

УДК 621.377

П.В. Девиен, А.Е. Кукин, Е.С. Кукин, С.П. Навойцев

КОМПЛЕКС ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Девиен Павел Викторович, заместитель главного конструктора ФНПЦ ОАО «НПО «Марс», окончил факультет информационных систем и технологий Ульяновского государственного технического университета. Занимается разработкой специального программного обеспечения для АСУ. [e-mail: mars@mv.ru].

Кукин Андрей Евгеньевич, аспирант Ульяновского государственного университета, окончил факультет информационных технологий УлГУ. Инженер-программист ФНПЦ ОАО «НПО «Марс». Имеет статьи в области разработки программного обеспечения для АСУ. [e-mail: mars@mv.ru].

Кукин Евгений Серафимович, кандидат технических наук, доцент, окончил физический факультет Воронежского государственного университета. Заместитель главного конструктора, начальник отделения ФНПЦ ОАО «НПО «Марс». Имеет статьи в области разработки программного обеспечения для АСУ. [e-mail: mars@mv.ru].

Навойцев Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент, окончил факультет математического обеспечения АСУ Высшего военно-морского училища радиоэлектроники им. А.С. Попова (ВМУРЭ). Заместитель главного конструктора ФНПЦ ОАО «НПО «Марс». Имеет статьи, монографии в области разработки программного обеспечения для АСУ. [e-mail: navojcev@yandex.ru].

Аннотация

В статье рассматривается подход к реализации программного продукта (комплекса обеспечения оперативно-тактических расчетов), являющегося унифицированным базовым технологическим средством, которое может быть применено для информационно-расчетной подсистемы автоматизированной системы управления (АСУ) при реализации расчетных задач и методик на всех стадиях их жизненного цикла как при разработке, так и эксплуатации. Комплекс позволяет комплексировать уже наработанные модули библиотеки расчетов при создании новых расчетных методик и моделей, обеспечивает сетевую распределенную организацию вычислительного процесса информационно-расчетной подсистемы. Представляет интерес для разработчиков АСУ.

Ключевые слова: алгоритм, расчетная методика, расчетный модуль, библиотека расчетов, организация вычислительного процесса.

Pavel Viktorovich Devien, deputy chief designer at Federal Research-and-Production Center Open Joint-Stock Company 'Research-and-Production Association 'Mars'; graduated from the Faculty of Information Systems and Technology of Ulyanovsk State Technical University; specializes in the development of special-purpose software for computer-aided C2 systems. e-mail: mars@mv.ru.

Andrey Evgenyevich Kukin, post-graduate student at Ulyanovsk State University; graduated from the Faculty of Information Technology of Ulyanovsk State University; programmer at Federal Research-and-Production Center Open Joint-Stock Company 'Research-and-Production Association 'Mars'; author of articles in the field of the development of software for computer-aided C2 systems. e-mail: mars@mv.ru.

Evgeny Serafimovich Kukin, Candidate of Engineering, Associate Professor; graduated from the Faculty of Physics of Voronezh State University; deputy chief designer, head of a department at Federal Research-and-Production Center Open Joint-Stock Company 'Research-and-Production Association 'Mars'; author of articles in the field of the development of software for computer-aided C2 systems. e-mail: mars@mv.ru.

Sergey Petrovich Navoytsev, Candidate of Engineering, Associate Professor; graduated from the Faculty of Software for Computer-Aided C2 Systems of Popov Naval Radioelectronics Academy; deputy chief designer at Federal Research-and-Production Center Open Joint-Stock Company 'Research-and-Production Association 'Mars'; author of articles, monographs in the field of the development of software for computer-aided C2 systems. e-mail: navojcev@yandex.ru.

Abstract

The article deals with an approach to the implementation of software (system for operational and tactical calculations), which is a unified base technological means. This means can be used for information and calculation subsystem of computer-aided command and control system when implementing calculation tasks and procedures at all stages of live cycle during

both development and operation. The system allows the complexation of existing modules of calculation library during the creation of new calculation procedures and models, ensures net distributed organization of computational process of information and calculation subsystem. It can be of interest for developers of computer-aided C2 systems.

Key words: algorithm, calculation techniques, calculation module, calculation library, organization of computational process.

