

Особенности организации ПО систем контроля и обеспечения экологической безопасности объектов уничтожения химического оружия

Е.Л. Кулида, И.П. Крюкова, В.Г. Лебедев (ИПУ РАН)

Рассматривается подход к созданию систем контроля и обеспечения экологической безопасности, позволяющий адаптировать разрабатываемое ПО для разных объектов уничтожения химического оружия.

Ключевые слова: производственный экологический мониторинг, компьютерный тренажерный комплекс, информационно-аналитический центр, информационная модель мониторинга, обучение оперативного персонала.

В РФ продолжается процесс уничтожения химического оружия (УХО). Накопленный запас химического оружия в РФ до начала уничтожения составлял 40 тыс. т. Заводы, где осуществляется УХО, относятся к потенциально опасным объектам и их безопасному функционированию уделяется повышенное внимание. Одним из элементов контроля экологической безопасности являются системы производственного экологического мониторинга (ПЭМ), развернутые непосредственно в зонах влияния объектов УХО. Обеспечение экологической безопасности в первую очередь зависит от безопасности используемой технологии УХО и ее надежной практической реализации, важным элементом обеспечения которой является подготовка оперативного персонала с помощью компьютерных тренажерных комплексов.

В статье рассматриваются особенности построения систем контроля и обеспечения экологической безопасности объектов УХО, в разработке и создании которых авторы принимали непосредственное участие.

Структура информационно-аналитического центра

Системы ПЭМ объектов УХО обеспечивают контроль экологической безопасности функционирования объектов УХО [1]. Организационным центром системы ПЭМ является информационно-аналитический центр, на базе которого реализуется система управления мониторингом. Информационно-аналитический центр (рис. 1) обеспечивает управление сбором данных, их хранение, структуризацию и анализ на соответствие нормам контроля, своевременное оповещение персонала в случае их нарушения, автоматиче-



Рис. 1. Информационно-аналитический центр системы ПЭМ в п. Горный

ское формирование и отсылку отчетов об экологической обстановке в контролирующие органы, прогнозирование развития обстановки с целью поддержки принятия управленческих решений [2]. Схема функциональной структуры информационно-аналитического центра системы ПЭМ представлена на рис. 2.

При создании системы ПЭМ первого в России объекта УХО в п. Горный Саратовской области ставилась задача разработать типовой аппаратно-программный комплекс информационно-аналитического центра, который можно было бы в дальнейшем адаптировать для других объектов УХО с минимально возможными изменениями и доработками. Для создания типовой структуры ПО информационно-аналитического центра была разработана концепция информационной модели мониторинга — формализованного описания структуры информации, используемой в процессе информационного обмена функциональными подсистемами. Информационная модель мониторинга предназначена для реализации интерфейса между хранилищем информации и функциональными подсистемами информационно-аналитического центра (рис. 2). Использование информационной модели мониторинга позволяет в случае необходимости независимо разрабатывать и изменять программные компоненты, реализующие отдельные функциональные подсистемы системы ПЭМ.

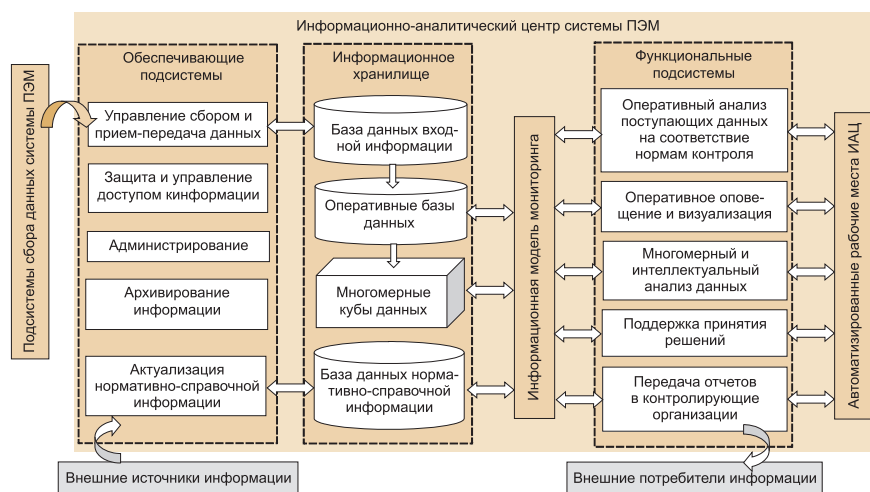


Рис. 2. Схема функциональной структуры информационно-аналитического центра системы ПЭМ

