существуют нормативные значения общей активности воздуха, удаляемой в сутки через вентиляционные трубы АЭС. [1] Проектируемые величины выбросов АЭС намного меньше тех норм, которые обеспечивают отсутствие загрязнения внешней среды. Однако эти оценки для проектных выбросов,

которые на самом деле намного выше тех, которые имеют место в реальности. Так, например, суточные газоаerosольные выбросы на АЭС с реактором такого же типа – ВВЭР-1000 (речь идет о Хмельницкой, Запорожской АЭС) – составляют для радиоактивных благородных газов лишь 1.5 %, для йода-131 – 0.4 %, для долгоживущих изотопов – 0.02 % от нормативов, задаваемых «Санитарными правилами проектирования и эксплуатации АЭС».

Таким образом, в нормальном режиме функционирования газоаerosольные выбросы АЭС в реальности не представляют опасности для окружающей среды и населения. Гарантировать это позволяет система радиационной безопасности предприятия, включающая компьютерные системы, одна из которых будет автоматизировать выполнение данной задачи в едином информационном пространстве.

ЕИП прежде всего – это стандартизованные информационные потоки между базами данных различных подсистем, входящих в единую систему информационного пространства, обеспечивающие работу АЭС. В виде схемы ЕИП АЭС можно представить следующим образом (рис. 1).



Рис. 1. Схема ЕИП АЭС

Как уже было отмечено ранее, в настоящий момент подобная система не используется. Поэтому весь процесс учета, от сбора данных с приборов и расчета, до составления отчета производится либо вручную (с последующим хранением на бумажном носителе), либо при помощи ПО с низким уровнем функциональности, без возможности интеграции с другими системами, которое используется в качестве вспомогательных средств для специалистов, ведущих данную работу. Такой подход неприемлем для современного высокотехнологичного производства повышенной опасности.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ

Для анализа состояния вопроса был выполнен поиск аналогичных и близких по функциональности программных систем. Найденные результаты обычно рассчитаны на решение аналогичной задачи контроля на предприятиях неатомной промышленности, что не позволяет говорить о их достаточной пригодности.

На сегодняшний день в помощь экологу предприятия для автоматизации его деятельности рынок предлагает программные продукты для расчета платы за негативное воздействие на окружающую среду (далее НВОС), формирование форм статистического наблюдения: 2 тп-воздух, 2-тп-отходы, 2-тп-водхоз, учет отходов на предприятии. Примером таких систем служат решения от Научно-производственного предприятия «ЛОГУС» и от «Экологический центр» «ЭКО центр». [1] Существуют так же и другие программные средства. Они предназначены в основном для специализированного использования: нормирования и оценки воздействия на окружающую среду в составе разделов проектной документации. Из них можно выделить те, которые также может использовать и эколог предприятия, а именно программы, с помощью которых можно рассчитать количество выбросов, сбросов загрязняющих веществ, а также отходов, образующихся в процессе деятельности хозяйствующего субъекта.

В ряде случаев эколог предприятия самостоятельно разрабатывает проектную документацию по нормированию воздействия на окружающую среду, используя для этого специальные программы. Однако, как показывает практика, данная практика редка и при этом первоначально имеет отношение к общим экологическим проблемам, а не радиационной безопасности.

Отдельно стоят программы, предназначенные для использования органами исполнительной власти, осуществляющими государственное регулирование в области охраны окружающей среды: программные средства для разработки проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение.

Например, известна программа, позволяющая подготовить проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР) в соответствии с приказом Ростехнадзора России от 19.10.2007 г. № 703 «Об утверждении «Методических указаний по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение» (приказ действующий). Она может быть доукомплектована встроенными модулями по расчету количества образования отходов от различных производств, определения класса опасности отходов, формирования паспорта отхода. Все дополнительные модули могут оказаться полезными в текущей деятельности эколога предприятия. С их помощью можно рассчитать количество образования отходов от различных видов производств, составить прогнозы по образованию отходов, рассчитать класс опасности отхода и оформить его паспорт.

