Концепция имитационной модели для проектирования автоматизированной системы управления космодромом

The concept of a simulation model for the design of an automated control system of the spaceport

Малышев / Malyshev V.
Вениамин Васильевич
(VeniaminMalyshev@mail.ru)
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ), заведующий кафедрой.
г. Москва

Разумов / Razumov D.
Дмитрий Анатольевич
(DmitriRazumov@yandex.ru)
МАИ, ведущий инженер.
г. Москва

Ключевые слова: большая система – large system; автоматизированная система управления – automated control system; имитационная модель – simulation model; ситуационный центр – situation center of command control center.

Модернизация и проектирование больших автоматизированных систем, к которым и относится АСУ космодрома, всегда связана с необходимостью принятия решений в условиях большого числа неопределённостей. В практике методологии системного анализа обычно применяются методы решения этих проблем на основе моделирования. Главный подход состоит в декомпозиции больших систем на основе структурной и/или функциональной парадигм, которые позволяют рассматривать полученные составляющие как объекты для моделирования. При проектировании АСУ космодрома возникает необходимость оптимизации проектных решений. Для оптимизации проектных параметров этой системы в работе предлагается концепция, основанная на имитационной модели.

Modernization and design of the large automated systems, which include the spaceport ACS, are always connected with the need to make decisions under conditions of a large number of uncertainties. In the practice of the system analysis methodology, methods of solving these problems on the basis of modeling are usually applied. The main approach is to decompose large systems based on structural and/or functional paradigms, which allow considering the resulting components as objects for modeling. When designing the spaceport ACS, the need arises to optimize design solutions. To optimize the design parameters of this system, a concept based on a simulation model is proposed.

Введение

Инструментами системной инженерии в первых проектах часто были различные математические методы, среди которых можно отметить: численные методы оптимизации, методы математической статистики, теория игр и др. Тем не менее практика проектирования больших АС и достижения информационных технологий (ИТ) позволили описывать поведение объектов исследований с помощью такого мощного аппарата, как имитационное моделирование (ИМ). Не так редко оказывается, что ИМ становится единственным возможным способом получить представление о поведении сложной системы и провести её анализ. АСУ космодрома – это большая система [8], в узлах которой расположены центры принятия решений, связанные информационными потоками и оперирующие силами и средствами из состава государственных, военных и муниципальных учреждений. Одной из ключевых особенностей подобных решений является то, что они предполагают интеграцию деятельности всех служб и систем регионального и техногенного комплекса, каковым, прежде всего, является Космодром, в едином операционном и информационном контексте.

Целью АСУ космодрома (АСУК) является повышение качества управления сложным техногенным комплексом, в структуру которого входят органы оперативного управления, диспетчерские службы и подразделения, в т.ч. аварийно-спасательные формирования (АСФ) различных государственных, ведомственных и муниципальных структур; повышение оперативности реагирования на различные ситуации, или предотвращение вероятности (угрозы) их возникновения; повышение качества информированности этих служб и координации их совместных действий. В свою очередь, АСУК предназначена для технического и информационного сопровождения принятия решения, координации действий служб посредством создания единого организационно-технического механизма, основанного на современных технологиях обработки, передачи и представления данных, использовании высокопроизводительных вычислительных и программных комплексов, а также средств космической спутниковой навигации, геоинформационных систем и других технологий.

Главным ключевым показателем эффективности функционирования АСУК является время реагиро-

2-2019.indd 56 14.06.2019 16:59:18

вания эксплуатационных подразделений, аварийно-спасательных формирований и других служб на события повседневного, чрезвычайного и комплексного характера.

Проблема заключается в том, что организация таких систем не имеет под собой однозначной структурной реализации и определяется множеством факторов (наличие каналов связи, уровень автоматизации дежурных служб, взаимодействие ведомств, уровень финансового обеспечения и т.д.). Кроме того, проектные решения в этой ситуации тесно связаны с декомпозицией общей задачи в контексте структурно-функциональной и компонентной иерархии, узлами которой являются дежурные диспетчерские службы (ДДС) и центры управления (ЦУ) объектами космодрома.