Меню: Объекты, Таблица точек контроля

Тема (Место): Название места: Зона: Репер: Долгота (Г. град): Широта (Г. град): Радиус:

Действие:

Таблица точек контроля:

Имя	Зона	Репер	Долгота (Г. град)	Широта (Г. град)	Радиус
Точка1	Зона1	Репер1	Долгота1	Широта1	Радиус1
Точка2	Зона2	Репер2	Долгота2	Широта2	Радиус2
Точка3	Зона3	Репер3	Долгота3	Широта3	Радиус3
Точка4	Зона4	Репер4	Долгота4	Широта4	Радиус4
Точка5	Зона5	Репер5	Долгота5	Широта5	Радиус5
Точка6	Зона6	Репер6	Долгота6	Широта6	Радиус6
Точка7	Зона7	Репер7	Долгота7	Широта7	Радиус7
Точка8	Зона8	Репер8	Долгота8	Широта8	Радиус8
Точка9	Зона9	Репер9	Долгота9	Широта9	Радиус9
Точка10	Зона10	Репер10	Долгота10	Широта10	Радиус10
Точка11	Зона11	Репер11	Долгота11	Широта11	Радиус11
Точка12	Зона12	Репер12	Долгота12	Широта12	Радиус12
Точка13	Зона13	Репер13	Долгота13	Широта13	Радиус13
Точка14	Зона14	Репер14	Долгота14	Широта14	Радиус14
Точка15	Зона15	Репер15	Долгота15	Широта15	Радиус15
Точка16	Зона16	Репер16	Долгота16	Широта16	Радиус16
Точка17	Зона17	Репер17	Долгота17	Широта17	Радиус17
Точка18	Зона18	Репер18	Долгота18	Широта18	Радиус18
Точка19	Зона19	Репер19	Долгота19	Широта19	Радиус19
Точка20	Зона20	Репер20	Долгота20	Широта20	Радиус20
Точка21	Зона21	Репер21	Долгота21	Широта21	Радиус21
Точка22	Зона22	Репер22	Долгота22	Широта22	Радиус22
Точка23	Зона23	Репер23	Долгота23	Широта23	Радиус23
Точка24	Зона24	Репер24	Долгота24	Широта24	Радиус24
Точка25	Зона25	Репер25	Долгота25	Широта25	Радиус25
Точка26	Зона26	Репер26	Долгота26	Широта26	Радиус26
Точка27	Зона27	Репер27	Долгота27	Широта27	Радиус27
Точка28	Зона28	Репер28	Долгота28	Широта28	Радиус28
Точка29	Зона29	Репер29	Долгота29	Широта29	Радиус29
Точка30	Зона30	Репер30	Долгота30	Широта30	Радиус30

Место: Название: Зона: Репер: Долгота: Широта: Радиус:

Действие:

Действие:

Рис. 3. Форма для ввода места контроля

Кроме объекта УХО в п. Горный Саратовской области типовой проект использовался при создании систем ПЭМ объектов УХО в г. Камбарка Удмуртской республики и в п. Марадыковский Кировской области. Использование информационной модели мониторинга позволило при переходе на новые объекты перенастраивать систему, вводя новый регламент сбора информации в качестве исходных данных для адаптации функциональных подсистем к новому объекту. На рис. 3 представлена форма для ввода новых точек контроля для перенастройки системы на мониторинг нового объекта.

Информация экологического мониторинга в этих системах, реализованных на объектах, уничтожающих разные типы химического оружия по различным технологиям, имеет одинаковую структуру, обрабатывается по единым алгоритмам, формирует отчеты и по согласованному протоколу передает их по каналам спутниковой связи в единую БД информационно-аналитической системы технической безопасности УХО и в другие контролирующие организации (рис. 4).

