
Информационное обеспечение экологической безопасности территориально распределенных систем хранения опасных веществ

В.В. Куревин, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, С.С. Зайдуллин, И.И. Нуреев

*Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ*

Аннотация: С позиций обеспечения экологической безопасности (ОЭБ) рассматриваются вопросы анализа и синтеза территориально распределенных систем хранения опасных веществ. Особое внимание уделено информационному слою обеспечения экологической безопасности указанных систем, который оперирует результатами обработки нормативной документации, данными экологического мониторинга, аналитических отчетов и т.п. Его функционирование опирается на систему специализированных автоматизированных рабочих мест (АРМ), каждое из которых формирует множество прогнозов и расчетов в целях ОЭБ, используя информацию на трёх уровнях детализации: физическом, технологическом и логическом. Определена структура математического, информационного, программного и технического обеспечения АРМ. Показано, что предложенная структура АРМ может быть использована при проектировании различных систем хранения опасных веществ, и направлена на решение вопросов ОЭБ при их эксплуатации.

Ключевые слова: территориально распределенные системы хранения, опасные вещества, обеспечение экологической безопасности, информационное обеспечение, специалист-эколог, автоматизированное рабочее место.

Введение

Первым этапом автоматизации любых процессов на предприятиях с территориально распределёнными системами хранения (ТРСХ) является их системный анализ.

Общее определение системы претерпело с момента своего возникновения значительные изменения. Инициировались эти изменения новыми задачами, встававшими перед современной наукой и техникой [1]. Различные авторы анализировали определение системы, развивая его до различной степени формализации. Обобщая существующие подходы, можно сформулировать определение системы как совокупности взаимосвязанных элементов, предназначенных для выполнения общих функций.

Чрезмерная абстрактность данного определения приводит к тому, что в прикладных системных исследованиях и разработках, чаще используется термин «сложная система» [2-5]. На практике также используют понятие

«большой системы» («системы большого масштаба»). При этом большой называют либо сложную систему, объединенную организационно, либо сложную систему, для моделирования которой недостаточно имеющихся ресурсов [4, 5].

Учитывая особенности организации и функционирования систем в условиях необходимости обеспечения экологической безопасности (ОЭБ), для нас представляют интерес такие их модели, где учитывается в качестве одного из важнейших системообразующих факторов область существования системы, т.е. конфигурации и характеристики занимаемой территории.

Примеры таких систем достаточно многочисленны: региональные системы мониторинга окружающей среды, сейсмоизмерительные системы, нефтегазодобывающие и транспортирующие системы, автоматизированные системы управления дорожным движением, вычислительные сети, система технического обслуживания и ремонта изделий, эксплуатируемых в полевых условиях, крупные машиностроительные предприятия и экономические кластеры, оперативные диспетчерские службы и др. Все эти системы относятся к одному классу, который, следуя работе [6], будем называть территориально распределёнными.

В данной работе будут рассмотрены вопросы анализа и синтеза одного из часто встречающихся и важных классов таких систем – ТРСХ опасных веществ (ОВ) – с позиций ОЭБ. Ресурсы указанной системы для ОЭБ функционируют в рамках двух независимых ТРСХ: информационной, где сосредоточена нормативная документация, результаты экологического мониторинга, аналитические отчёты и т.п., и материальной, обеспечивающей доставку, эксплуатацию и хранение опасных веществ, нормальное функционирование экологических лабораторий, модулей инструментального контроля и прочих компонентов системы, связанных например, с контролем доступа (устранение внешних угроз).

Цель работы – определение структурных мер, алгоритмов и технологий для разработки информационного обеспечения экологической безопасности ТРСХ ОВ.

Структурирование информационных подходов обеспечения экологической безопасности ТРСХ ОВ

Функционирование интегрированной системы обеспечения экологической безопасности (ИСОЭБ) ТРСХ ОВ должно опираться на систему специализированных автоматизированных рабочих мест (АРМ), каждое из которых оперирует информацией на трёх уровнях детализации:

- физический уровень, содержащий графическое представление объектов экологического мониторинга;
- технологический уровень, отображающий графические объекты, соответствующие процессам технологической цепочки экологического мониторинга и обработки учётных документов, сопровождающих процессы мониторинга и данные мониторинга прохождения контрольных точек по времени;
- логический уровень, отображающий список требований нормативно-правовых документов по мониторингу ТРСХ ОВ и соответствие им происходящих процессов мониторинга ТРСХ ОВ.

Логический уровень фактически определяет для персонала АРМ перечень алгоритмов анализа и прогнозирования уровня экологической безопасности. Как правило, такие алгоритмы бывают основаны на результатах расчёта концентрации загрязнителей в окружающей среде с учётом различных факторов и последующем построении модели распространения загрязнения.

В настоящее время существует ряд методик расчёта, применяемых в различных ситуациях. Результаты применения методик расчета в

автоматизированной системе используются для принятия решений, направленных на предотвращение экологических угроз. Существует большое количество формальных методов принятия решений, наилучшим соотношением доступность-эффективность на среди них является многокритериальный анализ и методы экспертной оценки.