Задача проектирования данной структуры до сегодняшнего дня содержит во многом элементы неопределённости. Например, цифровые значения для ресурсов эксплуатационных подразделений и аварийно-спасательных формирований (АСФ), собственно от которых зависит и их оснащение, и многие другие характеристики в целом, в проектной документации не имеют под собой какого-либо научного обоснования. Обычно принято использовать данные, получаемые на основе сравнительных или экспертных оценок из истории функционирования уже имеющихся реализаций. Практика показывает, что подобные подходы не являются достаточным основанием для определения параметров проектируемой системы, поэтому нередко подобные решения приводят к краху проекта, неоптимальному использованию имеющихся финансовых, материальных, кадровых и иных средств. Авторы предлагают концепцию построения имитационной модели, с помощью которой можно будет получать адекватные рекомендации для обоснования проектных решений.

Общее описание структуры АСУ космодрома

Космодром представляет собой сложный техногенный комплекс, объекты которого распределены на территориях, по масштабу сопоставимых с площадью области или даже региона:

– космическая инфраструктура «стартовые комплексы и пусковые установки; командно-измерительные комплексы; центры и пункты управления полётами космических объектов; пункты приёма, хранения и обработки информации; базы хранения космической техники; районы падения отделяющихся частей космических объектов; полигоны посадки космических объектов и взлётно-посадочные полосы; объекты экспериментальной базы для отработки космической техники; центры и оборудование для подготовки космонавтов; другие наземные сооружения и технику, используемые при осуществлении космической деятельности» [7];

– «системы энерго-, водо-, тепло- снабжения, систему транспортных (железнодорожных, шоссейных, грунтовых дорог) и инженерных коммуникаций» [9];

<table>
<tr><td colspan="3">Ситуационный центр (СЦ)</td></tr>
<tr><td colspan="3">Средства отображения и обработки информации</td></tr>
<tr><td>Аналитики по направлениям</td><td>ЦОВ</td><td>СППР</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="5">Общая интеграционная шина, IPC: Sockets, RPC, RMI, COM/DCOM…</td></tr>
<tr><td>АСПП[1]</td><td>АСУ ТП</td><td>АСУ ТП</td><td>АСУ ТП</td><td>OSS/BSS</td></tr>
<tr><td>Объекты космической инфраструктуры</td><td>Объекты муниципального образования</td><td>Инженерные коммуникации</td><td>Объекты транспортной инфраструктуры</td><td>Объекты телекоммуникационной инфраструктуры</td></tr>
<tr><td colspan="5">Диспетчерские дежурные службы</td></tr>
<tr><td colspan="5">Ремонтно-восстановительные бригады, АСФ, ЭОС</td></tr>
</table>

Рис. 1. Общая структура АСУ космодрома

[1] Автоматизированная система подготовки к пуску[5]

2-2019.indd 57 14.06.2019 16:50:48

– места проживания персонала, который обеспечивает безопасную и надёжную эксплуатацию и развитие этой инфраструктуры в рамках организационных, научно-испытательных и эксплуатационных подразделений.

Верхний уровень координации и управления обеспечивает ситуационный центр (СЦ), который оснащается центром обработки вызовов/сообщений (ЦОВ), системой поддержки принятия решений (СППР), геоинформационной системой и другими техническими средствами и программным обеспечением, поддерживающими необходимую платформу для работы групп аналитиков и в случае необходимости – для кризисного штаба.

Общая интеграционная шина обеспечивает интеграцию АСУ (АСУ ТП) объектов космодрома с интерфейсами СППР и другими подсистемами СЦ.

Объекты управления, как правило, оснащаются специализированными АСУ ТП, поддерживающими процессы в рамках специфических задач.

Дежурные диспетчерские службы (ДДС) – это специализированные структуры, которые обеспечивают управление соответствующими дежурными подразделениями в рамках решения проблем возникающих в определённых ситуациях или в ходе мероприятий технического, а также кризисного и чрезвычайного характера, например транспортировка ракетоносителя из МИКа на старт, обрыв телекоммуникационного кабеля, разлив высокотоксичных компонентов топлива, взрыв на стартовой площадке и т.д. К дежурным службам также относятся экстренные оперативные службы (ЭОС) скорой медицинской помощи, полиции, аварийно-спасательных формирований. Если состояние процесса не выходит за границы, определённые технологическим циклом, то им занимается соответствующее эксплуатационное подразделение, в противном случае, или если возникает ситуация, лежащая вне зоны ответственности этого подразделения, привлекаются соответствующие ДДС. Аналитические группы СЦ или кризисный штаб (в зависимости от ситуации) осуществляют общую координацию.

