

УДК 662.2:658.567.5:502.175

**М.В. Попова, А.В. Литвинов**

ОАО «ФНПЦ „Алтай“», г. Бийск

**С.Н. Козлов**

Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного  
технического университета им. И.И. Ползунова

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СТРУКТУРА КОНТРОЛЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОГНЕВОЙ УТИЛИЗАЦИИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЗАРЯДОВ РДТТ НА ОТКРЫТОМ СТЕНДЕ**

Рассмотрены факторы, определяющие экологическую безопасность открытого стенда при огневой утилизации твердотопливных зарядов. Определены понятия экологической безопасности и экологического риска в данной предметной области. Выделены задачи связи в едином информационном поле системы контроля и обеспечения экологической безопасности: создание информационно-управляющей системы на основе системного анализа процессов, обуславливающих характер выбросов в атмосферу после орошения струи продуктов сгорания водой; разработка структуры и содержательной части этой системы; объединение алгоритмов и моделей этих процессов в едином информационном поле. Система обеспечения экологической безопасности структурно разделена на подсистемы – Регулятор и Распределитель, для каждой из которых построены функциональные модели. Разработка функциональных моделей Регулятора и Распределителя проводится на основе существующих физико-математических моделей орошаемой струи и облака продуктов сгорания, поднимающегося в атмосфере как влажный остаток струи после орошения. Разработана структура информационно-управляющей системы, отражающей функциональную зависимость параметров экологической безопасности от расходной характеристики водной экологической защиты. Показано, что декомпозиция блока управления на подсистемы Регулятор и Распределитель позволяет обеспечить полную идентификацию процессов в рамках этих подсистем. При проектировании информационно-управляющей системы построены диаграммы потоков данных, концептуальная модель системы, единая логическая модель базы данных, логические модели подсистем Регулятора и Распределителя, глобальная логическая и физическая модели системы. Разработанная методология создания информационно-управляющей системы под задачи огневой утилизации твердотопливных зарядов ракетных двигателей для открытых стендов является типовой для существующего техпроцесса и может использоваться при проектировании и эксплуатации аналогичных систем.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, экологический риск, статическое сжигание, огневая утилизация, энергетическая установка, информационно-управляющая система, системный анализ, техническая система, проектирование информационных систем, глобальная логическая модель данных.

**M.V. Popova, A.V. Litvinov**

FR&PC "Altay" JSC, Biysk

**S.N. Kozlov**

Biysk Technological Institute

## **INFORMATION STRUCTURE OF CONTROL AND PROVISION OF ECOLOGICAL SAFETY IN FIRING UTILIZATION OF LARGE-SCALE SRM CHARGES AT AN OPEN TEST BENCH**

Factors defining the ecological safety of an open test bench at firing utilization of solid propellant charges (SRM) have been discussed. Concept of ecological safety and ecological risk in this subject field have been determined. The problems of relation in the united information field of the controlling system to provide ecological safety have been indicated: development of information-control system based on processes of systems analysis, specifying the character of air exhausts after water irrigation of combustion products jet; development of the structure and the main part of this system; combination of algorithms and models of these processes in the unique information field. The system of providing ecological safety is structurally divided into subsystems, i.e. the Regulator and the Distributor, functional models being built for each of them. The functional models of the Regulator and the Distributor have been developed on the base of existing physico-mathematical models of the irrigated jet and a cloud of combustion products going up to the atmosphere as humid remains of the jet after its irrigation. The structure of information-control system indicating the functional dependence of ecological safety parameters on the flow rate characteristic of water ecological protection has been developed. It is shown that decomposition of control unit into subsystems, the Regulator and the Distributor, allows to provide the complete identification within the frames of these subsystems. While designing the information-control system there have been built diagrams of data flows, conceptual model of the system, united logical model of database, logical models of the Regulator and the Distributor subsystem and global logical and physical models of the system. The developed methodology of this information-control system fitted for problems of firing utilization of solid propellant charges at open test benches is typical for the existing process and can be used when designing and operating the same systems.

**Keywords:** ecological safety, ecological risk, static firing, firing utilization, propulsion plant, information-control system, systems analysis, technical system instrumentation, designing of information systems, global logical model of data.

Утилизация является заключительным этапом жизненного цикла любого образца военной техники, если он не используется по прямому назначению, выработал гарантийные ресурсы и сроки или морально устарел. Это относится и к утилизации ракетных двигателей на твердом топливе (РДТТ).

Проблема утилизации вооружения обширна и многогранна и всегда связана с вопросами обеспечения экологической безопасности (ЭБ) и охраны окружающей среды. Разработка промышленных технологий утилизации требует многих лет работы и объединения усилий многих организаций и ведущих специалистов оборонной отрасли.