Анализ данных экологического мониторинга

Экологический мониторинг в зоне влияния объектов УХО базируется на проведении многочисленных измерений концентраций отравляющих веществ и общепромышленных загрязнителей в различных природных средах до начала (фоновые значения) и в процессе функционирования объекта для сравнения, оценки и прогнозирования воздействия на окружающую среду.

Эти измерения обеспечиваются сетью стационарных и передвижных постов контроля. Для непрерывного контроля параметров качества воздуха, метеопараметров используются специализированные автоматические средства. Автоматические стационарные посты контроля (АСПК) атмосферного воздуха предназначены для круглосуточных автоматических измерений концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и метеопараметров в зоне возможного влияния объекта УХО. Передвижные экологические лаборатории (ПЛ) предназначены для контроля загрязнения ат-

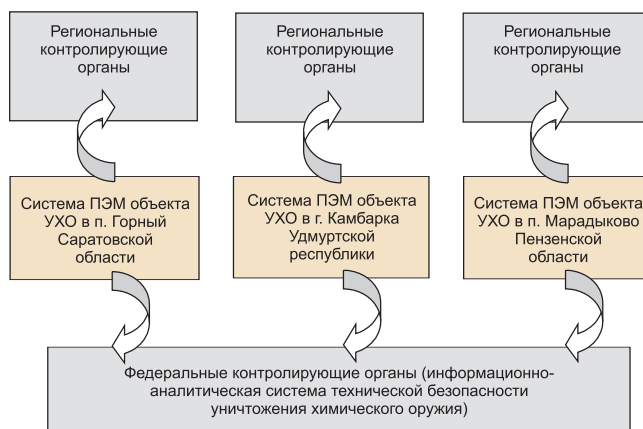


Рис. 4. Сбор информации об экологическом состоянии на объектах УХО



Рис. 5. Проведение исследований в химико-аналитической лаборатории

мосферного воздуха, а также для выполнения экспресс-анализов и отбора проб природных и сточных вод, снежного покрова, донных отложений и почвы. Более детальное исследование проб по специальным методикам, позволяющим обнаружить отравляющие вещества или продукты их деструкции, содержащиеся в пробах даже в самых минимальных количествах, проводится в химико-аналитической лаборатории (ХАЛ) (рис. 5).

Автоматическая объектовая метеостанция осуществляет круглосуточные автоматические измерения метеорологических параметров и передает результаты измерений по каналам связи в информационно-аналитический центр. Схема сбора и передачи данных в системе ПЭМ представлена на рис. 6.

Система ПЭМ предназначена для функционирования в двух режимах: штатном и аварийном. Главная задача штатного режима заключается в своевременной реакции на все возникающие события на объекте УХО с целью предотвращения развития аварийных ситуаций. При возникновении любых событий, которые могут свидетельствовать о возникновении нештатных ситуаций на объекте, сообщение о событии немедленно передается оперативному персоналу объекта УХО (рис. 7).

В аварийном режиме для оперативного анализа масштабов химического загрязнения сбор и передача данных о концентрациях отравляющих и загрязняющих ве-