Схема общего операционного процесса на уровнях ситуационного центра или дежурных служб представлена на рис. 2.

Следует отметить, что представленная схема отражает наиболее общий подход, структурная реализация которого будет зависеть от ряда факторов, например следующих:

1. Характер взаимоотношений между государственными корпорациями (Роскосмос, ПАО «Россети», Спецстрой, Ростелеком и т.д.) и ведомствами центрального подчинения (МО, МВД и т.д.), степень влияния на процессы в данный момент каждого из них.

2. Полномочия и авторитет главного должностного лица – начальника космодрома или лица выполняющего его обязанности.

3. Уровень взаимодействия с местными региональными властями и степень их заинтересованности в развитии проекта.

4. Состояние инфраструктуры региона (каналы связи, оснащение средствами вычислительной техники, электрогенерация и распределительные сети, железнодорожная и автомобильная инфраструктура и т.д.).

5. Уровень финансирования, государственного, по линии отдельных ведомств, региональный бюджет.

6. Наличие в каждом из перечисленных ведомств локальных решений и их адаптивность в смысле *Inter Process Communication (IPC)*.

7. Готовность локальных центров управления переходить на унифицированное решение и наличие ресурсов для этого.

8. Наличие подготовленных кадров и многое другое.

От этого зависят варианты построения структуры управления.

На рис. 1. серым цветом выделена область, в рамках которой рассматриваются вопросы моделирования. Наиболее общее схематичное представление задачи управления космодромом может выглядеть так, как это показано на рис. 3.

X – вектор описания начального состояния системы;

Y – вектор описания состояния системы после преобразования F;

U – вектор управляющих воздействий;

W – вектор воздействия внешних факторов.

$X = \{x_i\}$, $i = 1..N$, N – количество объектов управления x_i – вектор начального состояния каждого из объектов;

$U = \{u_j\}$, $j = 1..N$, u_j – вектор управления каждого из объектов;

$Y = \{y_k\}$, $k = 1..N$, y_k – вектор конечного состояния каждого из объектов управления;

$F(X,U,R,W)$ – функция преобразования начального/входного состояния в конечное под воздействием управления U и внешних факторов W с использованием ресурсов, описываемых вектором R. При детализации функции управления больших систем обычно

Рис. 2. Основной операционный процесс управления

2-2019.indd 58 14.06.2019 16:59:18

прибегают к редукции F, например до уровня объекта (объекта управления – ОУ). Рассмотрим схему управления объекта инфраструктуры космодрома (рис. 4).

Здесь принимаем, что $F = \{F_i\}$, где под F_i понимается функция управления каждого из объектов (рис. 1).

$$F_1(X_1,U_1,R_1,W_1)= Y_1$$

На вход АСУ ТП объекта поступает вектор состояния ОУ $X_1=\{x_j\}$ $j = 1..M$, в техническом смысле это вектор параметров объекта управления, например $x_1 = p_1$ – давление в камере, $x_2 = t_1$ – температура, $x_3 = v_1$ – объём закаченного топлива и т.д.

АСУ ТП вырабатывает некий вектор управления $U = \{u_k\}$, $k = 1..N$, для того чтобы продолжить процесс и привести ОУ в состояние Y_1, при этом используются ресурсы, описываемые вектором $R_1 = \{r_s\}$, $s = 1..E$, где, например, r_1 – это может быть условно объём топлива, r_2 – объём кислорода и т.д.