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация управления призвана обеспечить оперативность и рост творческих способностей должностных лиц органа управления по выработке и реализации управленческих решений с целью выполнения поставленных задач. При такой постановке задачи важнейшим элементом для АСУ является наличие в ней расчетных комплексов и моделей, позволяющих привнести в процессы принятия решений элементы аналитической оценки и обоснования замыслов и принимаемых решений, возможность заблаговременного и подтвержденного расчетами (моделированием) планирования действий [1]. Ввиду сложности и важности процессов интеллектуальной поддержки принятия решений, технологические средства их обеспечения должны позволять: эволюционное наращивание интеллектуальной мощности АСУ, снижение затрат на разработку расчетных методик и моделей за счет унифицированности, модульности и преемственности ранее разработанных расчетов [2].

Комплекс обеспечения оперативно-тактических расчетов (комплекс ОТР), представленный в настоящей статье, позиционируется как унифицированное базовое технологическое средство, которое может быть применено для информационно-расчетной подсистемы АСУ на всех стадиях ее жизненного цикла как при разработке, так и эксплуатации. Комплекс функционирует в среде операционных систем Windows и Linux, формализует и упрощает процесс разработки и применения расчетных методик и моделей, позволяет комплексовать уже наработанные модули библиотеки расчетов при создании новых расчетных методик и моделей, обеспечивает сетевую распределенную организацию вычислительного процесса информационно-расчетной подсистемы. Представляет интерес для разработчиков АСУ.

НАЗНАЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСА

Программный комплекс предназначен для поддержания общей организации информационно-вычислительного процесса оперативно-тактических и специальных расчетов органа управления. Комплекс выполняет интегрирующую функцию обеспечения взаимодействия в едином замысле математических моделей, методик и расчетных модулей, а также является удобной интегрированной средой их разработки и сопровождения.

Комплекс реализован как программный продукт и предназначен для разработчиков информационно-расчетных подсистем, а также для обеспечения автоматизации деятельности должностных лиц органов (пунктов) управления по аналитической оценке и обоснованию замыслов и принимаемых решений. Основными функциональными блоками комплекса ОТР являются: библиотека расчетов, библиотека методик, библиотека визуальных

интерфейсов пользователя, комплексы организации вычислительного процесса.

Библиотека расчетов B^{omp} состоит из модулей расчетов B_i^{mp} , $i = \overline{1, I}$, где P_i^{omp} - i -й расчетный модуль. Все расчетные модули, разрабатываемые и включаемые в библиотеку, имеют унифицированные интерфейсы вызова и передачи данных, что позволяет с их помощью реализовать расчетные методики и модели (M^j , $j = \overline{1, J}$, где M^j - j -я методика). Совокупность методик образует библиотеку методик $B^{мет}$. Методика M^j представляет собой описание на специализированном языке (язык описания «сценария», разработан в рамках комплекса ОТР) алгоритма методики комплексирования модулей расчетов -г-, для достижения требуемого результата. Взаимодействие пользователя с модулями расчетов, методиками, формирование данных осуществляется через модули библиотеки визуальных интерфейсов пользователя $B^{виз}$ ($B^{виз}$, $k = \overline{1, K}$, где B^k - k -й визуальный интерфейс).

Функционирует комплекс ОТР на программно-технической платформе комплексов средств автоматизации (КСА) органов (пунктов) управления и обеспечивает поддержку следующих этапов его применения:

- **технологический этап.** Формирование и комплексование библиотеки методик и баз данных (БД) библиотеки расчетов;
- **этап заблаговременной подготовки** к проведению оперативно-тактических и специальных расчетов;
- **этап выполнения оперативно-тактических и специальных расчетов.**

На **технологическом этапе** в комплексе ОТР реализуются следующие частные функции:

- обеспечение включения новых расчетных модулей B_i^{omp} в библиотеку расчетных модулей и задач B^{omp} ;
- обеспечение включения новых модулей B^k в библиотеку модулей визуальных интерфейсов пользователя (плагинов) $B^{виз}$;
- формирование новых расчетных методик M^j с использованием языка «сценария», позволяющего описать алгоритм реализации методики на базе комплексирования расчетных модулей библиотеки;
- формирование структуры библиотеки методик на основе классификатора программных изделий по проведению ОТР;
- задание свойств (системы показателей и их взаимосвязи) отдельных математических моделей и расчетных задач как элементов библиотек методик и расчетов (на основе формализованного описания моделей);
- ведение базы данных поддержки ОТР (формирование нормативной базы данных, технических характеристик учитываемых объектов).