Исторически сложилось так, что в настоящее время одним из основных способов утилизации крупногабаритных зарядов РДТТ являются так называемые статические сжигания (СтС) РДТТ на открытом стенде в штатной комплектации без соплового блока [1]. При этом, чтобы уменьшить выбросы продуктов сгорания в атмосферу, используется водная экологическая защита (ВЭЗ), обеспечивающая орошение водой струи продуктов сгорания твердого топлива и осаждение части вредных компонентов (ВК) в рабочей зоне стенда. Основанная на этом подходе промышленная технология огневой утилизации разработана ФНПЦ «Алтай» с участием смежных организаций отрасли. Создана комплексная система контроля и обеспечения экологической безопасности стенда при проведении статических сжиганий РДТТ.

Параллельно с разработкой технологии промышленной утилизации специалистами ФНПЦ «Алтай», Томского государственного университета и Пермского национального исследовательского политехнического университета разработан ряд физико-математических моделей поведения струи и облака продуктов сгорания (ПС) при проведении СтС, в той или иной мере достоверно отражающих основные факторы, обуславливающие рассеяние ВК в атмосфере в процессе проведения СтС [2, 3, 4].

В целом элементы созданной на этом этапе системы экологической безопасности обеспечивают экологический контроль при проведении конкретного, единичного статического сжигания, но не связаны между собой едиными критериями и алгоритмами, которые позволили бы рассматривать систему водной экологической защиты как при проектировании, так и при эксплуатации в едином информационном поле.

С учетом этого основные задачи формирования структуры ЭБ стенда следующие: создание информационно-управляющей системы (ИУС) на основе системного анализа процессов, обуславливающих характер выбросов в атмосферу после орошения струи ПС водой, разработка структуры и содержательной части этой системы, объединение алгоритмов и моделей этих процессов в едином информационном поле.

Будем понимать под *экологической безопасностью* стенда при проведении СтС его свойство предотвращать выбросы ВК ПС за пределы санитарно-защитной зоны стенда в концентрациях, превышающих экологические нормы, и обеспечивать постоянный контроль этого состояния за счет соответствующего выбора методов, средств и пара-

метров технологического процесса огневой утилизации, а в качестве экологического риска – вероятность нарушения этого условия, т.е.  $R = \text{Вер}(c_i > [c_i])$  [5].

С учетом этого в качестве целевой функции системы ЭБ рассматривается не превышение нормативно-допустимой величины концентрации ВК в приземном слое атмосферы, т.е.  $c_i \leq [c_i]$ , где  $i$  – ВК в составе выброса.

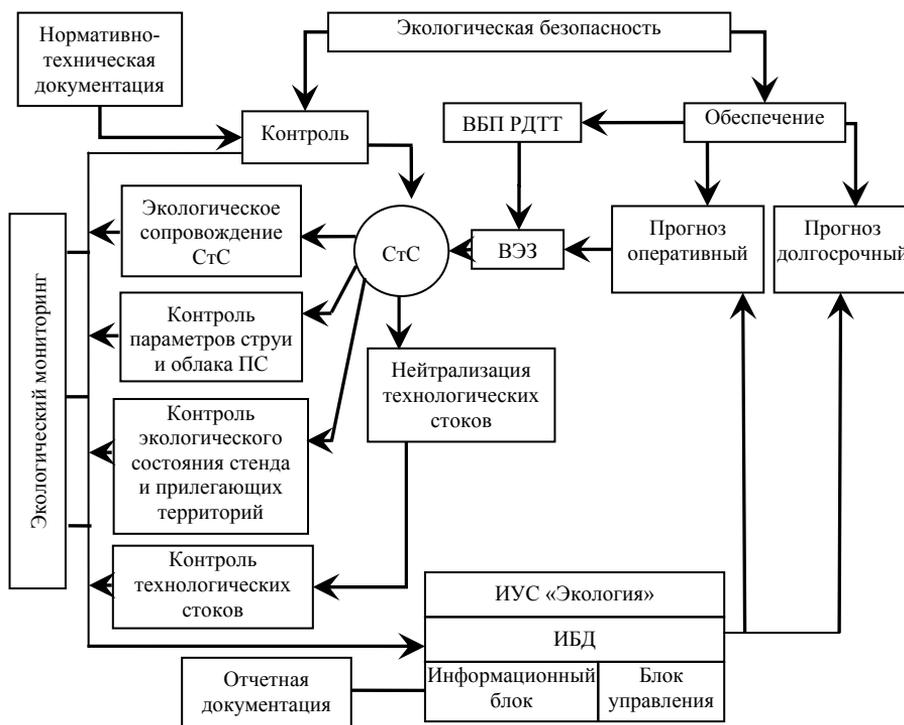


Рис. 1. Структура экологической безопасности открытого стенда при проведении статического сжигания

Как видно из рис. 1, структуру ЭБ составляют два базовых блока:

- 1) контроль экологического состояния стенда на основе экологического мониторинга;
- 2) обеспечение ЭБ стенда.

Основой блока обеспечения ЭБ стенда при СтС является система ВЭЗ, используемая для орошения водой струи ПС, вытекающей из двигателя, и осаждения за счет этого части экологически вредных ком-

понентов ПС в рабочей зоне стенда. Такими ВК являются в первую очередь хлористый водород  $\text{HCl}$  и оксид алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Орошение осуществляется через кольцевые коллекторы, расположенные вдоль струи ПС на расстояниях  $x_i$  от выходного сечения, при этом, с учетом дегрессивного характера диаграммы давления  $p(\tau)$  в конце сгорания (рис. 2), расход воды может меняться как во времени  $\tau$ , так и по длине струи, т.е.  $G_{\text{в}} = G_{\text{в}}(x, \tau)$ .