При этом на каждом цикле управления система управления будет проверять соответствие фактического Y_1 неким эталонным значениям Y^*, т.е. будет вычисляться вектор $\Delta Y = |Y_1 - Y^*|$. Если ΔY – выходит далеко за рамки допустимых значений ($\Delta Y >> \Delta Y'$), т.е. ситуация становится неуправляемой с точки зрения возможностей данной АСУ ТП, то вырабатывается сигнальный вектор (сообщение) X'_1, который по каналам связи автоматически или вручную передаётся во вне, т.е. в ситуационный центр или непосредственно

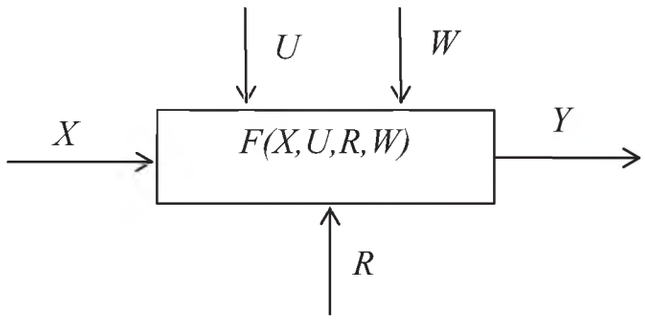

Рис. 3. Обобщённое схематичное представление задачи управления АСУ космодрома

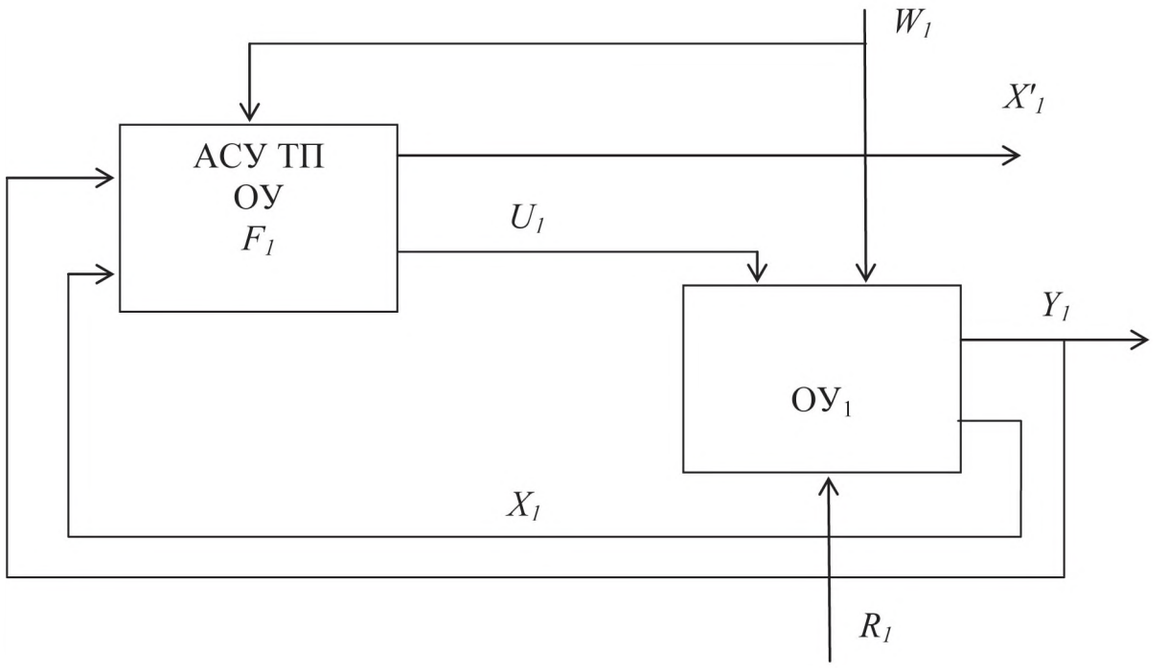

Рис. 4. Схема управления объекта инфраструктуры космодрома

2-2019.indd 59 14.06.2019 16:50:49

в дежурную службу или в оба эти объекта одновременно. Структура этого сообщения обычно представляет собой следующий кортеж

$$<T_p, O, t, x, y, c>, \quad (1)$$

где T_p – тип события («пожар», «разлив токсичного вещества», ...),

O – идентификатор объекта, где происходит событие,

t – время фиксации события,

x, y – координаты события,

c – дополнительная информация.

С помощью вышеизложенного материала детализируем концепт, представленный на рис. 1, и получим схему рис. 5.

Иными словами, на рис. 5 получена схема управления дежурными диспетчерскими службами АСУ космодрома, где:

X'_1 – вектор, описывающий событие, требующее реакции со стороны центра, X'_2 – вектор, описывающий событие, требующее реакции со стороны ДДС непосредственно.