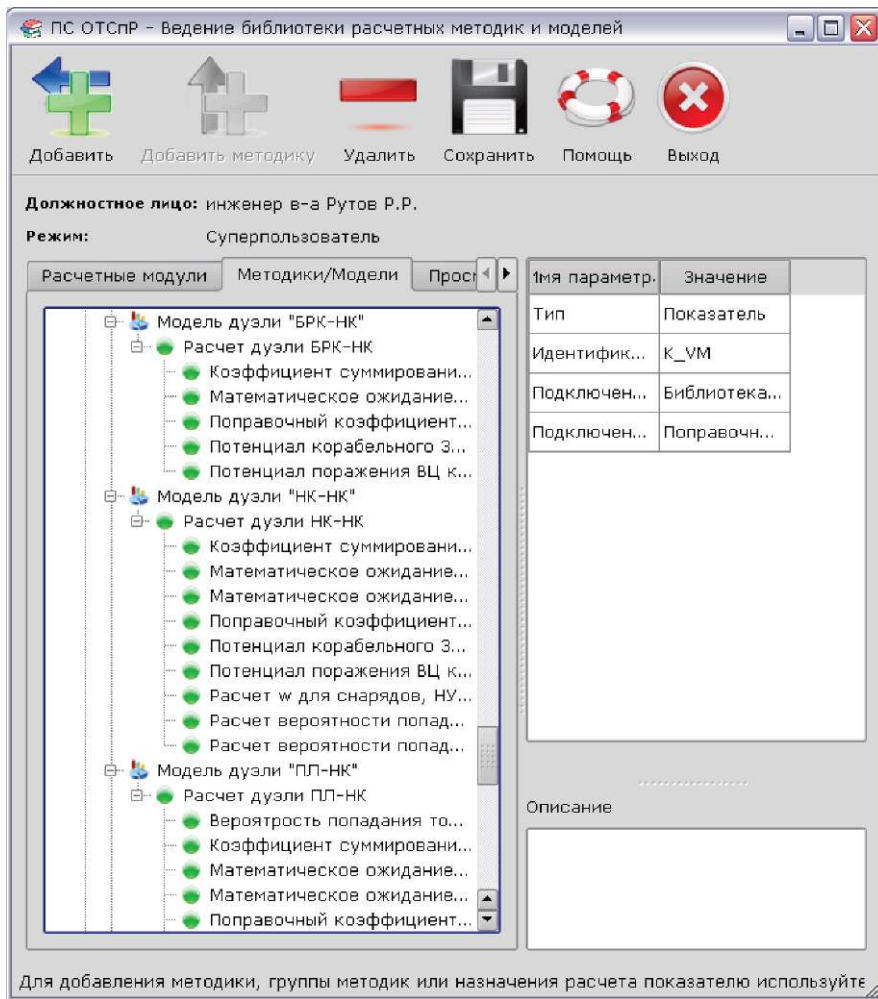


Рис. 1. Технологический этап. Ведение библиотеки расчетных методик и моделей

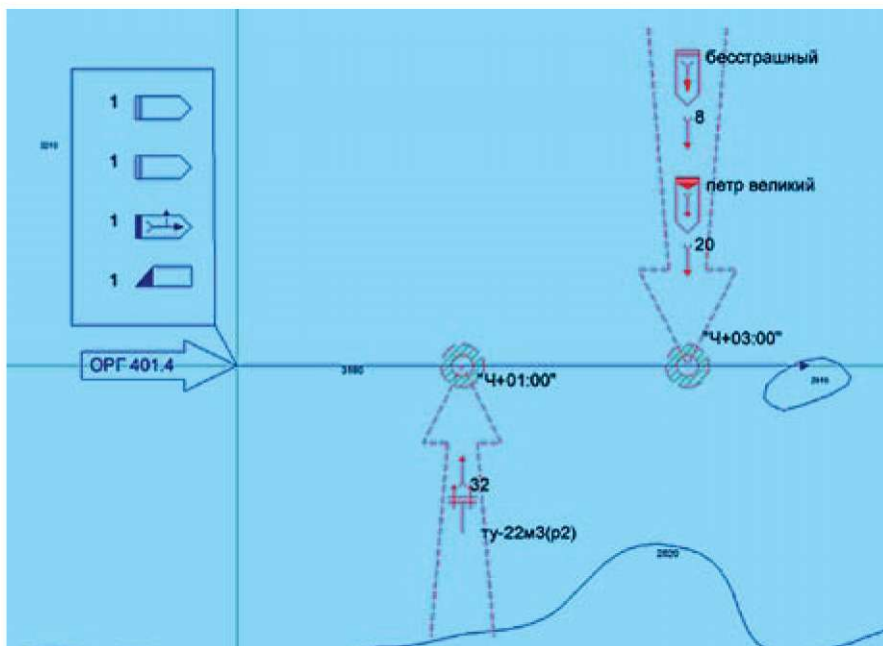


Рис. 2. Этап выполнения. Отображение результата расчетной методики на карте

Этап заблаговременной подготовки предполагает применение комплекса ОТР для реализации следующих функций:

- формирование оперативной базы данных, задающей исходные данные для проведения оперативно-тактических и специальных расчетов;
- уточнение (при необходимости) нормативной базы данных, используемой при выполнении ОТР;
- формирование дискреционной политики применения комплекса ОТР в соответствии с заданной организацией, в том числе разграничение доступа пользователей к программным и информационным ресурсам комплекса.

Этап выполнения оперативно-тактических и специальных расчетов включает выполнение следующих функций:

- задание вариантов исходных данных для проведения оперативно-тактических и специальных расчетов;
- непосредственно проведение расчетов с использованием модулей библиотек визуальных интерфейсов, методик и расчетов ($B^{виз}$, $B^{мет}$, $B^{отр}$);

- представление результатов расчетов в виде экранных форм на мониторы автоматизированных рабочих мест (АРМ) должностных лиц;
- формирование электронных документов с результатами расчетов (текстовых, графических, картографических) и вывод их на печать.

ПРОГРАММНАЯ АРХИТЕКТУРА КОМПЛЕКСА

Основными структурными элементами комплекса ОТР являются:

- библиотека расчетов $B^{отр}$, состоящая из модулей расчетов ($i=I$);
- библиотека методик $B^{мет}$, представляющая собой множество сценариев, описывающих методики ($M, J = \overline{V}$);
- библиотека визуальных интерфейсов пользователя $B^{виз}$ ($k = \overline{ID}$);
- информационная база ОТР и компоненты ее ведения;