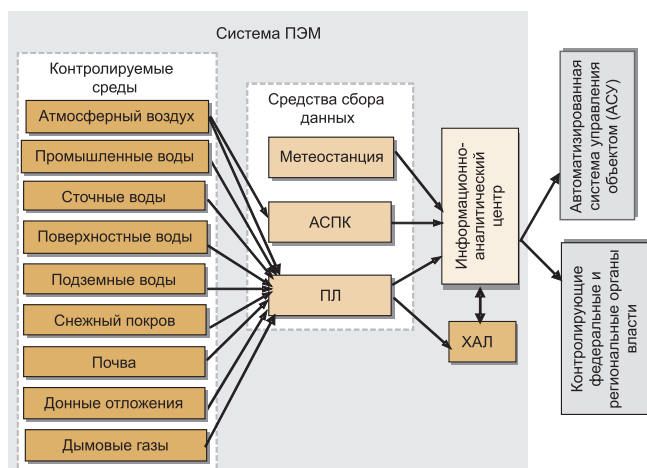


Рис. 6. Схема сбора и передачи данных в системе ПЭМ

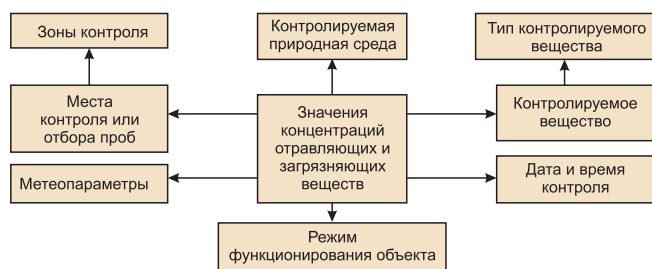


Рис. 8. Схема зависимостей между данными экологического мониторинга

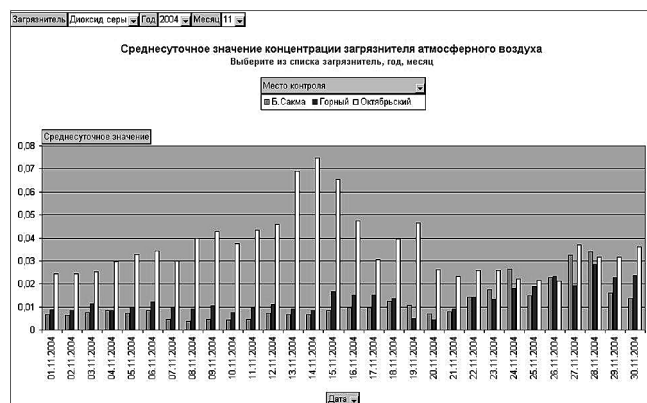


Рис. 9. Диаграмма среднесуточных концентраций диоксида серы

ществ реализуются с большей частотой, на основе математических моделей рассеивания веществ и метеорологических параметров дается прогноз распространения химического загрязнения с целью поддержки принятия решений по ликвидации аварийной ситуации.

Возможности многомерного и интеллектуального анализа данных экологического мониторинга определяются структурой и взаимосвязями между данными с помощью информационной модели мониторинга. Наиболее эффективной с точки зрения анализа является нормализованная реляционная схема данных типа "снежинка", представленная на рис. 8.

Такая структура данных позволяет анализировать, исследовать, сравнивать, отображать в виде карт, графиков, диаграмм уровень концентраций отравляющих

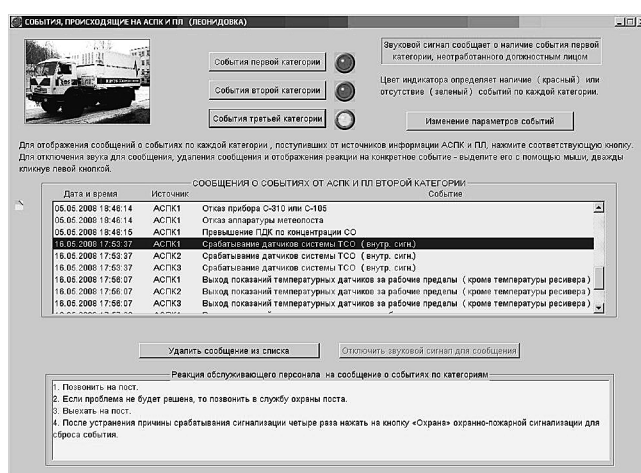


Рис. 7. Экран сообщений о событиях в системе ПЭМ

и загрязняющих веществ в различных срезах: в разных природных средах, в различных зонах и местах контроля, за произвольные временные интервалы, при различных метеорологических условиях, при разных режимах функционирования объекта и т.д. (рис. 9).