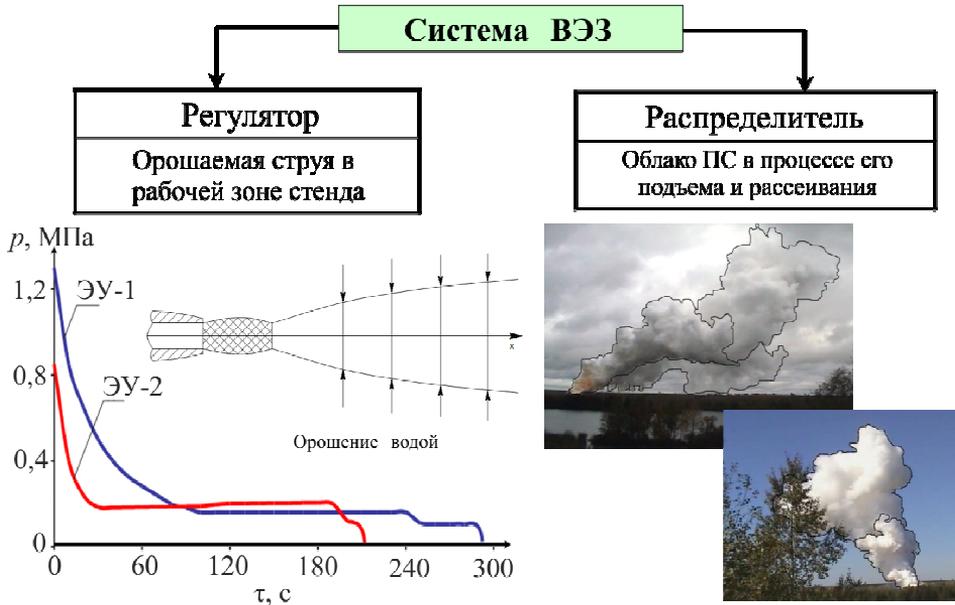


Рис. 2. Подсистемы системы ВЭЗ: ЭУ-1, ЭУ-2 – РДТТ различных ступеней ракеты

Вычленим ВЭЗ из схемы ЭБ (рис. 3) и будем рассматривать ее как управляемую техническую систему, целевым назначением которой является снижение выбросов ПС в пределах санитарно-защитной зоны стенда до уровня, допустимого нормативной документацией, т.е. обеспечение условия  $c_i[G_{\text{в}}(x, \tau)] < [c_i]$  по всем  $i$ -м вредным компонентам топлива за счет осаждения части ВК в рабочей зоне стенда.

Здесь  $c_i$  – контролируемая в приземном слое атмосферы концентрация  $i$ -го компонента ПС,  $[c_i]$  – нормативно-допустимая величина концентрации,  $G_{\text{в}}(x, \tau)$  – расходная характеристика ВЭЗ по воде;  $\tau$  – время горения заряда;  $x$  – координаты расположения коллекторов.

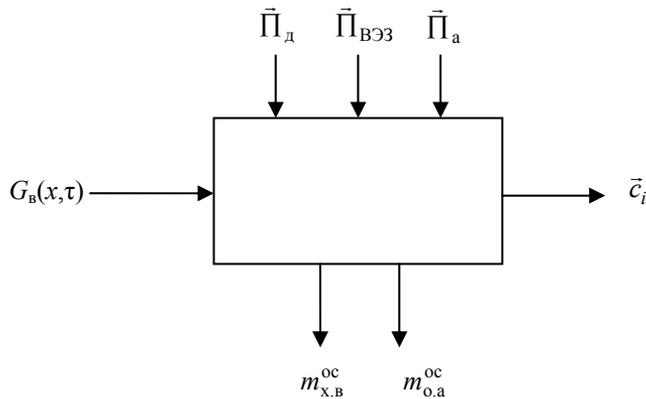


Рис. 3. Структурная схема ВЭЗ:  $\bar{\Pi}_d$  – параметры двигателя;  $\bar{\Pi}_{ВЭЗ}$  – параметры ВЭЗ;  $\bar{\Pi}_a$  – параметры атмосферы;  $m_{x,b}^{oc}$  – масса HCl, осажденного в рабочей зоне стенда;  $m_{o,a}^{oc}$  – масса Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, осажденного в рабочей зоне стенда;  $G_b(x, \tau)$  – расход воды;  $c_i$  – концентрация ВК

В идеальном случае, с учетом намечающегося дефицита воды, достижение этой цели должно обеспечиваться при минимальном расходе воды для орошения струи

$$m_b^{op} = \min \left[ \int_0^{\tau_3} G_b(x, \tau) dt - m_b^{BO3} \right],$$

где  $m_b^{BO3}$  – масса возвратной воды, полученной после обработки технологических стоков.