К логическому уровню АРМ относятся также требования к условиям хранения, определяемые спецификой ТРСХ ОВ. Они могут варьироваться в достаточно широком диапазоне, однако, наиболее интересными и важными являются требования, предъявляемые при работе с опасными объектами хранения. В таблице №1 показан отдельный пример требований к хранению огнеопасных и взрывоопасных объектов [7-11].

Таблица №1

Требование к хранению огнеопасных и взрывоопасных веществ

№ п/п	Параметр	Допустимое значение
1	Влажность, %	80
2	Давление, кПа	740
3	Максимальная перегрузка, g	1
4	Освещённость, люкс	500
5	Температура, °С	20

При этом при хранении недопустимо применение в составе технического обеспечения АРМ средств, включая измерительные датчики контроля параметров, способных вызвать воспламенение объекта [12-14].

Логический уровень является «последним» с точки зрения персонала АРМ, но с точки зрения разработчика АРМ он является «первым», задавая технологические требования для остальных уровней. Опираясь на полученные требования, построим физический и технологический уровни ИСОЭБ ТРСХ ОВ.

При этом под технологическим уровнем мы будем понимать средства передачи данных между компонентами АРМ (тип линии передачи,

протоколы обмена информации и т.д.), а также непосредственно программное обеспечение АРМ.

Физический уровень включает в себя множество датчиков и устройств сбора информации об условиях хранения, режима охраны складов и внешних экологических параметров. Напомним, что мы рассматриваем интегрированную структурированную экологическую систему, в которой важны как возможное влияние объекта на экологическую обстановку региона, так и влияние внешних угроз (террористических, техногенных, природных и т.д.) на экологическую обстановку пункта хранения, который является составным элементом ТРСХ ОВ. Вместе они на физическом уровне образуют одну из систем технического обеспечения экологической безопасности – систему инструментального контроля (СИК), которая будет рассмотрена в отдельной статье.

Структура типового АРМ эколога ТРСХ ОВ

Для того чтобы определить типовой состав АРМ специалиста-эколога ТРСХ ОВ необходимо определить его место в структуре ИСОЭБ, а также его цели и функции (рис. 1).

Можно выделить три основные цели специалиста-эколога:

- обеспечение экологической безопасности выполняемых подразделениями ТРСХ ОВ работ;
- оптимизация стоимости природоохранных мероприятий;
- минимизация штрафных и компенсационных выплат для ТРСХ ОВ в случае нарушения правил экологической безопасности.

Указанные цели достигаются в процессе реализации им следующих функций:

- взаимодействие с должностными лицами, осуществляющими экологически опасные работы (участие в координации работ, информирование о возможном развитии событий и т.п.);
-

- ведение визуального и документального контроля (контроль соблюдения регламентов, контроль качества работ и т.п.);
- обработка данных инструментального контроля;
- анализ данных и прогноз рисков экологической безопасности;
- формирование отчётных документов для вышестоящих, смежных и внешних подразделений и организаций.