Программный комплекс «Stalker» со встроенными расчетными модулями, Программа определение класса опасности отходов. Справочник отходов. Паспорт отходов (поставщик – ЗАО НПП «Логус»); Программы серии «Эколог» по разработке проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (поставщик – ООО «Фирма «Интеграл», г. Санкт-Петербург); Пакет «Разработка проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение» (поставщик – ООО «Предприятие ЛиДа инж.», г. Москва);

Программы оценки загрязнения водных объектов позволяют рассчитать нормативы допустимых сбросов и распространение (разбавление) загрязняющих веществ, определить объем поверхностного стока, вести базы данных по различным характеристикам загрязненности сточной воды с целью оценки ее качества;

Программный комплекс «Зеркало++ – расчет НДС», Программа «Ливневка-платежи», Программа «Коллектор» (поставщик – ЗАО НПП «Логус»); Программы серии «Эколог»: НДС-эколог. Расчет поверхностного стока (поставщик – ООО «Фирма «Интеграл», г. Санкт-Петербург) [2];

Специальные программы для решения городских и региональных задач используются для разработки сводных томов предельно допустимых выбросов (ПДВ) для населенного пункта в целом и ведения региональных экологических баз данных. Используются в целях государственного регулирования воздействия на окружающую среду. В основном применяются органами исполнительной власти, а также крупные компании с разветвленной филиальной сетью и дочерние предприятия. ПК «Кедр-объединение», «Кедр-регион» (поставщик – ЗАО НПП «Логус»); Пакет «Программы для решения городских и региональных задач» (поставщик - ООО «Фирма «Интеграл», г. Санкт-Петербург).

Все представленные программы реализуют требования действующих нормативно-правовых актов, приказов, методических документов, справочных изданий и т. д. в области охраны окружающей среды, т.е. аналогичные программы разных разработчиков составлены «под одни и те же документы».

Если рассматривать все перечисленные программные средства, можно выделить ряд существенных недостатков, которые не позволяют их использовать отделом радиационной безопасности для решения поставленной задачи. Это выражено следующими факторами:

1. Частичное или полное отсутствие возможности интеграции ЕИП АЭС. Все рассмотренные программы являются самостоятельными продуктами. Ввод данных

осуществляется вручную. Не поддерживается возможность получения данных с оборудования, либо из других подсистем. С помощью дополнительных программных решений допускается анализ типовых отчетов с целью использования данных в дальнейших расчетах. Однако, такой подход сложен, снижает надежность и безопасность системы, накладывает ограничения на функциональность системы в целом.

2. Рассмотренные системы первоначально направлены на решение задач общих вопросов экологии и не имеют прямого отношения к радиационной безопасности (РБ). При этом необходимо отметить, что РБ является самостоятельным научным направлением, где ряд принципов отличается от обще экологической методики охраны окружающей среды. Таким образом, данные программы без вмешательства в их программный код или создание дополнительных модулей не могут быть эффективно использованы.

3. Интерфейс и функциональные возможности перегружены невостребованными функциями и сложны для освоения персоналом отдела радиационной безопасности.

На зарубежном рынке так же существуют частичные аналоги рассматриваемых систем, некоторые из них были даже локализованы и применены в отечественном производстве, к примеру – специализированное решение для поддержки эксплуатации eSOMS SUITE 4.2.0, разработанное компанией Ventyx an ABB Company и локализованное компанией НЦИТ «ИНТЕРТЕХ» для применения на российском рынке.

Функциональность решения покрывает многие задачи, выполняемые оперативным персоналом крупных промышленных объектов, связанных с опасным производством: от формирования рабочих сменных бригад, подготовки расписания их работы до составления маршрутов обходов, выполнения, анализа их результатов и ведения многочисленных оперативных журналов. Главным достоинством информационной системы поддержки эксплуатации на базе eSOMS является то, что она основывается на многолетнем опыте эксплуатации в условиях опасных производств с

повышенными требованиями к соблюдению регламентов безопасности в разных отраслях (атомная энергетика, нефтеперерабатывающая и химическая промышленность) и в различных странах по всему миру (США, Канада, Великобритания, Франция, Венгрия, Чехословакия, Япония, Китай). В настоящее время работа с данной системой ведется на Смоленской АЭС.