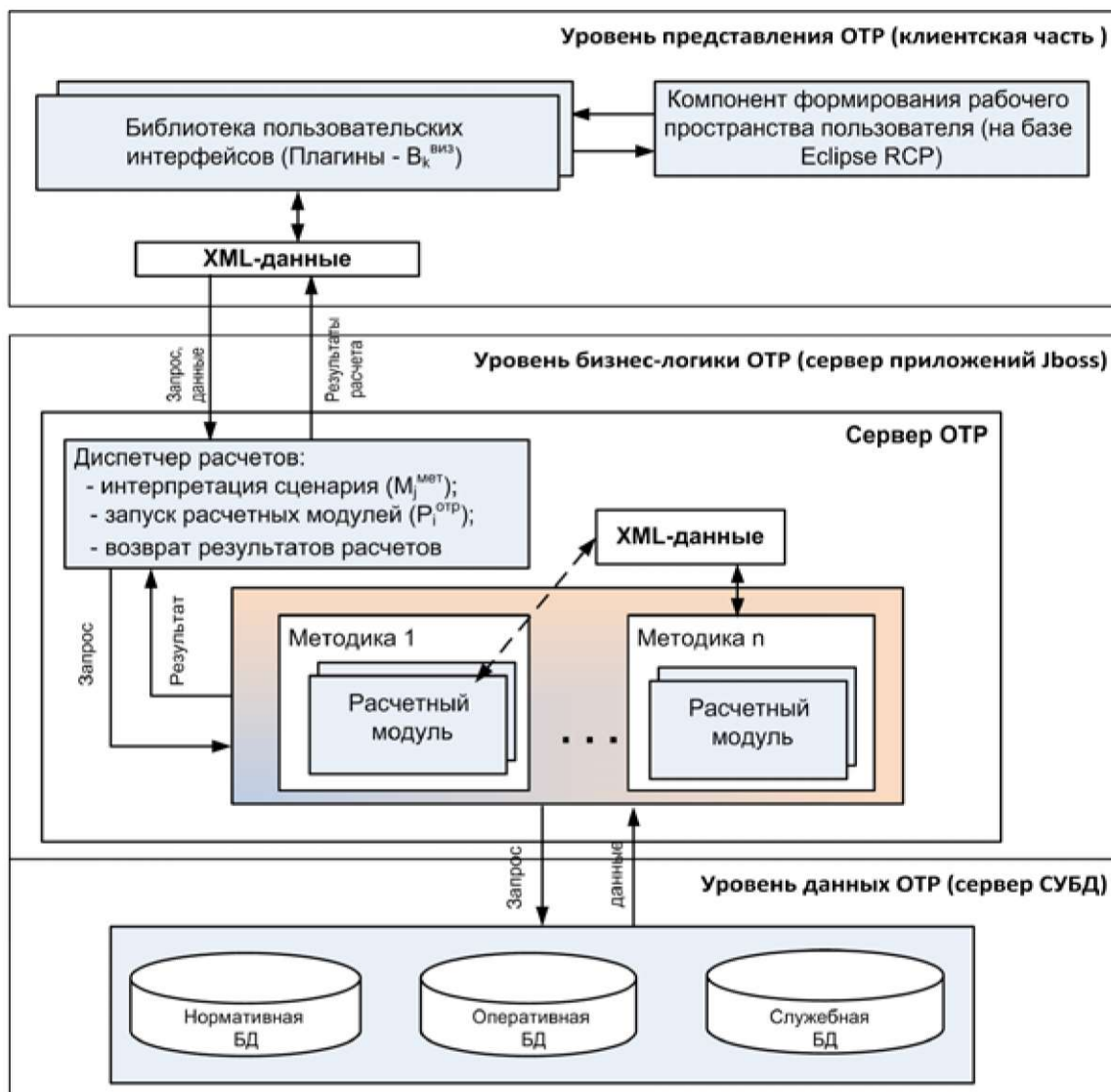


Рис. 3. Функционально-структурная схема комплекса ОТР

- средства администрирования комплекса ОТР;
- сетевая подсистема.

Функционально-структурная схема комплекса ОТР представлена на рисунке 3.

Библиотека расчетов B^{otr} является основной расчетной составляющей комплекса ОТР. состоит из модулей P_i^{otr} . Библиотека обладает свойством адаптивности, обеспечивая с помощью программных средств администрирования ОТР включение новых модулей расчетов. Включение новых модулей осуществляется в режиме «Суперпользователь». Это технологический режим, в котором доступны все функции, режимы и возможности по управлению и конфигурированию подсистем и компонент, библиотеки расчетных модулей, а также права на изменение версий программных модулей, системных библиотек. Ведение библиотеки расчетных модулей методик и моделей является технологическим процессом и осуществляется разработчиками ОТР или подготовленными пользователями непосредственно на объекте при наличии полномочий.

Библиотека методик B^{met} представляет собой описание на специализированном языке (язык описания

«сценария», разработан в рамках комплекса ОТР) алгоритма методики M_j^{met} , которая формализованно описывает процесс комплексирования модулей расчетов r_i из библиотеки B^{otr} . Библиотека также обладает свойством адаптивности, обеспечивая с помощью программных средств администрирования ОТР формирование и включение новых методик. Включение новых методик осуществляется в режиме «Суперпользователь» (рис. 1).

Библиотека визуальных интерфейсов пользователя B^{viz} обеспечивает диалоговое взаимодействие пользователя с сервером ОТР. Графический интерфейс пользователя (V^{13}) для разрабатываемых расчетных моделей и методик должен быть сформирован как отдельный исполняемый модуль, предоставляющий пользователю возможность интерактивного ввода данных для какого-либо расчета или методики. Результатом работы этого модуля должен быть XML-файл [2] соответствующей структуры, содержащий данные, необходимые для проведения расчетов. Этот файл является входной информацией для программ соответствующих расчетных моделей и методик из библиотеки расчетов. Программа, непосредственно осу-

ществляющая расчет по входным данным, должна быть в составе библиотеки расчетов (B^{omp}). В данной библиотеке должна быть объявлена функция (модуль $P^{ср}$), принимающая на вход описанный выше XML-файл. Результатом работы данной функции также является XML-файл, содержащий выходные данные расчетной модели или методики (результат расчета), также отображаемый пользователю средствами библиотеки. Результаты расчетов могут представляться операторам в следующем виде:

- оформленного по определенным правилам текстового документа, подготовленного для вывода на печать;
- оригинальной формы результатов расчета для анализа оператором на экранах АРМ;
- графического документа-врезки на электронной карте;
- записей в определенных таблицах БД;
- файла-вложения, оформленного по определенным правилам, для последующей отправки его средствами системы электронного документооборота.

Библиотека обладает свойством адаптивности, обеспечивая с помощью программных средств администрирования ОТР формирование и включение новых графических интерфейсов. Включение новых интерфейсов осуществляется в режиме «Суперпользователь».