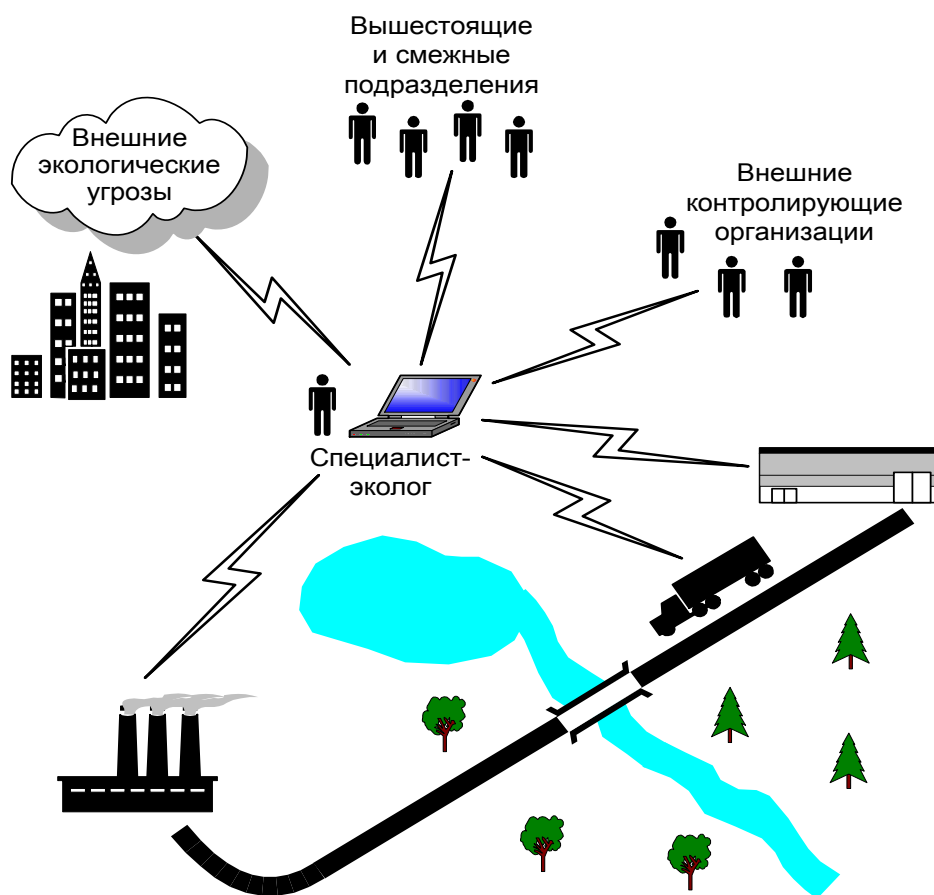


Рис. 1 – АРМ специалиста-эколога как компонент ИСОЭБ ТРСХ ОВ

Кроме того, специалисту-экологу в своей деятельности необходимо учитывать наличие и характер угроз экологической безопасности, не связанных прямо или косвенно с деятельностью собственных подразделений ТРСХ ОВ.

Анализ приведённых выше функций и целей позволяет выделить основные задачи, решение которых должно обеспечивать АРМ специалиста-эколога:

- сбор, объединение и отождествление разнородной по качеству и значимости информации о номенклатуре и количестве выбросов и сбросов, накоплении отходов, аварийных ситуациях, природоохранных мероприятиях и возмещении ущерба;
- анализ состояния экологической безопасности в подразделениях, чья деятельность характеризуется как потенциально опасная для окружающей среды;
- обнаружение, классификация и оценка степени опасности экологической ситуации;
- подготовка управленческих решений либо выработка рекомендаций по текущей ситуации;
- ведение банков данных о состоянии окружающей среды и банков чрезвычайных ситуаций;
- визуализация и документирование информации;
- планирование мероприятий по повышению экологической безопасности собственных подразделений ТРСХ ОБ.

Учитывая значительный территориальный разброс подразделений ТРСХ ОБ, данный АРМ должен обеспечивать решение указанных задач, в том числе и во взаимодействии с другими АРМ должностных лиц ТРСХ ОБ и АРМ других специалистов-экологов.

На рис. 2 представлена предлагаемая авторами общая структура информационного, математического, программного и технического обеспечения АРМ специалиста-эколога ИСОЭБ ТРСХ ОБ. Необходимо отметить, что такая структура может быть реализована в рамках практически любого набора системного и прикладного программного обеспечения.