$R = \{R_p, T\}$ – ресурсы реагирования, где R_p – вектор средств реагирования, описываемый кортежем $<typ, ort, x, y, st, c>$, здесь typ – тип средства («мобильная рем. бригада», «цистерна», «бригада скорой помощи», «аварийно-спасательное формирование» и т.д.), ort – место дислокации («подстанция 1»), x, y – координаты, st – состояние («на месте дислокации», «следует к месту события», «на месте события», «вне службы»), c – дополнительная информация.

T – вектор, определяющий время прибытия к месту события ресурсов реагирования.

T^* – вектор временных нормативов для реагирования по каждой ДДС;

U_p – вектор управляющих реакций ситуационного центра $<typ, o, ort, x, y, c>$, где typ – тип средства реагирования, o – объект события, x, y –координаты события и т.д.

W – вектор внешних воздействий, зависящий от факторов, описанных ранее.

Составим систему:

$$\begin{cases} F_p(X'_1, X'_2, R, U_p, W) \to \arg\min(R_p) = R_p^* \\ T \le T^*, R = \{R_p, T\} \end{cases} \quad (2)$$

Таким образом, (2) означает, что критерием решения задачи является нахождение экстремума функционала $F_p(X'_1, X'_2, R, U_p, W) \to \arg\min(R_p) = R_p^*$. Иными словами, необходимо найти значения вектора R^*_p, при которых обращается в минимум целевая функция $F_p(X'_1, X'_2, R, U_p, W)$, где $R = \{R_p, T\}$, удовлетворяющие следующим ограничениям:, $T \le T^*$, т.е. определить оптимальное количество ресурсов реагирования в дежурных диспетчерских службах при этом время реакции этих ресурсов (прибытие на место события) T не должно превышать заданных нормативов T^*, т.е. $T \le T^*$ и $R = \{r_i\}$ и $r_i > 0$.