Известны решения компании AREVA, CANBERRA. Компания организует автоматизацию АЭС в течение более 50 лет. Она является одним из ведущих поставщиков инновационных и экономически эффективных решений для измерений в области атомной промышленности, средств, используемых для поддержания безопасности персонала, оценки состояния атомных объектов и обеспечения защиты населения и окружающей среды.

Однако рассмотренные системы имеют также ряд серьезных недостатков, которые не позволяют их использовать в качестве оптимального решения для поставленной проблемы. Рассмотрим основные из них:

1. Системы не учитывают специфику отечественной атомной промышленности и используемого оборудования. Данный фактор особенно критичен в условиях лидирующего положения отечественных АЭС по большинству показателей.

2. Системы являются «закрытыми», производятся западными странами, отношение РФ с которыми в настоящее время не стабильно. В связи с этим использование рассмотренных систем является потенциально опасным особенно с учетом специфики объекта автоматизации (АЭС).

3. Представленные системы имеют ограниченный функционал и не могут предоставить решение ряда отдельных специализированных технических задач, которые в частности должны быть решены при создании современной системы управлением контролем выбросами и сбросами.

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЕ К СИСТЕМЕ

Так как готовое решение в настоящее время неизвестно, то данную систему предлагается разработать. Перед началом разработки необходимо определить основные технические требования к системе:

1. Необходимость интеграции в ЕИП АЭС.
2. Сохранение в автоматическом и автоматизированном режиме всех контролируемых параметров системы.
3. Обеспечение стабильности и информационной безопасности на необходимом уровне.
4. Расширяемость системы.
5. Использование дополнительных функциональных модулей

Рассмотрим подробно 5 пункт требований, так как именно вследствие использования данных модулей мы можем получить не просто инженерное решение, а научно значимую разработку.

Предлагается расширение функциональности системы посредством следующих основных направлений развития (модулей):

1. Модуль обработки аварийных ситуаций
2. Модуль моделирования и статистической оценки параметров работы энергоблока на основании сравнения текущих выбросов и сбросов с показателями статистики и математическими моделями работы оборудования. Модуль позволяет определить отклонения в работе оборудования блока, предотвратить значимые аварии, а также обеспечить его оптимальную работу с наименьшим вредом для окружающей среды
3. Модуль оценки загрязнения прилегающих территорий с учетом погодных явлений, эффекта накопления и распада радиоактивных нуклидов.

Для решения задачи предлагается разработать специализированную компьютерную программного-аппаратную (на начальном этапе программную) систему, решающую задачу управления контролем выбросами и сбросами.

Структура системы должна соответствовать следующей схеме типичной компьютерной системе управления (рис. 2).

Каждый вход m математически представлен в виде элемента $M_j(t)$ вектора функции времени и обозначается как обрабатываемая переменная. Точно так же каждый выход C_j из системы представлен как функция времени $C_j(t)$ и выступает в качестве контролируемой переменной. Для получения требуемого поведения системы необходимо указание функции REQ.

Функция REQ осуществляет переход из $M_i(t)$ в $C_j(t)$, где $C_j(t) = \text{REQ}(M_i(t))$. По сути, REQ представляет собой модель требований к системе. Чтение данных с помощью программного обеспечения представлены функцией $I_i(t)$, данные, записанные программным обеспечением представлены $O_j(t)$. Чтобы определить функции, которые должны быть реализованы в аппаратном или про-