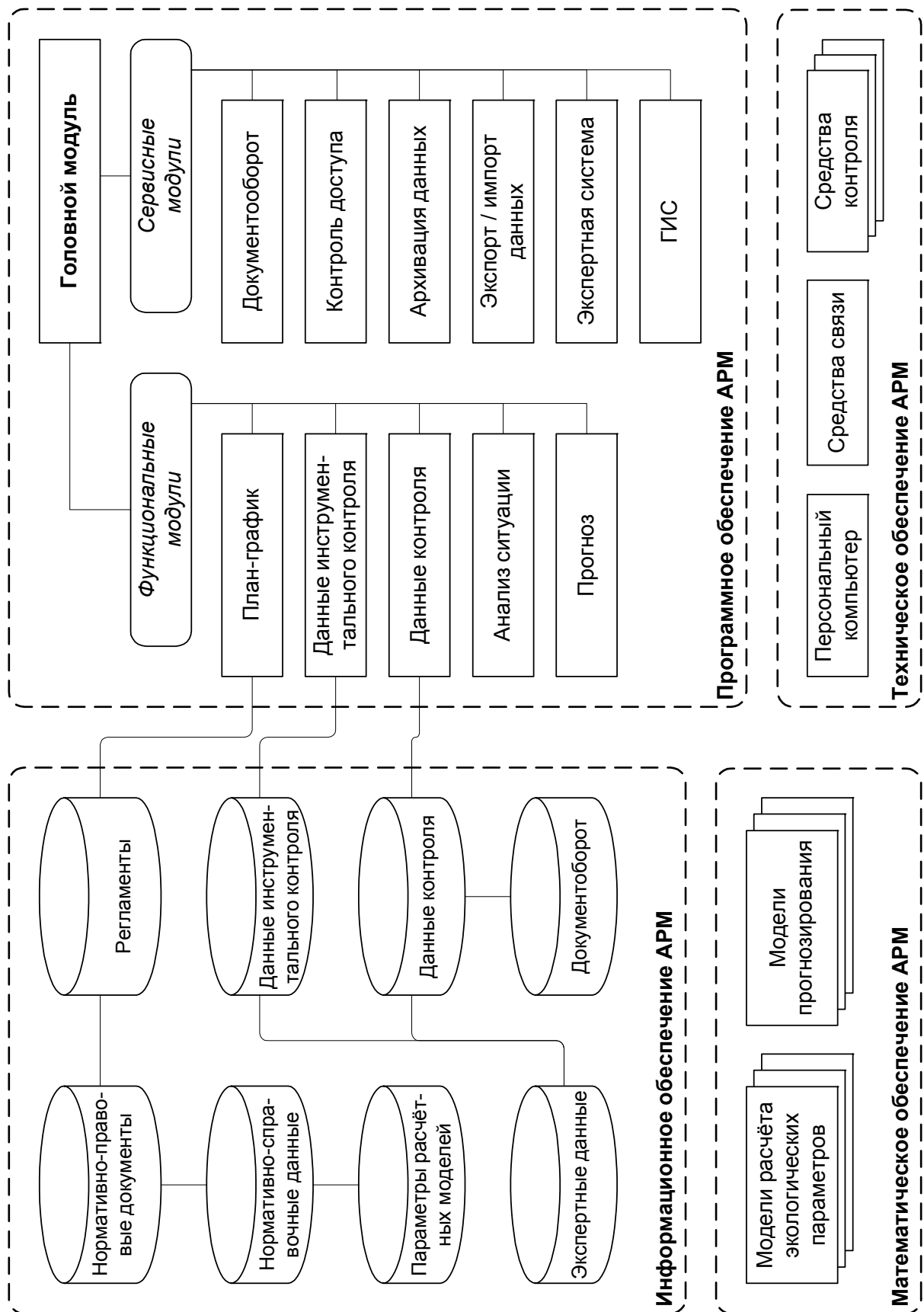


Рис. 2 – Общая структура АРМ специалиста-эколога

Математическое обеспечение АРМ

Математическое обеспечение АРМ (рис. 2) является теоретической основой реализации функций специалиста эколога.

Оно включает в себя:

– во-первых, комплекс моделей для расчёта значимых экологических параметров (в том числе параметров воздушной и водной среды, параметров почвы, параметров электромагнитного, радиологического и шумового излучения) на основе данных обычного и инструментального контроля. Также в рамках данных моделей осуществляется интерполяция результатов точечных инструментальных измерений в единую картину состояния экологических параметров в рамках заданной территории (округа, района, края, области и т.п.);

– во-вторых, комплекс моделей, реализующих прогноз развития экологической ситуации и возможных рисков. В частности, здесь могут использоваться методы байесовского прогнозирования, анализ деревьев решений и экспертных оценок.

Информационное обеспечение АРМ

В состав информационного обеспечения АРМ (рис. 2) входят все те постоянные и оперативные данные, что обеспечивают реализацию моделей и методов математического обеспечения АРМ, обеспечивают поддержку принятия решений специалистом-экологом и т.п. Они образуют два «массива» данных:

– рабочая информационная база, содержащая данные об обслуживаемых объектах и процессах обслуживания;

– нормативно-справочная информационная база, содержащая данные из справочников, нормативной документации и т.п.

Рабочий массив данных формируется при выполнении основных функций эколога, поэтому он очень динамичен. Формирование нормативно-

справочного массива осуществляется при проектировании ИСОЭБ. Он статичен, но может быть изменён при изменении в соответствующей документации или изменении состава (содержания) функций эколога ИСОЭБ либо ТРСХ ОВ в целом.

На рис. 2 рабочий массив данных представлен в форме трёх баз данных (БД): «Данные инструментального контроля», «Данные контроля» и «Документооборот». Прочие базы данных на рис. 2 образуют нормативно-справочный массив.

БД «Нормативно-правовые документы» включает в себя полнотекстовые копии всех документов, обеспечивающих нормативно-правовую базу деятельности специалиста-эколога. Эти документы будут использоваться для обоснования принятия решений в различных спорных ситуациях, например, при получении исков от внешних организаций, а потому они должны иметь чёткую гипертекстовую структуру, снабжаться атрибутивными индексами и перекрёстными ссылками.

БД «Нормативно-справочные данные» обеспечивает специалиста-эколога данными, необходимыми для расчёта и оценки различных экологических характеристик. Например, здесь хранятся предельно допустимые концентрации веществ-загрязнителей. Все записи данной БД должны иметь ссылку на соответствующий документ из БД «Нормативно-правовые документы».

В БД «Параметры расчётных моделей» хранятся вспомогательные параметры, используемые процедурами анализа и прогноза экологической ситуации. Здесь дополняются и уточняются данные, хранящиеся в БД «Нормативно-справочные данные» (при необходимости можно указывать связь между записями этих двух БД).

БД «Экспертные данные» содержит данные, полученные от экспертов-экологов, но не охватываемые нормативной документацией. Например, это

могут быть рекомендации о поведении в различных чрезвычайных ситуациях, описания местных особенностей распространения загрязнений, выходящие за рамки стандартных моделей. Записи данной БД обеспечивают работу экспертной подсистемы АРМ.

БД «Регламенты» содержит описания регламентов действий должностных лиц ТРО, чьи действия подлежат контролю специалистом-экологом. Записи данной БД могут снабжаться ссылкой на соответствующие документы из БД «Нормативно-правовые документы».