Таким образом, ВЭЗ можно рассматривать как управляемую техническую систему открытого типа с регулятором непрямого действия, в которой регулируемым параметром является концентрация  $c_i$  компонентов ПС на границе СЗЗ стенда, а регулирующим элементом – расходная характеристика ВЭЗ  $G_b(x, \tau)$  [5].

Входным сигналом в систему является расходная характеристика ВЭЗ  $G_b(x, \tau)$ , выходными параметрами – концентрации ВК  $c_i$  в приземном слое атмосферы на границе санитарно-защитной зоны.

Разобьем структурную схему системы ВЭЗ на два звена (рис. 4): Регулятор и Распределитель [5, 6].

В рамках Регулятора рассматривается орошаемая струя в рабочей зоне стенда, в рамках Распределителя – облако ПС в процессе его подъема и рассеивания.

Разделение системы ВЭЗ на подсистемы обосновано и целесообразно по следующим причинам:

1. Физические процессы, протекающие в границах Регулятора и Распределителя, различны:

– параметры Регулятора обуславливаются процессами, проходящими в струе ПС вследствие впрыска воды [7];

– параметры Распределителя формируются за счет процессов внутренней конвекции, конденсации, коагуляции и седиментации аэрозолей в облаке ПС [8].

2. Регулятор и Распределитель структурно разделены, но параметрически связаны между собой; действительно, выходные параметры Регулятора являются входными параметрами Распределителя (см. рис. 4).

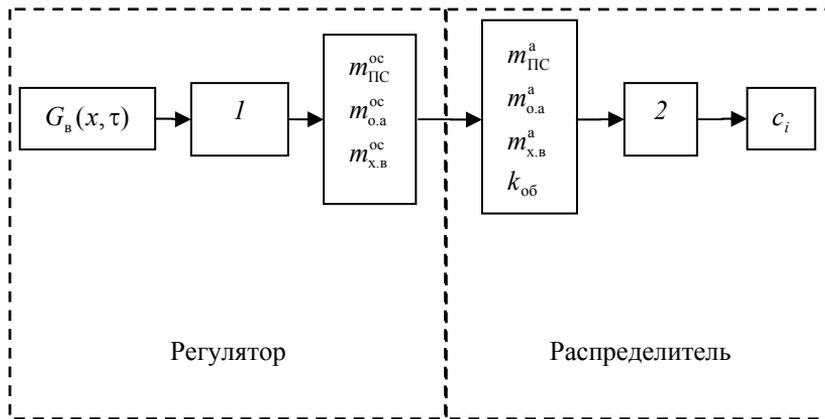


Рис. 4. Схема декомпозиции системы ВЭЗ: 1 – оператор Регулятора; 2 – оператор Распределителя;  $m_{\text{ПС}}^{\text{oc}}$  – масса осажденных ПС;  $m_{\text{o,a}}^{\text{oc}}$  – масса осажденного  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $m_{\text{x,v}}^{\text{oc}}$  – масса осажденного  $\text{HCl}$ ;  $m_{\text{ПС}}^{\text{a}}$  – масса ПС, выброшенных в атмосферу;  $m_{\text{o,a}}^{\text{a}}$  – масса  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , выброшенного в атмосферу;  $m_{\text{x,v}}^{\text{a}}$  – масса  $\text{HCl}$ , выброшенного в атмосферу,  $k_{\text{об}}$  – коэффициент обводненности облака ПС

Такая декомпозиция системы ВЭЗ на две подсистемы позволяет обрабатывать и идентифицировать каждую из них отдельно.

3. Каждая из подсистем имеет свои контрольные параметры для идентификации.

Поскольку система ВЭЗ представляет собой совокупность подсистем и объектов, объединенных информационным процессом, то в контур регулирования системы входят система орошения струи ПС, система контроля входных и выходных параметров ВЭЗ и ИУС, обеспечивающая сбор, обработку и хранение информации и выработку на ее основе управляющих воздействий-решений по выбору параметров расходной характеристики ВЭЗ.

Разработка функциональных моделей Регулятора и Распределителя проводится на основе физико-математических моделей орошаемой струи и облака ПС, поднимающегося в атмосфере как влажный остаток струи после орошения [8, 9]. В общем случае могут использоваться любые модели процессов, протекающих в струе и облаке ПС. Однако во всех случаях такие модели должны рассматриваться как содержательная часть для ИУС и должны отвечать следующим требованиям по физической адекватности, идентифицируемости и чувствительности:

- наиболее достоверно формализовать связь между входными и выходными параметрами Регулятора и Распределителя;

- допускать одно- или многошаговую идентификацию (сравнение) и корректировку функциональной модели по экспериментальным данным и результатам эксплуатации системы ВЭЗ;

- обеспечивать оценку чувствительности системы к изменению входных параметров Регулятора и разработку алгоритма управления в заданной области изменения входных параметров [6].

Исходя из принятой структуры контроля и обеспечения ЭБ разработана информационно-управляющая система, включающая две подсистемы:

- 1) информационный блок, обеспечивающий сбор, хранение, обработку и выдачу информации;

- 2) блок управления, содержащий контур управления водной экологической защитой, построенный на основе функциональных моделей Регулятора [9] и Распределителя [10].