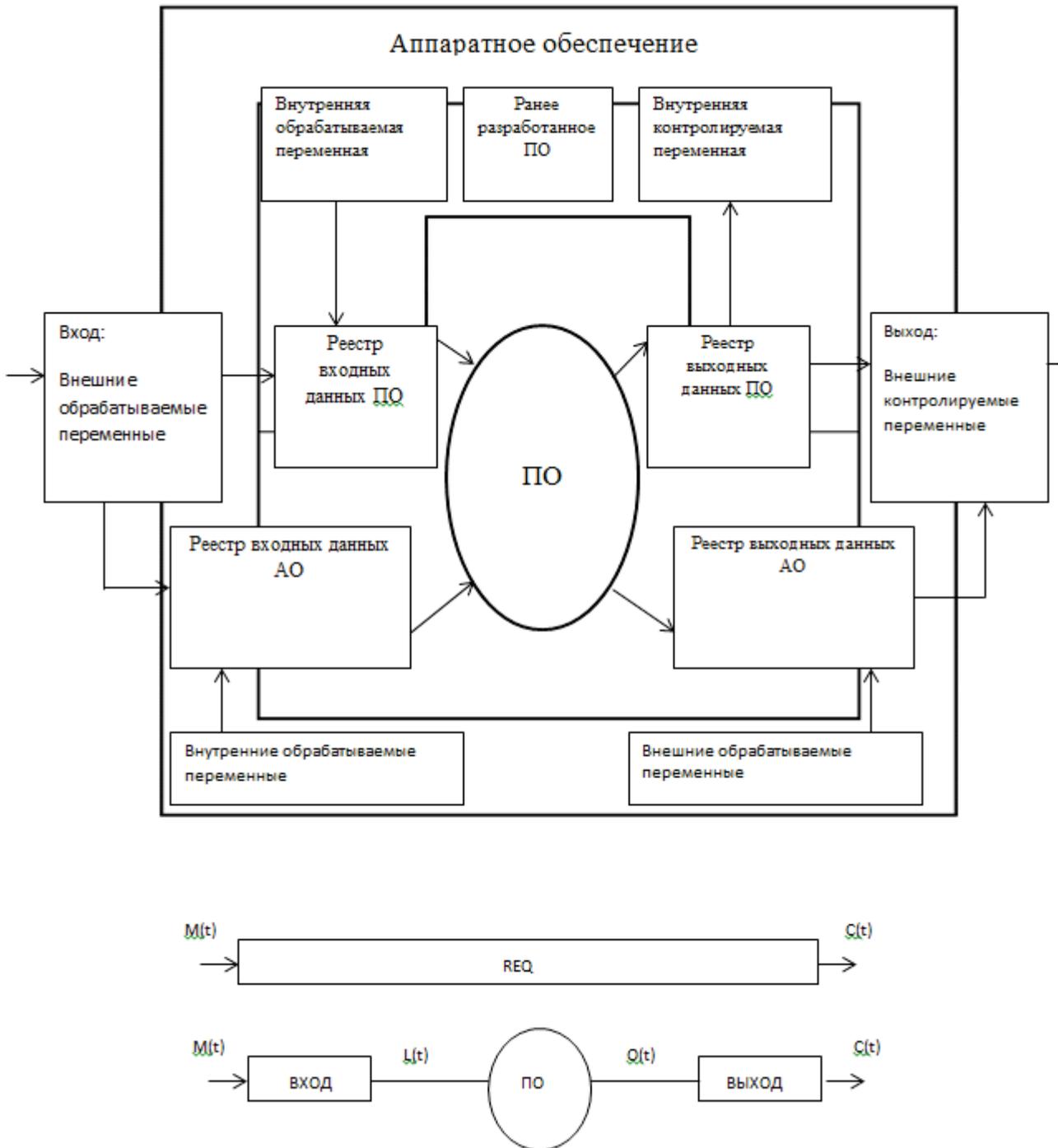


Рис. 2. Схема типичной компьютерной системы управления

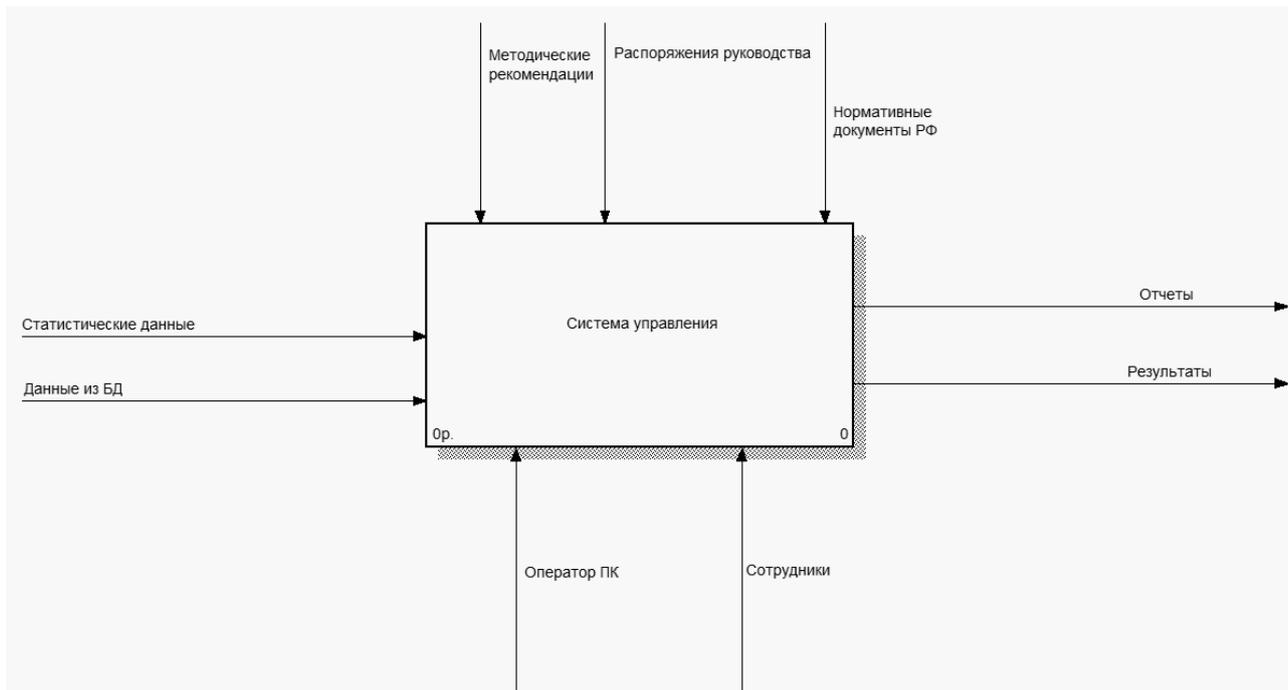


Рис. 3. Общая схема системы управления

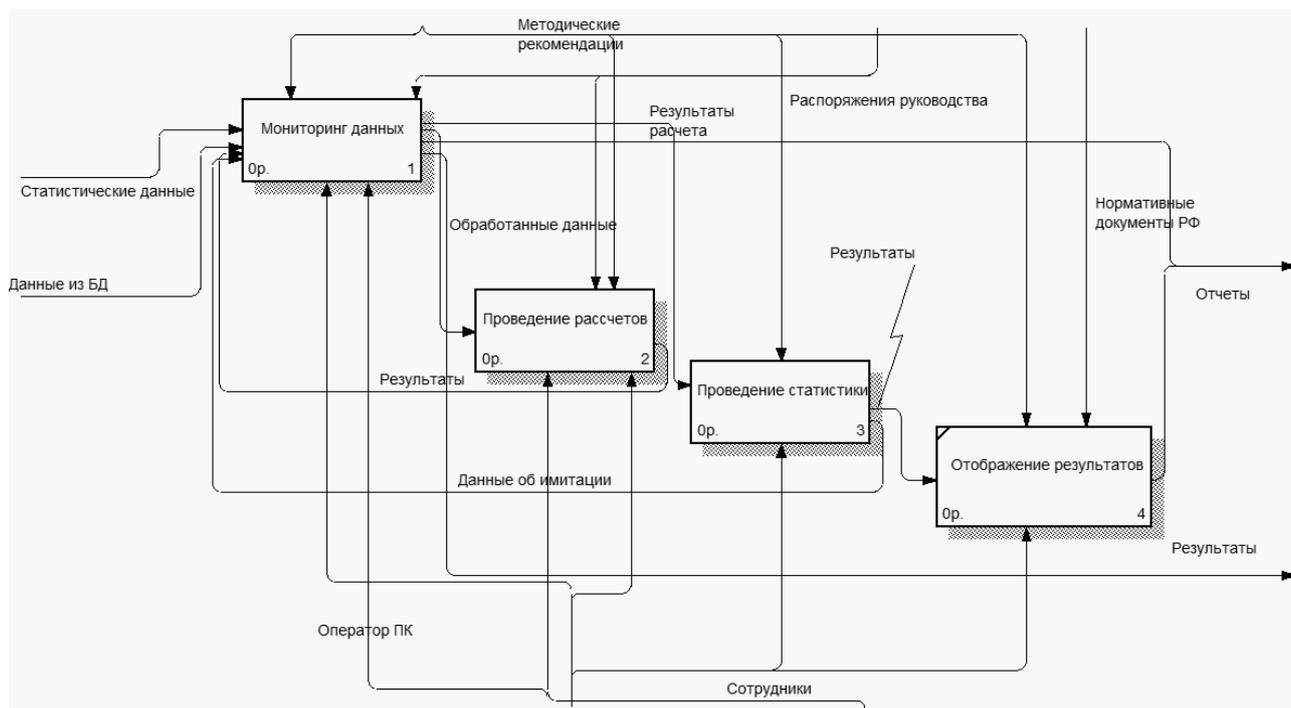


Рис. 4. Основные подмодули системы

граммном обеспечении, необходимо определить набор отношений $M_i(t)$ для $L_i(t)$ и набор отношений, $O_j(t)$ для $C_j(t)$.

Спецификация этих требований, и ограничивает конструктивное исполнение программного и аппаратного обеспечения. Во многих случаях этой степени ограничения на

разработку программного обеспечения достаточно. Применение такого подхода к исполнению систем на АЭС представлено в [4].

По результатам анализа состояния вопроса нами было принято решение о целесообразности разработки специализированного программного комплекса, решающего ука-