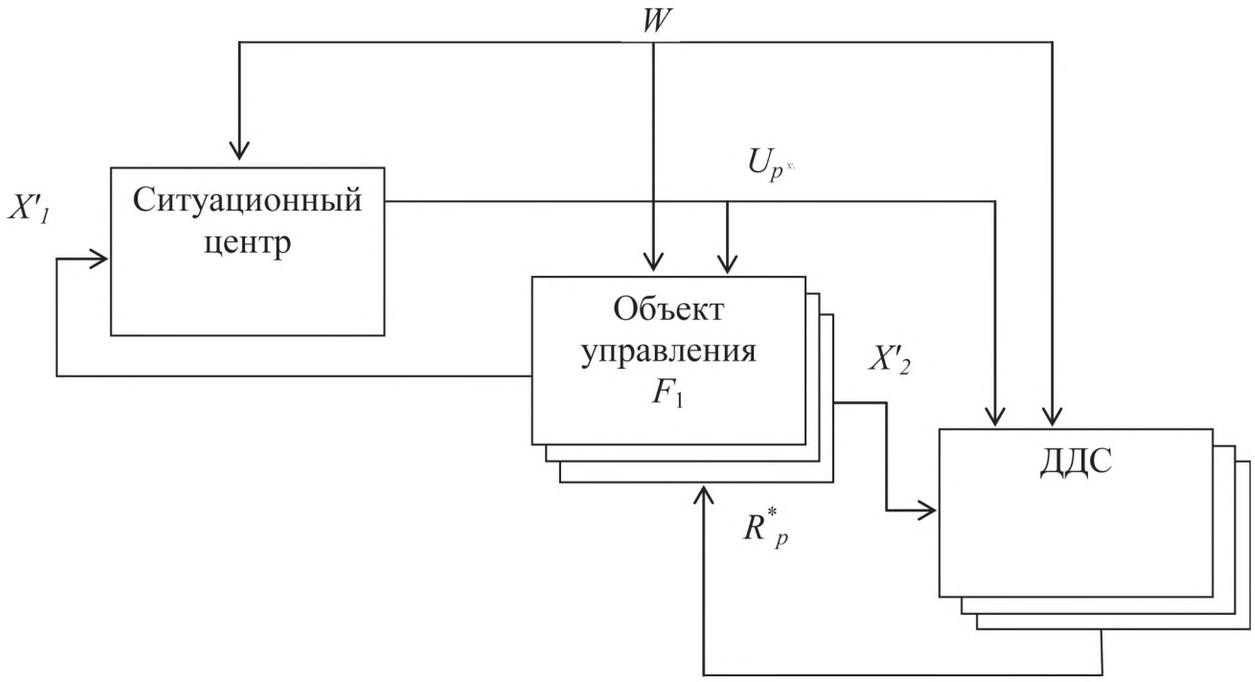

Рис. 5. Схема функционирования АСУ космодрома

2-2019.indd 60 14.06.2019 16:59:19

Следует отметить, что ключевым показателем эффективности (КПЭ/KPI) является время реагирования. Оно не должно превышать заданных нормативов при минимально возможном количестве ресурсов реагирования.

Рассмотрим подробнее, что собой представляют некоторые переменные функционала (2). Например, значения вектора W, который должен характеризовать некий комплекс внешних воздействий, связанный с рассмотренными факторами, не имеют какой-то чёткой численной или алгебраической интерпретации. Следовательно, известные численные методы решения системы (2) здесь вряд ли применимы. Векторы X'_1, X'_2, U_p, R_p – по существу, это не что иное, как формализованные сообщения, которыми обмениваются по каналам связи объекты системы. Данные этих сообщений фиксируются в базе данных (БД) одной из подсистем АСУ. С точки зрения теории множеств они представляют собой кортежи (1).

Поэтому модель АСУ космодрома можно рассматривать как систему массового обслуживания (СМО), состоящую из источников поступления сообщений (заявок), серверов обработки этих заявок, объединённых в определённой конфигурации каналами передачи информации (заявок).

На рис. 6 представлена общая схема этой СМО. Конечно, необходимо учитывать, что в данном случае каждая ДДС имеет свой собственный центр обработки вызовов и может принимать, обрабатывать и перенаправлять заявки во все другие службы. Т.е. схема максимально избыточна и полностью децентрализована. На самом деле варианты могут быть разные.

Необходимо построить имитационную модель СМО (рис. 6), состоящую из нескольких серверов обработки заявок с очередью, объединённых каналами обмена информацией (заявками), при этом эти серверы могут получать заявки из внешних источников. Каждая заявка считается обслуженной, если она получает единицу ресурса r_i. Для построения имитационной модели СМО необходимо идентифицировать вероятностные законы поступления заявок на обслуживание и их характеристики, например интенсивность поступления заявок λ, по статистической информации из базы данных. Кроме того, необходимо идентифицировать вероятностные законы распределения и параметры обслуживания заявок в каждом из серверов (объектов), например в простейшем случае μ – интенсивность обслуживания. Эксперименты на имитационной модели позволят определить оптимальное количество ресурсов в каждом из объектов (r^*_i), которое необходимо для выполнения задачи по обслуживанию заявок таким образом, чтобы среднее время обслуживания заявок t_i, не превышало нормативных ограничений для каждого из объектов (дежурных диспетчерских служб), как сформулировано в (2).

Таким образом, мы описали модель функционирования АСУК как систему массового обслуживания, теперь реализуем эту систему в среде имитационного моделирования *AnyLogic* [12].

Реализация имитационной модели АСУ космодрома

Базовая имитационная модель узлового функционального компонента

Как показано на рис. 6, система состоит из дежурных диспетчерских служб и центров управления, которые можно считать её базовыми функциональными элементами. В терминологии международной концепции C4I[13]