Кроме того, в систему включены функциональные связи подразделения, ведущего огневую утилизацию, с заказчиками и контролирующими внешними органами, а также информация по технологической подготовке и реализации процесса огневой утилизации.

Структура ИУС «Экология» представлена на рис. 5.

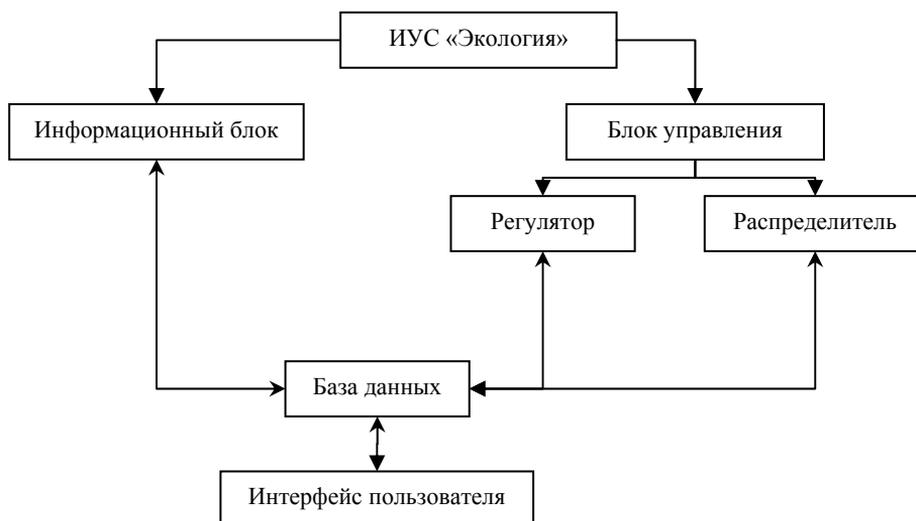


Рис. 5. Структурная схема ИУС «Экология»

В целом ИУС «Экология» включает в себя следующие компоненты:

- базу данных;
- программное обеспечение базы данных;
- прикладное программное обеспечение;
- аппаратное обеспечение, в том числе устройства хранения данных;
- персонал, использующий и разрабатывающий эту систему.

Разработка информационного блока проведена с использованием CASE-технологий, на основе ER-моделей (диаграмм «сущность – связь»). Для функционального моделирования технологического процесса использован метод IDEF0 [11, 12].

База данных является фундаментальным компонентом информационной системы, а ее разработка и использование рассмотрены с точки зрения самых широких требований организации процесса огневой утилизации и включают данные экологического мониторинга, параметры системы ВЭЗ, параметры объекта утилизации, текущие метеоусловия и т.д.

При проектировании ИУС «Экология» построены диаграммы потоков данных, концептуальная модель системы, единая логическая модель базы данных (рис. 6), логические модели подсистем Регулятора и Распределителя, глобальная логическая и физическая модели системы.

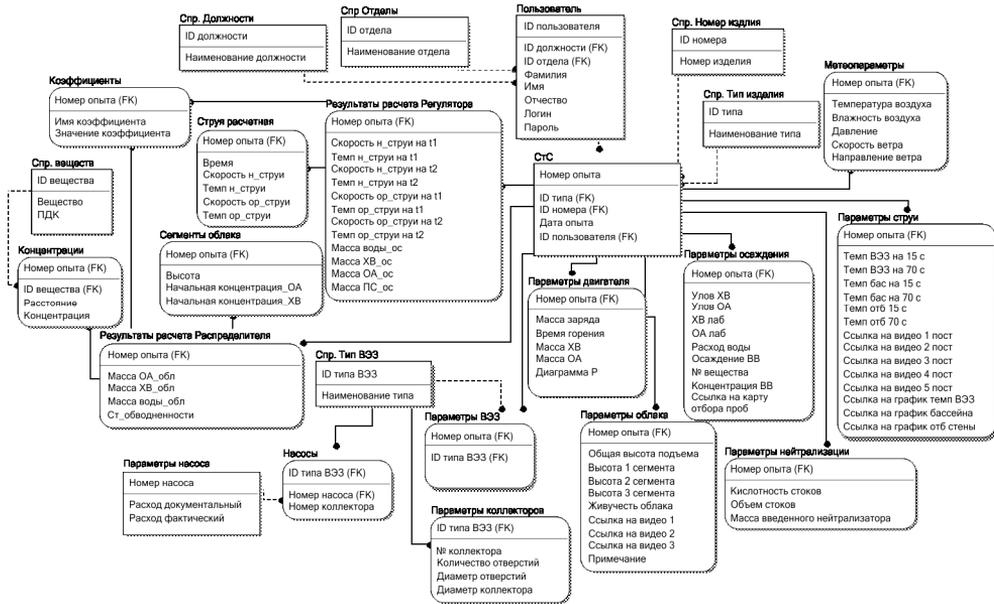


Рис. 6. Глобальная логическая модель данных в ИУС «Экология»

Пользовательский интерфейс ИУС «Экология» представлен на рис. 7.