Информационная база ОТР и компоненты ее ведения. По функциональному назначению и составу таблицы БД поддержки ОТР носят характер:

- *оперативный* - оперативная обстановка, используемая для проведения вариантов расчетов. Содержит варианты: составов группировок сил сторон, применения группировок сил сторон, характеристик районов проведения операций, метеорологических и климатических условий;
- *нормативный*, содержит тактико-технические характеристики объектов и средств;
- *справочный* - это неизменяемые данные и служебная информация.

Состав и структура информационной базы может изменяться по мере включения в состав библиотек комплекса ОТР новых расчетных моделей и методик. Оперативная информация представляет собой оперативные данные, достаточно интенсивно меняющиеся во времени (это координатная информация, состав объектов, временные характеристики и т. д.). Работа пользователя с базой данных поддержки ОТР и формирование документов осуществляется в соответствии с имеющимися полномочиями по разграничению доступа с использованием соответствующих компонент библиотеки визуальных интерфейсов $B^{виз}$. Формированием нескольких вариантов оперативной базы данных (нескольких вариантов решения) и соответственно проведением расчетов по каждому варианту достигается многовариантность решения задач.

Средства администрирования комплекса ОТР обеспечивают широкие возможности по адаптации и настройке комплекса как при эксплуатации, так и при разработке в его среде, в зависимости от меняющихся условий и требований. К функциям администрирования относятся:

- включение новых методик и расчетных модулей в библиотеки $B^{мет}$ и $B^{отр}$;

- включение новых графических интерфейсов в библиотеку $B^{виз}$;
- настройка полномочий доступа пользователей к библиотеке моделей и методик;
- настройка и ввод шаблонов выходных отчетных документов результатов расчетов;
- выдача алгоритма выполнения конкретного расчета в журнал и его просмотр;
- настройка полномочий доступа пользователей по корректировке информационной базы;
- разработка на специализированном языке описания «сценария» скрипта методики, используемого диспетчером расчетов.

Описание «сценария» методики. Сценарий выполнения методики в комплексе ОТР описывается на специальном языке, основанном на языке разметки XML (рис. 4). В корневом узле «Методика» находятся узлы «Действие», которые могут иметь тип «Выполнить» или «Анализ».

В узле типа «Выполнить» могут находиться элементы «Расчетный_модуль» с указанием входных и выходных параметров. В узле «Действие» типа «Анализ» содержатся элементы «Условие», которые сами могут включать элементы «Действие» (рис. 5)). Таким образом, передавая результаты выполнения одних расчетных модулей на вход другим в зависимости от значения различных параметров, мы можем комплексировать (связывать) расчетные модули в новые методики.