БД «Данные инструментального контроля» хранит результаты измерения со всех датчиков и измерительных приборов, что входят в состав технических средств АРМ. Периодичность контроля может быть различной, поэтому БД должна обеспечивать быстрый поиск в больших массивах данных. Допускается применение специальных алгоритмов оптимизации объемов хранимых данных и архивация «устаревших» данных.

БД «Данные контроля» предназначена для хранения всех данных, получаемых специалистом-экологом обычными (не инструментальными) методами контроля. Например, здесь хранятся конкретные количественные данные из рапортов о чрезвычайных ситуациях (см. БД «Документооборот»), отметки о выполнении контролируемым должностным лицом ТРСХ ОВ отдельных этапов регламента и качестве выполненных работ и т.п.

БД «Документооборот» предназначена для учёта поступающих специалисту-экологу документов и документов, формируемых им сам (приказы, рапорты, иски, отчёты и т.п.). Документы, создаваемые в электронной форме должны полностью храниться в данной БД. Желательно организовать ввод в БД и тех документов, что существуют только в бумажной форме. По крайней мере, здесь должны храниться их значимые атрибуты: организация-источник, исходящий номер, автор, дата создания, тема, входящий номер, дата поступления, ответственное лицо, состояние и

т.п. При необходимости на записи данной БД организуются ссылки, например, из БД «Данные контроля».

Программное обеспечение АРМ

В составе программного обеспечения (ПО) АРМ (рис. 2) выделяются два компонента:

– системное ПО, предназначенное для организации в рамках АРМ информационно-вычислительных и сервисных процессов, а также управления этими процессами;

– функциональное ПО, предназначенное для реализации алгоритмов первичной и вторичной обработки информации в рамках основных функций специалиста-эколога.

Рассмотрим состав функционального программного обеспечения АРМ.

Модуль «План-график» предназначен для создания графика работ специалиста-эколога по обеспечению экологической безопасности функционирования ТРСХ.

Модули «Данные инструментального контроля» и «Данные контроля» обеспечивают ввод и непосредственный просмотр данных (за любой период времени), получаемых средствами инструментального и обычного контроля.

Модули «Анализ ситуации» и «Прогноз» реализуют описанные выше компоненты математического обеспечения АРМ, данные для которых собраны с помощью датчиков физического уровня АРМ. Модуль «Анализ ситуации» автоматизирует обработку данных контроля, обобщает данные контроля, формирует отчётные формы, упрощающие оценку сложившейся экологической ситуации. Модуль «Прогноз», обобщая данные, полученные в процессе контроля экологически значимых параметров, позволяет получить оценку динамики и прогнозы развития событий, определить риск при реализации тех или иных действий структурных подразделений ТРСХ ОВ.

Системное программное обеспечение включает в свой состав такие элементы, как операционная система, система управления базами данных, драйвера устройств из состава технического обеспечения АРМ, головной и сервисные модули программного обеспечения АРМ.

Головной модуль реализует стандартную процедуру входа в систему, синхронизирует работу специалиста-эколога со всеми остальными программными модулями АРМ, а также реализует процедуру выхода из системы.

Сервисные модули расширяют возможности специалиста-эколога при выполнении его основных функций. Рассмотрим их подробнее.

Модуль «Документооборот» реализует учёт электронных и бумажных документов, поступающих специалисту-экологу. На данный модуль возлагается обеспечение ссылок между связанными по смыслу документами и данными АРМ. Например, при поступлении иска от местных органов власти на загрязнение водоёма компонентами топлива, он не только регистрируется в БД АРМ, но и устанавливается связь с записями плана-графика, рапортом о чрезвычайной ситуации, данными контроля и т.п. Связи устанавливаются специалистом-экологом по результату анализа документа, если возможно данный процесс автоматизируется.

Данный модуль обеспечивает специалиста-эколога средствами для создания отчётов как стандартной, так и произвольной формы, и содержания. Отчёты и прочие документы, создаваемые специалистом-экологом, регистрируются в БД «Документооборот» аналогично внешним документам.

При необходимости реализуется связь данного модуля со средствами доставки электронных сообщений, например, доступ к электронной почте может быть организован средствами операционной системы (например, интерфейс MAPI в операционной системе Windows).

Модуль «Контроль доступа» организует ведение реестра пользователей, идентификацию по паролю, разграничение прав на доступ к данным и функциям АРМ. При необходимости реализуются аппаратные методы защиты, шифрование данных и поддержка электронной подписи для модуля «Документооборот».

Хранение большого количества данных (особенно в БД инструментального контроля и документооборота) может существенно замедлять работу АРМ. Модуль «Архивация данных» организует отключение неактуальных данных в архивы с возможностью последующего восстановления. Также данный модуль реализует резервное копирование данных БД АРМ.