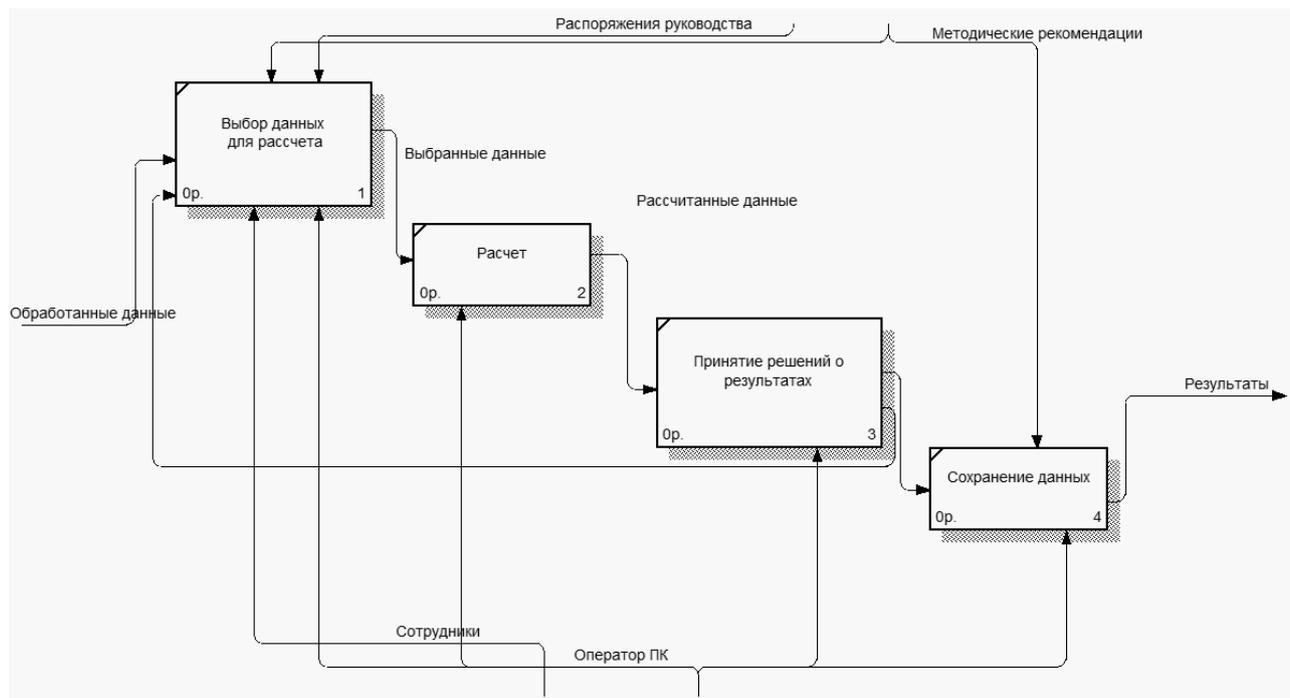


Рис. 5. Состав подмодуля расчета

занный перечень задач. Решение было принято вследствие невозможности достичь необходимых результатов посредством известных решений.

На основании анализа определены функции, обеспечивающие функциональность системы, повышающие радиационную безопасность и относящиеся к научной новизне проекта. На основании исходных данных представлена схема реализации разрабатываемой системы управления. Общая схема системы управления представлена на рис. 3.

Основные подмодули этой системы отображены на рис. 4.

Подмодуль расчетов состоит из следующих частей (рис. 5).

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ

Контроль выбросов осуществляется при помощи следующего математического аппарата.

Допустимая норма выброса (ДНВ) – производный по отношению к ДВ нормативный параметр безопасности, рассчитываемый для каждого источника выбросов, и выражаемый суммой (1)

$$\text{ДНВ} = \sum_r \frac{\text{ДВ}_r}{\text{ПДВ}_r} (= \eta^{\max} \leq 1), \quad (1)$$

где ДВ_r – установленный допустимый, а ПДВ_r – дифференциальный предельно допустимый выбросы r -го радионуклида. Последний из них рассчитывается из условия достижения полного предела доз ПД для каждого отдельно взятого радионуклида с учетом всех путей облучения, характерных для данной местности. Суммирование проводится по всем нуклидам смеси, выбрасываемым рассматриваемым источником. По существу для каждого конкретного источника выбросов ДНВ – это предельное значение фактора безопасности η , которое не может быть превышено в любой точке местности [5].

Норма выброса (НВ) – нормативный параметр, характеризующий безопасность выброса смеси радионуклидов отдельных источников. Этот параметр определяется суммой (2).

$$\text{НВ} = \sum_k \frac{Q_r}{\text{ПДВ}_r}. \quad (2)$$

В случае изменения радионуклидного состава выбросов, с целью контроля за не превышением выделенной дозовой квоты фактически реализуемая величина фактора безопасности η оперативно и просто оценивается по реальной величине нормы выброса (НВ) радионуклидов путем сравнения с рассчитанной по установленным ДВ допустимой нормой выброса ДНВ данного источника (3)

$$\eta = \text{НВ} = \sum_r \sum_j \frac{Q_r}{\text{ПДВ}_{r,j}} \leq \text{ДНВ}, \quad (3)$$

где Q_r – реальный годовой выброс r -го радионуклида рассматриваемым источником выбросов. Суммирование проводится по всем радионуклидам смеси r и по всем действующим путям облучения j ; $\text{ПДВ}_{r,j}$ – дифференциальный предельно-допустимый выброс, рассчитанный отдельно для радионуклида r и пути облучения j , то есть так, как будто выбрасываются только радионуклиды r , а дозы формируются только по пути облучения j .