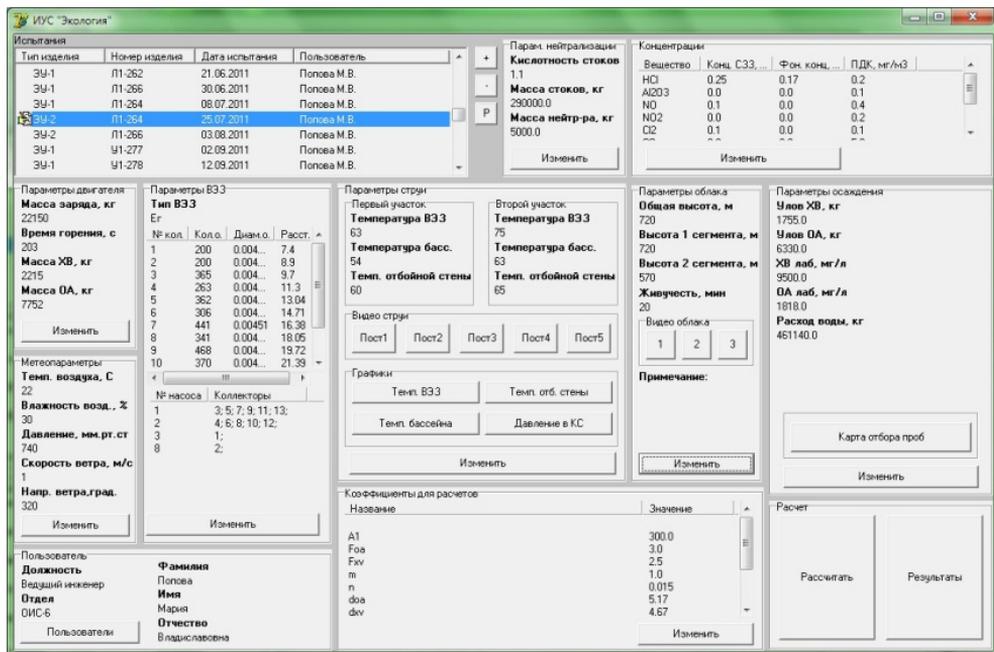


Рис. 7. Вид пользовательского интерфейса ИУС «Экология»

ИУС «Экология», как любая информационная система, в соответствии с действующими нормативными документами отвечает следующим требованиям:

- обеспечивает хранение, обработку, ввод и редактирование информации по конкретному опыту, проверку корректного ввода информации в базу данных;

- обеспечивает составление статистической отчетности для отделов-смежников;

- содержит функциональные модели Регулятора и Распределителя в рамках блока управления;

- обеспечивает удобный ввод информации;

- наглядно отображает информацию (в виде графиков, таблиц, диаграмм);

- позволяет автоматически резервировать данные;

- вход в систему осуществляется по паролю с разграничением прав доступа;

- имеет невысокий уровень вложенности в меню.

Программное обеспечение ИУС «Экология» обеспечивает:

- безотказное функционирование при бесперебойной работе ПК;

- надежное хранение данных (исключает их порчу или утерю не по вине пользователя);

- восстановление работы после перезагрузки операционной системы или перезапуска исполняемого файла программного продукта, продолжение незавершенных операций, восстановление несохраненных пользователем данных – при возникновении сбоя в работе системы;

- контроль вводимых пользователем данных.

Функционирование системы заключается в вводе пользователем необходимой информации об опыте. Для этого поочередно заполняются соответствующие элементы интерфейса через вызов специальных форм, требующих ввода минимального единовременного набора данных для исключения ошибок ввода оператором.

Система хранит ряд графических и видеофайлов, которые могут быть просмотрены в любое время.

В зависимости от прав доступа пользователь получает доступ к определенным функциям, что защищает информацию от несанкционированного доступа.

Например, только пользователи с высоким уровнем доступа имеют право проводить расчет параметров системы ВЭЗ.

Выходными документами являются оперативная и этапная отчетная документация по СтС.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Разработана структура информационно-управляющей системы, отражающей функциональную зависимость параметров экологической безопасности от расходной характеристики водной экологической защиты. Показано, что декомпозиция системы на подсистемы – Регулятор и Распределитель – позволяет обеспечить полную идентификацию процессов в рамках Регулятора по результатам экологического контроля.

2. Содержательная часть информационно-управляющей системы «Экология» включает функциональные, логические и концептуальные модели, необходимые для построения ядра информационно-управляющей системы – базы данных.

3. Созданная информационная модель является независимой от особенностей используемой системы управления базами данных, полностью отражает всю информацию по технологическому процессу огневой утилизации.

4. На основе спроектированных моделей программно реализованная информационно-управляющая система «Экология» обеспечивает информационную поддержку следующих задач:

– постоянный мониторинг экологического состояния стенда и прилегающих территорий;

– прогноз рассеяния продуктов сгорания перед проведением статического сжигания и контроль осадков вредных компонентов на границе санитарно-защитной зоны после статического сжигания;

– выбор расходной характеристики водной экологической защиты для любого типа объекта утилизации;

– сбор, хранение и анализ статистических данных по всем параметрам технологического процесса огневой утилизации и утилизируемым зарядам РДТТ;

– формирование внутренней отчетности и представление данных во внешние контролирурующие органы;

– решение прикладных задач по оценке эффективности системы водной экологической защиты.