Модуль «Экспорт / импорт данных» реализует взаимодействие АРМ с внешними системами на уровне обмена исходными и аналитическими данными в электронном виде по имеющимся каналам связи, обеспечиваемым технологическим уровнем АРМ. В частности, с помощью данного модуля реализуется консолидация отдельных АРМ персонала ТРСХ ОВ в единую ИСОЭБ. Также здесь может быть реализован оперативный обмен данными с местными (муниципальными и региональными) системами экологического контроля в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

Модуль «Экспертная система» реализует доступ специалиста-эколога к БД «Экспертные данные». Данный модуль может быть реализован в виде полнофункциональной «классической» экспертной системы, основанной на логическом выводе по правилам, установленными экологами-экспертами. В простейшем варианте модуль обеспечивает автоматизированный подбор для пользователя АРМ рекомендаций экспертов по описанию сложившейся экологической ситуации.

Модуль «ГИС» предназначен для проекции данных о текущей и прогнозируемой экологической ситуации на электронную карту местности.

Модуль может быть ориентирован на самостоятельную реализацию работы с картами либо только предоставлять интерфейс к ГИС-программам сторонних разработчиков (MapInfo, ArcView и т.п.).

Практическая реализация программного обеспечения АРМ быть выполнена на любом из современных объектно-ориентированных языков.

В том случае, если ИСОЭБ разрабатывается для уже существующей ТРСХ ОБ, рекомендуется использовать тот же язык, среду разработки и систему управления базами данных, чтобы упростить интеграцию АРМ ИСОЭБ в комплекс программных средств ТРСХ ОБ.

При этом предлагается следовать диаграмме пакетов прецедентов, показанной на рис. 3.

Каждому модулю общей структуры АРМ здесь соответствует отдельный пакет с соответствующими прецедентами, реализуемыми в этом модуле, обеспечивающие функционирование ИСОЭБ, а также приведены их основные функции в контексте программного обеспечения АРМ ИСОЭБ.

Данная диаграмма отражает следующие аспекты работы АРМ:

1) Основные действующие лица:

- пользователь АРМ: специалист-эколог и руководящее лицо;
- администратор АРМ;
- подсистема инструментального контроля (СИК);
- внешняя (по отношению к АРМ) система.

2) Основные прецеденты (варианты использования), определяющие:

- основные функции указанных действующих лиц,
- основное назначение модулей АРМ,

3) Взаимосвязь выделенных прецедентов по использованию функций.

На рис. 3 приведена лишь часть информационного обеспечения, которая связана с ИСОЭБ ТРСХ ОБ, модуль инструментального контроля и внешние системы имеют специальные входы, лишь указанные на диаграмме.