Такой подход пригоден для выявления нарушений принятых норм концентраций загрязняющих веществ в природных средах. Однако на основании данных о концентрациях загрязняющих веществ в различных природных средах затруднительно дать содержательную оценку состояния природной системы и, тем более, сделать прогноз тенденций развития природной системы, в которой действует множество разных факторов при различных климатических условиях и фоновых характеристиках. Современные научные знания по вопросам накопления и трансформации отравляющих веществ в природных средах и механизмам воздействия загрязнений природных сред на живые организмы и здоровье человека недостаточны.

В последнее время все большее распространение получает концепция биологического контроля, согласно которой оценка экологического состояния должна проводиться по комплексу биологических показателей. В связи с этим в состав систем ПЭМ включают биолaborатории, которые исследуют влияние различных факторов загрязнения природной среды на простейшие микроорганизмы. Не менее важна оценка воздействия загрязнения природной среды на здоровье человека. Нужные данные (смертность, продолжительность жизни, количество онкологических заболеваний и т.д.) могут быть получены только в результате длительных наблюдений — в процессе социально-гигиенического мониторинга. Однако социально-гигиенический мониторинг не позволяет установить причинно-следственные связи между возникающими неблагоприятными тенденциями и вызвавшими их антропогенными воздействиями на природную среду. Для реального исследования и прогнозирования долговременных экологических тенденций, их влияния на растительный и животный мир и здоровье человека необходимо создавать комплексную систему анализа, в которой наряду с данными физико-химического мониторинга будут исследованы

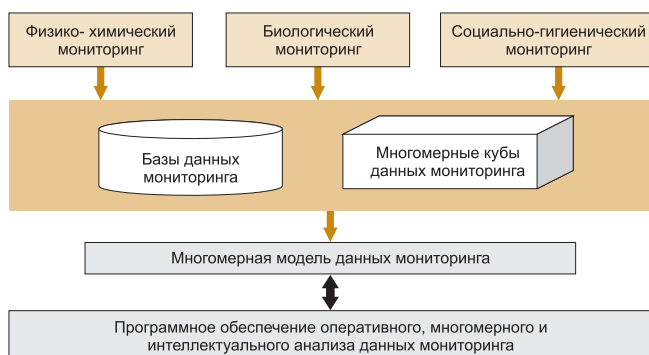


Рис. 10. Комплексная система экологического анализа

доваться данные биологического и социально-гигиенического мониторинга (рис. 10).

Анализ потенциальных причин экологического неблагополучия и ранжирование значимых факторов должны проводиться по всему комплексу абиотических параметров, измеряемых службами мониторинга, с учетом всевозможных взаимодействий между ними. Такой анализ может быть реализован на основе современных информационных технологий многомерного и интеллектуального анализа данных: статистического анализа, анализа временных рядов, классификационного анализа, нейронных сетей и др. Для этого данные должны быть согласованы и структурированы (взаимосвязаны). Структура данных для многомерного анализа интерпретируется следующим образом: исследуемые биологические и социально-гигиенические показатели представляются точками в многомерном пространстве, измерениями которого являются факторы влияния, определяющие потенциальные причины экологического неблагополучия. Такими факторами, помимо концентраций загрязняющих веществ в различных природных средах, являются, например, используемая технология УХО, интенсивность процесса УХО, тип УХО, метеорологические условия и т.д. Выбор измерений многомерного пространства очень важен, так как набором измерений исчерпываются исследуемые факторы влияния в дальнейшем многомерном анализе. Кorteжу значений координат точки многомерного пространства (набору значений факторов) сопоставляется характеризующий эту точку набор мер биологических и социально-гигиенических параметров (с учетом запаздывания воздействия). Мерой параметра в многомерной модели может служить экспертная оценка качества, отражающая данные мониторинга параметра в выбранной шкале.

По мере накопления структурированных данных методы многомерного и интеллектуального анализа позволяют выявлять области наборов значений факторов, соответствующих неприемлемому экологическому состоянию, ранжировать факторы по степени их влияния на экологическое неблагополучие, выявлять наиболее существенные и несущественные факторы и факторы, усиливающие негативное совместное воздействие.