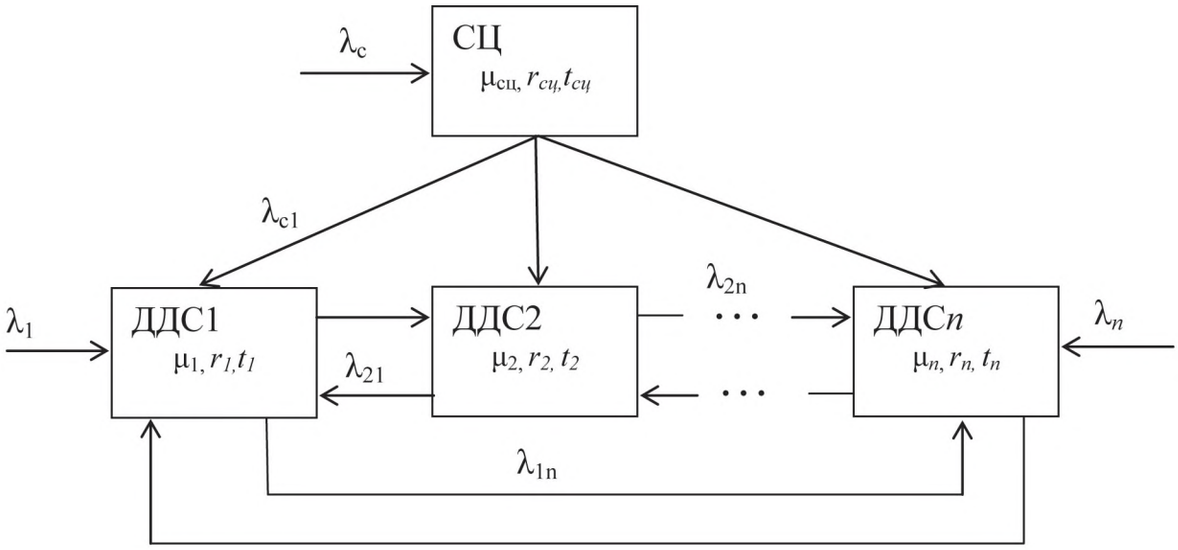

Рис. 6. Модель АСУ космодрома как система массового обслуживания

2-2019.indd – 61 14.06.2019 – 16:50:50

эти элементы обобщённо определяются как *Command Control Center* (ССС). Моделирование основного операционного процесса ССС (рис. 2) предлагается выполнить с применением дискретно-событийного подхода на основе библиотеки стандартных классов системы моделирования *AnyLogic*. *AnyLogic* основана на объектно-ориентированной парадигме и предоставляет следующие инструменты для моделирования СМО:

– источники событий,
– очереди,
– серверы обработки и т.д.

Выделим в качестве основных вероятностных характеристик базовой имитационной модели рассматриваемого функционального узла (ССС) интенсивность входного потока заявок – длины интервалов между обращениями пользователей в ЦОВ одного из ССС; временные характеристики обработки заявок – действия служб. Для идентификации каждого из указанных параметров необходимо предусмотреть следующие шаги: предварительный выбор семейства теоретического распределения; оценка параметров (положения, масштаба и формы) этих распределений; проверка гипотезы о правильности сделанного выбора; верификация полученных результатов с помощью сравнения расчетных и реальных данных, используя статистику по одному из узлов.

Эксперимент по оценке интенсивности входного потока заявок

Сначала из исходного временного ряда необходимо выделить достоверную компоненту. На графике (рис. 7) представлены длины интервалов между поступлением заявок одного из ССС за год.

В соответствии с теоретическими рекомендациями логично принять за первоначальную гипотезу о вероятностном распределении длин интервалов между поступлением заявок в ЦОВ предположение об экспоненциальном характере этого распределения.

Используем пакет программ *STATISTICA* для проверки указанных гипотез. Этот инструментарий