5. Разработанная методология создания информационно-управляющей системы под задачи огневой утилизации твердотопливных зарядов ракетных двигателей для открытых стендов является типовой для существующего техпроцесса и может использоваться при проектировании и эксплуатации аналогичных систем.

### Библиографический список

1. Марьяш В.И., Козлов С.Н. Возможные методы ликвидации смешанных твердых топлив крупногабаритных зарядов маршевых ступеней ракетных комплексов // Проблемы утилизации смешанных твердых топлив, отходов и остатков жидких ракетных топлив в элементах ракетно-космической техники: сб. докладов IV Всерос. науч.-практ. конф. (Бийск, 21–23 сентября 2005 г.) / ЦНИИХМ. – М., 2006. – С. 8–11.

2. Математическое моделирование горения и взрыва высокоэнергетических систем: моногр. / И.М. Васенин [и др.]. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2006. – 322 с.

3. Воздействие на окружающую среду кратковременных выбросов большой мощности: учеб. пособие / В.М. Суслонов, Н.Г. Максимович, В.Н. Иванов, В.А. Шкляев; Перм. ун-т. – Пермь, 2005. – 126 с.

4. Соколовский М.И., Вайсман Я.И. Технические и экологические аспекты ликвидации твердотопливных межконтинентальных баллистических ракет. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009. – 636 с.

5. Ситуационный анализ экологических рисков при сжигании твердотопливных зарядов энергетических установок на открытом стенде / М.В. Попова, С.Н. Козлов, А.В. Литвинов, В.П. Лушев // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 322, № 1: Науки о Земле. – С. 157–161.

6. Пупков К.А. Основы кибернетики: теория кибернетических систем: учеб. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1976. – 408 с.

7. Козлов С.Н., Литвинов А.В., Попов В.П. Процессы и обеспечение экологической безопасности при статических сжиганиях твердотопливных зарядов энергетических установок // Высокоэнергетические материалы: демилитаризация, антитерроризм и гражданское применение: материалы IV Междунар. конф. «NEMS-2008» (Белокуриха, 3–5 сентября 2008 г.). – Бийск, 2008. – С. 205–206.

8. Динамика подъема облака продуктов сгорания при статических сжиганиях твердотопливных зарядов энергетических установок / В.П. Лушев, А.В. Свиридов, А.В. Литвинов, С.Н. Козлов, В.П. Попов // Высокоэнергетические материалы: демилитаризация, антитерроризм и гражданское применение: материалы IV Междунар. конф. «NEMS-2008» (Белокуриха, 3–5 сентября 2008 г.). – Бийск, 2008. – С. 194.

9. Газодинамические параметры струи при внешнем орошении ее водой / С.Н. Козлов, М.В. Попова, А.В. Литвинов, А.В. Скворцов // Информационные технологии в науке, экономике и образовании: материалы всерос. науч.-техн. конф. (Бийск, 22–23 сентября 2011 г.). – Бийск, 2011. – С. 36–41.

10. Определение зон рассеивания и выбросов при статических сжиганиях твердотопливных зарядов энергетических установок / С.Н. Козлов, М.В. Попова, А.В. Литвинов, В.В. Лукин // Информационные технологии в науке, экономике и образовании: материалы Всерос. науч.-техн. конф. (Бийск, 22–23 сентября 2011 г.). – Бийск, 2011. – С. 42–45.

11. Грекул В.И. Проектирование информационных систем / Интернет-т информ. технологий. – М., 2005. – 299 с.

12. Маклаков С.В. ВРwin и ERwin: CASE-средства для разработки информационных систем. – М.: Диалог-МИФИ, 2001. – 174 с.

### References

1. Mariyash V.I., Kozlov S.N. *Vozmozhnye metody likvidatsii smesevykh tverdykh topliv krupnogabaritnykh zaryadov marshevykh stupeney raketnykh kompleksov* [Possible disposal methods of composite solid propellants of large-scale sustainers of rocket systems]. *Sbornik докладов IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy utilizatsii smesevykh tverdykh topliv, otkhodov i ostatkov zhidkikh raketnykh topliv v elementakh raketno-kosmicheskoy tekhniki»*. Moscow, 2006, pp. 8-11.

2. Vasenin I.M. [et al.] *Matematicheskoe modelirovanie goreniya i vzryva vysokoenergeticheskikh sistem* [Mathematical modeling of combustion and explosion of high energy systems]. Tomsk, 2006. 322 p.

3. Suslonov V.M., Maksimovich N.G., Ivanov V.N., Shklyayev V.A. *Vozdeystvie na okruzhayushchuyu sredu kratkovremennykh vybrosov bolshoy moshchnosti* [Influence of short-time exhausts of high power on the environment: students' guide]. Perm, 2005. 126 p.