Экологический мониторинг в зоне влияния объекта УХО проводится в целях контроля экологического состояния и накопления информации для оцен-

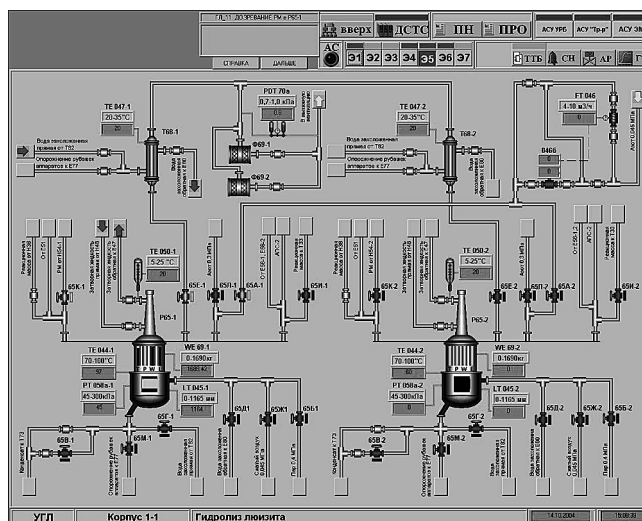


Рис. 11. Пример мнемосхемы ТП УХО

ки и прогнозирования влияния процессов УХО на природную среду, в то время как обеспечение экологической безопасности в первую очередь зависит от безопасности используемой технологии УХО и ее надежной практической реализации.

Компьютерные тренажерные комплексы – основа обеспечения безопасного функционирования объектов УХО

Известно, что самым слабым звеном в системе обеспечения безопасности сложных технологических систем являются действия оперативного персонала. Объект УХО отличается повышенной опасностью, поэтому оперативному персоналу необходимо очень точно соблюдать предписанный регламент проведения ТП. В связи с этим для обучения операторов объектов УХО был разработан компьютерный тренажерный комплекс (КТК), реализующий:

- имитацию рабочих мест операторов объекта УХО;
- различные режимы функционирования КТК (консультации обучаемых с системой, режим приобретения знаний, взаимодействия с инструктором, проверки и оценки знаний обучаемых, создания тренировочных упражнений и тестов);
- различные режимы работы обучаемых: общий (все обучаемые работают с общей моделью), индивидуальный (каждый обучаемый работает со своей моделью);
- различные режимы работы технологического оборудования (подготовка технологического узла к пуску, пусковые операции, штатная работа, контроль и регулирование узла во время работы, останов, аварийные ситуации);
- систему поддержки инструктора, включающую автоматизацию составления сценарных алгоритмов тренинга, задания возмущений, взаимодействие с одним или несколькими обучаемыми, автоматический контроль правильности выполнения заданий с учетом отведенного интервала времени, автоматическую оценку знаний обучаемых по результатам выполнения тренировочных упражнений и тестовых вопросов и т.д.;

- режимы реального и ускоренного времени;
- полное протоколирование работы системы, возможность воспроизведения любого сеанса работы [3].

Основой КТК для обучения оперативного персонала объекта УХО является математическая модель ТП, адекватно моделирующая реакцию на любое возможное действие оператора, реализуемое при помощи активных элементов мнемосхем (рис. 11) АСУТП [4].

КТК разрабатывался для использования на ряде объектов УХО, на которых применяются разные технологии уничтожения разных видов химического оружия, однако навыки, которым необходимо обучить операторов, обусловлены спецификой объектов УХО и во многом аналогичны. В этой связи особенностью созданного КТК является настраиваемость на различные технологии УХО, при этом общая структура системы и компоненты ПО, реализующие инструментальные средства подготовки и проведения процесса обучения и проверки знаний, не изменяются. Этого удалось достичь на основе разработки структуры ПО, при которой информационный обмен между программными компонентами, реализующими моделирование ТП, и программными компонентами, реализующими процесс обучения, основывался на стандартизированном интерфейсе. Была разработана структура информационной модели, на основе которой реализовался информационный обмен между компонентами ПО. Программные компоненты разрабатывались для работы не с конкретной информационной моделью, а с любой моделью, определенной в рамках разработанной структуры. Процесс разработки такого ПО более сложный и трудоемкий, но это компенсируется в случае его многократного использования.