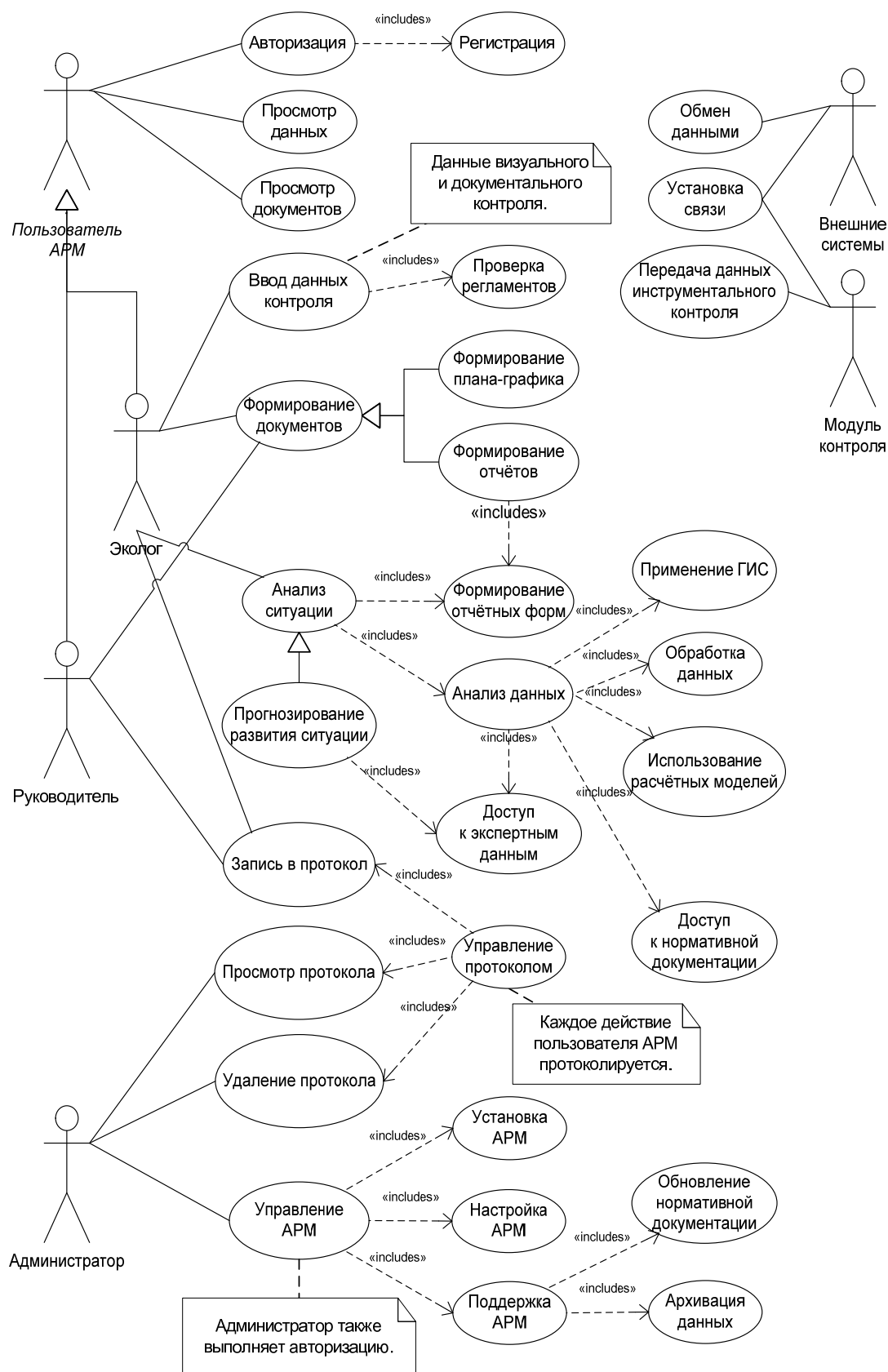


Рис. 3 – Диаграмма прецедентов ИСОЭБ ТРСХ ОВ

Техническое обеспечение АРМ

Состав комплекса технических средств полностью определяется спецификой решаемых АРМ задач и зависит различных причин. В частности, сбор данных инструментального контроля в СИК может осуществляться двумя способами:

– данные получает непосредственно соответствующий программный модуль АРМ. В этом случае компьютер специалиста-эколога должен быть обеспечен коммуникационными каналами, поддерживаемыми соответствующими измерительными приборами и датчиками (RS-232, RS-484, IEEE-488, Centronics и т.п.);

– данные собирает внешний программный модуль, передающий затем данные в АРМ посредством специальных транзитных файлов либо непосредственно получая доступ к соответствующим таблицам базы данных АРМ. В этом случае сами приборы не включаются в состав комплекса технических средств АРМ.

Тип средств связи также зависит от «мобильности» АРМ и используемой частоты связи. Он может варьироваться в достаточно широком диапазоне от средств доступа к локальной сети до персональных радиостанций.

Определённые на сегодняшний день приоритетные требования к построению ИСОЭБ [15-17] требуют рассмотрения второго варианта структуры с внешним модулем, построенным на основе волоконно-оптических датчиков и систем связи.

Заключение

В работе рассмотрены вопросы анализа и синтеза ТРСХ ОВ с позиций информационного обеспечения экологической безопасности ее работы. Интегрированные ресурсы системы ОЭБ функционируют в рамках двух

независимых ТРСХ: информационной, где сосредоточена нормативная документация, результаты экологического мониторинга, аналитические отчёты и т.п., и материальной, обеспечивающей доставку, эксплуатацию и хранение опасных веществ, обеспечивающих нормальное функционирование экологических лабораторий, модулей инструментального контроля и прочих компонентов системы.

Разработана и предложена трехуровневая структура АРМ специалиста-эколога, позволяющая реализовать информационные технологии ОЭБ для ТРСХ ОБ статического типа. К логическому уровню АРМ относятся требования к условиям хранения, определяемые спецификой ТРСХ ОБ. Для технологического уровня определены средства передачи данных между компонентами АРМ и непосредственно программное обеспечение АРМ. Физический уровень включает в себя множество датчиков и устройств сбора информации об условиях хранения и будет рассмотрен в другой статье авторов.

Дано достаточно полное описание структур и алгоритмов работы баз данных и модулей математического, программного и технического обеспечения АРМ ИСОЭБ ТРСХ ОБ.

Предложенная типовая структура АРМ может быть использована при проектировании ТРСХ различных типов, ориентированных на хранение опасных веществ, и направлена на решение организационных, информационных и контролирующих вопросов обеспечения экологической безопасности при их эксплуатации.

Работа выполнена в рамках государственного контракта УД-144 Федерального агентства по государственному резерву Российской Федерации (Экология-Р) и государственного задания Минобрнауки РФ для КНИТУ-КАИ (программа «Симметрия», ТЗ № 7.2217.2011).

Литература

1. Агошкова Е.Б., Ахлибинский Б.В. Эволюция понятия системы // Вопросы философии. 1998. № 7. С. 170-178.
2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978. 400 с.
3. Флейшман Б.С., Брусиловский П.М., Розенберг Г.М. О методах математического моделирования сложных систем // Системные исследования. Методологические проблемы. 1982. С. 65-79.
4. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. М.: Высшая школа, 1982. 231 с.
5. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. Томск: Изд-во НТЛ, 1997. 390 с.
6. Зайдуллин С.С., Моисеев В.С. Математические модели и методы управления территориально распределёнными системами. Казань: Мастер Лайн, 2005. 208 с.
7. Куревин В.В. Волоконно-оптические технологии развития интегрированных систем управления экологической безопасностью // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. URL: science-education.ru/118-14444.
8. Куревин В.В., Морозов О.Г., Просвирина В.П. и др. Структурная минимизация волоконно-оптических сенсорных сетей экологического мониторинга // Инфокоммуникационные технологии. 2009. Т. 7. № 3. С. 46-52.
9. Куприянов В.Г., Степущенко О.А., Куревин В.В. и др. Волоконно-оптические технологии в распределенных системах экологического мониторинга // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 4-4. С. 1087-1091.