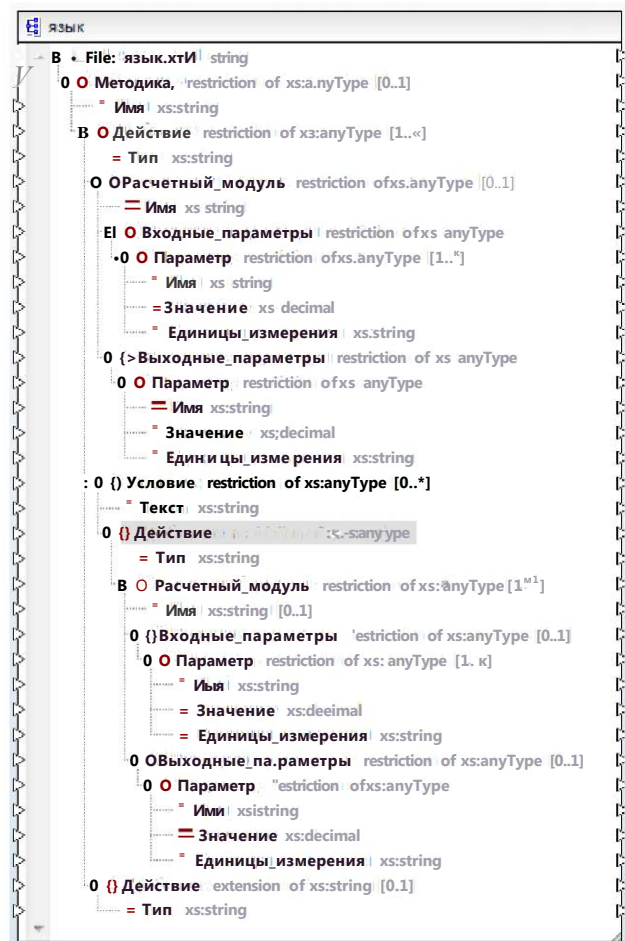


Рис. 4. Схема структуры языка «сценария» выполнения методики

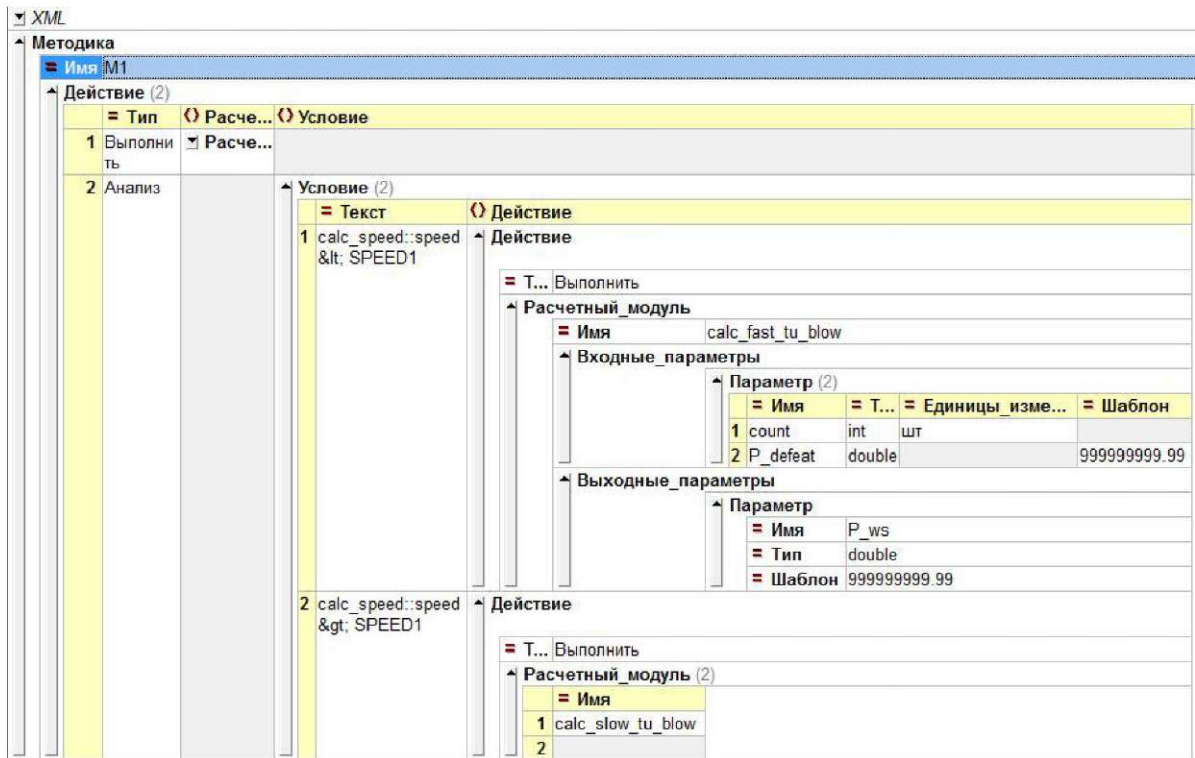


Рис. 5. Схема элемента типа «Анализ» сценария выполнения методики

Тот факт, что язык описания «сценария» основан на XML, делает возможным применение стандартных преобразований, разработанных для XML (XSLT, XPath, XQuery), в отношении указанных сценариев, что дает нам дополнительный инструмент для их гибкого использования [5]. Пример описания «сценария» методики приведен на рисунке 6.

Сетевая подсистема обеспечивает возможности по адаптации и настройке комплекса как при эксплуатации, так и при разработке в его среде, в зависимости от меняющихся условий и требований. Комплекс разработан на

принципах трехуровневой архитектуры (уровень представления, уровень бизнес-логики, уровень данных) с использованием JBoss Application Server в качестве сервера приложений (рис. 7), в качестве транспорта используются входящие в набор спецификаций Java Enterprise Edition (Java EE) технологии. В частности, обращение к серверным компонентам бизнес-логики (Enterprise JavaBeans, EJB) происходит для клиентского приложения «прозрачно» - клиентский код не обращается к какому-либо транспорту, а вызывает метод интерфейса EJB для удаленных