Заключение

Предложенный и реализованный на нескольких объектах УХО подход к созданию ПО позволил формализовать процесс сбора, хранения, обработки, анализа, отображения информации, формирование отчетов в контролирующие органы, тем самым, обеспечив возможность перенастройки в зависимости от типа уничтожаемого отравляющего вещества, числа и мест расположения точек контроля, от контролируемых параметров, от применяемой технологии УХО.

Такой подход является эффективным и экономичным. Он может быть использован для построения аналогичных систем контроля и обеспечения экологической безопасности в зонах влияния однопрофильных или технологически связанных промышленных предприятий.

Список литературы

1. Лебедев В.Г., Кулида Е.Л., Крюкова И.П. Особенности системы управления безопасностью хранения и уничтожения химического оружия // Датчики и системы. 2006. № 9.
2. Кулида Е.Л., Крюкова И.П. Подсистема автоматической генерации отчетов в информационно-аналитической системе технической безопасности уничтожения химического оружия // Тр. II международной конференции "Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2008". М.: ИПУ РАН. 2008.
3. Уткин А.Ю., Лебедев В.Г., Костинова Н.А., Кулида Е.Л., Рождественский Д.Б. Компьютерный тренажерный комплекс для обучения персонала центрального пульта управления объекта уничтожения химического оружия // Проблемы управления. 2005. № 1.
4. Кулида Е.Л., Лебедев В.Г. Модели компьютерного тренажерного комплекса для обучения операторов объекта уничтожения химического оружия // Там же. 2005. № 6.

Кулида Елена Львовна — канд. техн. наук, ст. научный сотрудник,

Крюкова Ирина Павловна — научный сотрудник,

Лебедев Валентин Григорьевич — д-р техн. наук,

ученый секретарь Института проблем управления РАН.

Контактные телефоны: (495) 334-92-31, 334-92-49.

E-mail: lebedev@ipu.ru

НОВАЯ КНИГА

Э.Л. Ицкович "Методы рациональной автоматизации производства"

Объем 240 стр., твердый переплет, А5, тираж- 2000 экз. Издательство "Инфра-Инженерия" (Москва).

Стоимость 550 руб.

Книга является обобщением консалтинговых работ автора и разработанных им методов автоматизации, выполненных в последние годы и прошедших успешную апробацию на промышленных предприятиях. В ней рассматривается широкий круг задач, нацеленный на реализацию эффективной автоматизации промышленных объектов и, в частности:

- направления развития средств и систем автоматизации;
- анализ существующего рынка программных и технических средств автоматизации и позиционирование на нем российских участников;
- положения по конкретизации и полноте технических условий (заданий) на различные средства/системы автоматизации;
- прогноз эффективности предлагаемых систем автоматизации;
- метод организации и проведения конкурсов (тендеров) для выбора средств/систем автоматизации;
- аудит эффективности эксплуатируемых систем автоматизации;
- методика достижения рационального уровня автоматизации производства;

- методика распределения выделенных финансовых ресурсов на отдельные проекты автоматизации.

Особое внимание уделяется объективности всех принимаемых решений (исключению волюнтаризма) при автоматизации производства и практической реализуемости предлагаемых методов.

По содержанию, форме изложения, используемому языку книга рассчитана на сотрудников служб автоматизации предприятий; на специалистов по автоматизации в инженеринговых фирмах, проектных институтах, НИИ и ОКБ; на разработчиков и производителей средств и систем автоматизации; на персонал консалтинговых организаций и системных интеграторов в области автоматизации.

Книга может использоваться преподавателями институтов в качестве учебного пособия по курсам автоматизации, а также аспирантами и научными работниками в областях автоматизации и информатизации предприятий, поскольку дает срез современного состояния информатизации производства и предлагает методы ее развития с учетом возможностей современных программных и технических средств и имеющихся у предприятий финансовых ресурсов.

Заявки на приобретение направляйте на E-mail: infra-e@yandex.ru или по телефону 8(911)512-48-48.