Формула для расчета общего предельно-допустимого выброса r -го радионуклида смеси ПДВ_r (4)

$$\text{ПДВ}_r = \frac{\xi_r}{\sum_r \zeta_{r,\Sigma}}, \quad (4)$$

где

$$\zeta_{r,\Sigma} = \frac{R_A^r \overline{G^r} + \frac{R_S^r (\overline{F^r} + \nu \overline{W^r})}{\lambda_{ef}^r}}{\text{ПД}} + \frac{U_{IH} G^r}{\text{ПГП}_{IH}^r} + \frac{K_{S1}^r (\overline{F^r} + 0.2 \overline{W^r}) + K_{S2}^r (\overline{F^r} + \overline{W^r})}{\text{ПГП}_{IG}^r},$$

ПД – предел дозы для внешнего облучения населения, Зв/год; ПГП_{*IH*} – предел годового поступления r -го радионуклида для лиц населения при вдыхании, Бк/год; ПГП_{*IG*} – предел годового поступления r -го радионуклида для населения путем заглатывания, Бк/год (величины ПД, ПГП_{*IH*} и ПГП_{*IG*} регламентируются Нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009); $r \xi$ – предполагае-

мый (или регистрируемый) относительный состав выбросов радионуклидов r в составе смеси (безразмерен) [6].

Представленный в статье математический аппарат описывает только частичное решение задачи. Так как основная часть алгоритмов и выражений относится непосредственно к вопросам учета выбросов и сбросов. При этом в текущей статье не рассмотрены вопросы анализа, обработки результатов и автоматического формирования выводов об условиях работы энергоблока на их основании. Данные вопросы будут рассмотрены в последующих работах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровик А. С. Знакомьтесь: атомная станция Эффективность, безопасность, надежность / А. С. Боровик, В. С. Малышевский, С. Н. Янчевский. – М. : Росиздат, 2008. – 112 с.
2. Программы для экологов. – Режим доступа <http://www.arhecopolis.ru/2011-05-05-07-51-24.html>.
3. Отчет по экологической безопасности за 2013 год. – Режим доступа [http://www.novnp.rosenergoatom.ru/resources/65adcb004515faabb58fff0c16954e3b/08-NvNPP-ECO-\(2013\).pdf](http://www.novnp.rosenergoatom.ru/resources/65adcb004515faabb58fff0c16954e3b/08-NvNPP-ECO-(2013).pdf)
4. Software important to safety in nuclear power plants. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2000. – 168 p.
5. Брыкин С. Н. Методика разработки нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух. – Режим доступа <http://arch.gosnadzor.ru/upload/fc/files/206.pdf>

Новиков В. С. – магистр технических наук, аспирант кафедры компьютерных интеллектуальных технологий проектирования, факультет информационных технологий и компьютерной безопасности, Воронежский государственный технический университет. E-mail: iamtucha@gmail.com

Novikov V. S. – Magister of Technical Sciences, Graduate student, Department of Computer Intelligent Design Technology, Information Technology and Computer Security Faculty, Voronezh State Technical University. E-mail: iamtucha@gmail.com

Паринов М. В. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры компьютерных интеллектуальных технологий проектирования, факультет информационных технологий и компьютерной безопасности, Воронежский государственный технический университет.
E-mail: parmax@mail.ru

Чижов М. И. – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой компьютерных интеллектуальных технологий проектирования, факультет информационных технологий и компьютерной безопасности, Воронежский государственный технический университет.
E-mail: mihailc@list.ru

Parinov M. V. – Ph.D. of Technical Sciences, assistant professor, assistant professor of Department of Computer Intelligent Design Technology, Information Technology and Computer Security Faculty, Voronezh State Technical University.
E-mail: parmax@mail.ru

Chizhov M. I. – Ph.D. of Technical Sciences, professor, head of Department of Computer Intelligent Design Technology, Information Technology and Computer Security Faculty, Voronezh State Technical University.
E-mail: mihailc@list.ru