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Методика Имя="M1">
  <Действие Тип="Выполнить">
    <Расчетный_модуль Имя="calc_speed">
      <Входные_параметры>
        <Параметр Имя="distance" Тип="double"
Шаблон="999999999.99" Единицы_измерения="м"/>
        <Параметр Имя="Ч" ^n="double"
Шаблон="999999.99" Значение="" Единицы_
измерения="с"/>
      </Входные_параметры>
      <Выходные_параметры>
        <Параметр Имя="speed" ^n="double"
Шаблон="999999999.99" Единицы_измерения="м/с"/>
      </Выходные_параметры>
    </Расчетный_модуль>
  </Действие>
  <Действие Тип="Анализ">
    <Условие Текст="calc_speed::speed < SPEED1">
      <Действие Тип="Выполнить">
        <Расчетный_модуль Имя="calc_fast_tu_blow">
          <Входные_параметры>
            <Параметр Имя="count" Тип="int" Единицы_
измерения="шт"/>
            <Параметр Имя="P_defeat" Тип="double"
Шаблон="999999999.99"/>
          </Входные_параметры>
          <Выходные_параметры>
            <Параметр Имя="P_ws" Тип="double"
Шаблон="999999999.99"/>
          </Выходные_параметры>
        </Расчетный_модуль>
      </Действие>
    </Условие>
  </Действие>
  <Действие Тип="Выполнить">
    <Расчетный_модуль Имя="calc_slow_tu_blow"/>
  </Действие>
</Методика>

```

Рис. 6. Фрагмент «сценария» выполнения методики

Рис. 7. Схема сетевого взаимодействия компонент комплекса ОТР

клиентов. Возможность простого вызова удаленных методов (серверных функций, реализующих бизнес-логику) обеспечивает поддержка спецификаций Java EE стандартной JRE (Java Runtime Environment). Для клиентского кода, разработанного на других языках программирования, реализована возможность вызова функций бизнес-логики посредством обращения к веб-сервису, формируя SOAP-запросы.

Транспортные компоненты низкого уровня работают по протоколу HTTP. Тот же протокол лежит и в основе JMS-обращений [4] серверных компонентов к клиентским, которые используются для передачи данных о состоянии сервера ОТР клиентским приложениям. Предложенная организация вычислительного процесса позволяет использовать интеллектуальные возможности сервера ОТР при создании АСУ на «сетевых» принципах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплекс обеспечения ОТР, представленный в настоящей статье, является унифицированным базовым технологическим средством, которое может быть эффективно применено для создания информационно-расчетных подсистем АСУ.

Комплекс ОТР обеспечивает даже на этапе эксплуатации возможность включения в библиотеку расчетов вновь разработанных расчетных модулей и их использование для поддержки процессов принятия решений.

Комплекс предоставляет возможность комплексирования расчетных модулей из библиотеки расчетов, обеспечивая создание сложнейших расчетных методик и моделей с использованием языка «сценария».

Сетевая организация вычислительного процесса информационно-расчетной подсистемы обеспечивает

возможность распределенного использования вычислительной мощности сервера расчетов с удаленных рабочих мест корпоративной сети управления.

Анализ результатов применения комплекса ОТР на объектах заказчика показал, что он является эффективным и гибким средством, позволяющим привести в процессы управления элементы аналитической оценки и обоснования замыслов и принимаемых решений возможность заблаговременного и подтвержденного расчетами (моделированием) планирования действий. Комплекс ОТР обеспечивает возможность эволюционного наращивания интеллектуальной мощности АСУ, снижение затрат на разработку расчетных методик и моделей за счет унифицированности, модульности и преемственности ранее разработанных расчетов и с успехом может использоваться разработчиками информационно-расчетных подсистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационные технологии в системе управления силами ВМФ / С.П. Навойцев [и др.]; под общ. ред. В.В. Авдошина. - СПб. : Элмор, 2005. - 832 с. : ил.
2. Предметно-ориентированное проектирование: структуризация сложных программных систем. : пер. с англ. - М. : ИД Вильямс, 2011. - 448 с. : ил.
3. Пупков К.А., Коньков В.Г. Интеллектуальные системы. - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
4. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. - СПб. : БХИ-Петербург, 2009. - 400 с. : ил.
5. Варжапетян А.Г., Глущенко В.В. Системы управления: исследование и компьютерное проектирование. - М. : Вузовская книга, 2000.