10. Алашеев М.А., Лясковский В.Л., Морозов О.Г. и др. Вопросы создания интегрированных автоматизированных систем организационного управления // Инфокоммуникационные технологии. 2007. Т. 5. № 2. С. 62-64.

11. Morozov O.G., Morozov G.A., Kourevin V.V. et al. Structural minimization of fiber optic sensor nets for monitoring of dangerous materials storage // Proc. of SPIE. 2011. V. 7992. P. 79920E.

12. Виноградов В.Ю., Морозов О.Г., Галимов Э.Р. и др. Перспективы внедрения экологически безопасного способа эксплуатации сливноналивного устройства // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 14. С. 61-62.

13. Виноградов В.Ю., Морозов О.Г., Галимов Э.Р. и др. Экологическая безопасность при эксплуатации газоперекачивающих аппаратов насосных станций // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 15. С. 249-252.

14. Виноградов В.Ю., Морозов О.Г., Галимов Э.Р. и др. Перспективы внедрения экологического способа сжигания углеводородных топлив в пульсирующем потоке // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 21. С. 155-156.

15. Нуреев И.И. Радиотонные амплитудно-фазовые методы интеррогации комплексированных датчиков на основе волоконных решеток Брэгга // Инженерный вестник Дона. 2016. №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2016/3581.

16. Морозов О.Г., Артемьев В.И., Кузнецов А.А., Нуреев И.И. Щетка как интеллектуальный узел электродвигателя // Инженерный вестник Дона. 2016. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3525.

17. Morozov O.G., Aibatov D.L. Two-frequency scanning of FBG with arbitrary reflection spectrum // Proc. of SPIE. 2007. V. 6605. P. 660506.



18. Нуреев И.И. Сенсорные пассивные оптические сети и ключевые вопросы применения в них волоконных брэгговских решеток // Инженерный вестник Дона. 2016. №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2016/3605.

References

1. Agoshkova E.B., Ahlibinskij B.V. Voprosy filosofii. 1998. № 7. pp. 170-178.
2. Buslenko N.P. Modelirovanie slozhnyh system [Modelling of complex systems]. M.: Nauka, 1978. 400 p.
3. Flejshman B.S., Brusilovskij P.M., Rozenberg G.M. Sistemnye issledovaniya. Metodologicheskie problemy. 1982. pp. 65-79.
4. Barzilovich E.YU. Modeli tekhnicheskogo obsluzhivaniya slozhnyh system [Models of complex systems technical service]. M.: Vysshaya shkola, 1982. 231 p.
5. Peregudov F.I., Tarasenko F.P. Vvedenie v sistemnyj analiz [introduction to system analysis]. Tomsk: Izd-vo NTL, 1997. 390 p.
6. Zajdullin S.S., Moiseev V.S. Matematicheskie modeli i metody upravleniya territorial'no raspredelyonnymi sistemami [Mathematical models and methods for territorial distributed systems control]. Kazan': Master Lajn, 2005. 208 p.
7. Kurevin V.V. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. № 4. URL: science-education.ru/118-14444.
8. Kurevin V.V., Morozov O.G., Prosvirin V.P. i dr. Infokommunikacionnye tekhnologii. 2009. V. 7. № 3. pp. 46-52.
9. Kupriyanov V.G., Stepushchenko O.A., Kurevin V.V. i dr. Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2011. V. 13. № 4-4. pp. 1087-1091.



10. Alasheev M.A., Lyaskovskij V.L., Morozov O.G. i dr. Infokommunikacionnye tekhnologii. 2007. V. 5. № 2. pp. 62-64.
11. Morozov O.G., Morozov G.A., Kourevin V.V. et al. Proc. of SPIE. 2011. V. 7992. P. 79920E.
12. Vinogradov V.YU. Morozov O.G., Galimov EH.R. i dr. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. V. 18. № 14. pp. 61-62.
13. Vinogradov V.YU. Morozov O.G., Galimov EH.R. i dr. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. V. 18. № 15. pp. 249-252.
14. Vinogradov V.YU. Morozov O.G., Galimov EH.R. i dr. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. V. 18. № 21. pp. 155-156.
15. Nureev I.I. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2016. №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2016/3581.
16. Morozov O.G., Artem'ev V.I., Kuznecov A.A., Nureev I.I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2016. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3525.
17. Morozov O.G., Aibatov D.L. Proc. of SPIE. 2007. V. 6605. P. 660506.
18. Nureev I.I. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2016. №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2016/3605.