4. Sokolovskiy M.I., Vaysman Ya.I. *Tekhnicheskie i ekologicheskie aspekty likvidatsii tverdotoplivnykh mezhkontinentalnykh ballisticheskikh raket* [Technical and ecological aspects of disposal solid propellant intercontinental ballistic rockets]. Perm, 2009. 636 p.

5. Popova M.V., Kozlov S.N., Litvinov A.V., Lushev V.P. *Situatsionnyy analiz ekologicheskikh riskov pri szhiganiy tverdotoplivnykh zaryadov energeticheskikh ustanovok na otkrytom stende* [Situation analysis of ecological risks on firing of solid propellant propulsion plants at an open test bench]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta «Nauki o Zemle»*, 2013, vol. 322, no. 1, pp. 157-161.

6. Pupkov K.A. *Osnovy kibernetiki: teoriya kiberneticheskikh sistem* [Bases of cybernetics: theory of cybernetics systems]. Moscow, 1976. 408 p.

7. Kozlov S.N., Litvinov A.V., Popov V.P. *Protsessy i obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti pri staticheskikh szhiganiyakh tverdotoplivnykh zaryadov energeticheskikh ustanovok* [Processes and provision of ecological safety at static firing of solid propellant charges of propulsion plants]. *Materialy IV Mezhdunarodnoy konferentsii «Vysokoenergeticheskie materialy: demilitarizatsiya, antiterrorizm i grazhdanskoe primeneniye»*, Biysk, 2008, pp. 205-206.

8. Lushev V.P., Sviridov A.V., Litvinov A.V., Kozlov S.N., Popov V.P. *Dinamika podema oblaka produktov sgoraniya pri staticheskikh szhiganiyakh tverdotoplivnykh zaryadov energeticheskikh ustanovok* [Dynamics of lifting a combustion products cloud at static firing of solid propellant charges of propulsion plants]. *Materialy IV Mezhdunarodnoy konferentsii «Vysokoenergeticheskie materialy: demilitarizatsiya, antiterrorizm i grazhdanskoe primeneniye»*, Biysk, 2008, p. 194.

9. Kozlov S.N., Popova M.V., Litvinov A.V., Skvortsov A.V. *Gazodinamicheskie parametry strui pri vneshnem oroshenii ee vodoy* [Gas-dynamic jet parameters in its external irrigation]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Informatsionnye tekhnologii v nauke, ekonomike i obrazovanii»*, Biysk, 2011, pp. 36-41.

10. Kozlov S.N., Popova M.V., Litvinov A.V., Lukin V.V. *Opredelenie zon rasseivaniya i vybrosov pri staticheskikh szhiganiyakh tverdotoplivnykh zaryadov energeticheskikh ustanovok* [Definition areas of scattering and exhausts in static firing of solid propellant charges of propulsion plants]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Informatsionnye tekhnologii v nauke, ekonomike i obrazovanii»*, Biysk, 2011, pp. 42-45.

11. Grekul V.I. *Proektirovaniye informatsionnykh sistem* [Designing of Information Systems]. Moscow, 2005. 299 p.

12. Maklakov S.V. *BPwin i ERwin: CASE-sredstva dlya razrabotki informatsionnykh sistem* [BPwin and ERwin: CASE-means to develop information systems]. Moscow, 2001. 174 p.

### Об авторах

**Попова Мария Владиславовна** (Бийск, Россия) – ведущий инженер ОАО «ФНПЦ „Алтай“» (659322, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1, e-mail: popova.maria.v@gmail.com).

**Литвинов Андрей Владимирович** (Бийск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, заместитель генерального директора, директор, главный конструктор по НИОКР ОАО «ФНПЦ „Алтай“» (659322, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1, e-mail: post@frpc.secna.ru).

**Козлов Станислав Николаевич** (Бийск, Россия) – кандидат технических наук, профессор кафедры «Ракетные двигатели и высокоэнергетические устройства автоматических систем» Бийского технологического института (филиала) ФГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (659305, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, e-mail: [magistrus@city.biisk.ru](mailto:magistrus@city.biisk.ru)).

#### **About the authors**

**Popova Maria Vladislavovna** (Biysk, Russian Federation) – Lead engineer, FR&PC „Altay“ JSC (1, Sotsyalistycheskaya st., Biysk, 659322, Russian Federation, e-mail: [popova.maria.v@gmail.com](mailto:popova.maria.v@gmail.com)).

**Litvinov Andrey Vladimirovich** (Biysk, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Director General, Director, R&D, FR&PC „Altay“ JSC (1, Sotsyalistycheskaya st., Biysk, 659322, Russian Federation, e-mail: [post@frpc.secna.ru](mailto:post@frpc.secna.ru)).

**Kozlov Stanislav Nikolaevich** (Biysk, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Professor, Department of Rocket engine and high-energy device of automatic systems, Biysk Tecnological Institute (27, Trofimova st., Biysk, 659305, Russian Federation, e-mail: [magistrus@city.biisk.ru](mailto:magistrus@city.biisk.ru)).

Получено 24.07.2013