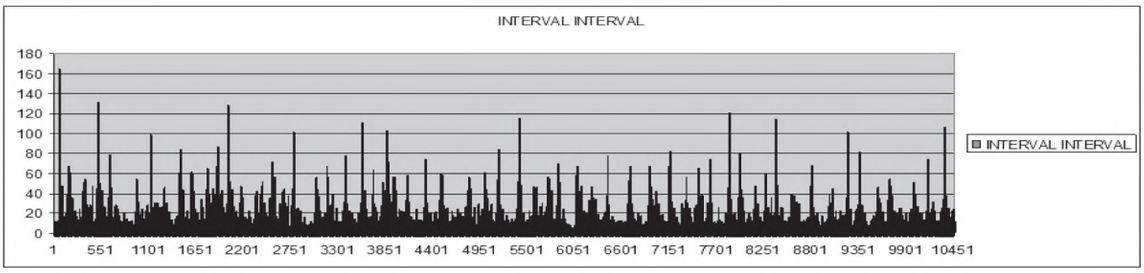

Рис. 7. Исходный временной ряд поступления заявок

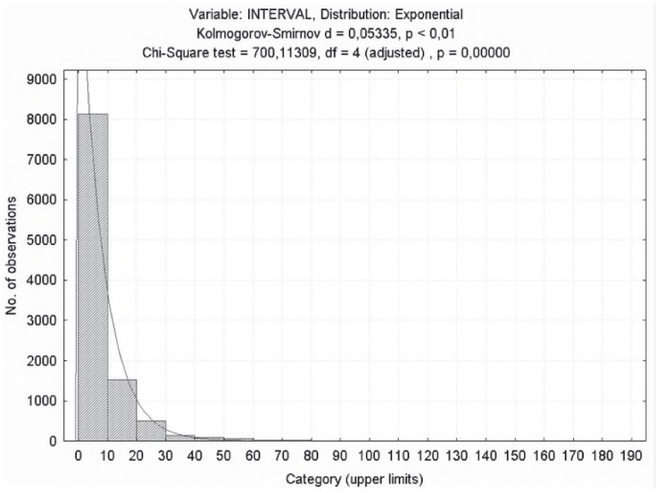

Рис. 8. Гистограмма плотности распределения вероятностей интервалов между поступлением заявок в ДДС (ССС)

2-2010.indd 62 14.06.2010 16:59:50

позволяет анализировать с помощью критерия Колмогорова-Смирнова гистограммы плотности распределения интервалов между поступлением заявок (рис. 8). Таким образом, получаем среднее значение интервалов между поступлением заявок равное 7,8 мин., дисперсию интервалов поступления 10,12, значение критерия Колмогорова-Смирнова 0,05335. Гипотеза об экспоненциальном распределении подтверждается.

Как известно, плотность вероятности этого распределения описывается формулой:

$$p(x) = \lambda e^{-\lambda x} \tag{3}$$

Эксперимент по оценке временных характеристик обработки заявок

С точки зрения наилучшей применимости гамма-распределение является наиболее «подозрительным» законом для оценки параметров вероятностной переменной типа «длительность интервалов обслуживания». Случайная величина x имеет гамма-распределение, если ее плотность такова [14]:

$$f(x,a,b) = \begin{cases} \dfrac{1}{\Gamma(a)} x^{a-1} b^{-a} \exp\left\{-\dfrac{x}{b}\right\}, x > 0 \\ 0, x \le 0 \end{cases} \tag{4}$$

где a – параметр формы, b – параметр масштаба, $\Gamma(a)$ – гамма-функция:

$$\Gamma(a) = \int_0^\infty x^{a-1} e^{-x} dx \tag{5}$$

Масштабный параметр b и параметр формы a этого распределения связаны между собой системой уравнений [15]:

$$\begin{cases} ab = M(x) \\ ab^2 = D(x) \end{cases} \tag{6}$$

$M(x)$ – матожидание;

$D(x)$ – дисперсия.

Соответственно оценки параметров имеют вид:

$$\hat{a} = \frac{(\overline{x})^2}{s^2}, \hat{b} = \frac{\overline{x}}{\hat{a}} = \frac{s^2}{\overline{x}}, \tag{7}$$

где s_2 – выборочная дисперсия, $\overline{x}$ – выборочное среднее.

При проверке гипотез на имитационной модели ДДС (ССС) получаем отклонение от реального количества заявок за такой же период в следующем году не более 10%. На рис. 10 хорошо видно, что модельные графики плотности вероятности обслуживания заявки и интервалов поступления заявок практически полностью совпадают со статистическими.

Типовая универсальная модель ДДС на основе анализа данных входного потока

Если в системе массового обслуживания (рис. 6), предусмотреть классификацию заявок по степени сложности обслуживания (реагирует одна служба, реагирует несколько служб и каких см.), тогда можно выделить из общего потока заявок, так называемые «подпотоки», которые генерируют заявки соответствующих типов в смежные ДДС.

Идентификация законов распределения для интервала обслуживания каждого из выделенных типов подпотоков осуществляется по уже рассмотренному выше принципу (рис. 11).

Типовая модель ДДС (ССС) реализуется как базовый класс *AnyLogic* с расщеплённым входным потоком и с выходом, порождающим заявки к узлам ССС1, ССС2, ССС3 (рис. 12). Она позволяет проверить гипотезу о том, что модель центра обработки вызовов с расщеплением входного потока заявок по типам будет адекватной в смысле формирования итогового потока модели без расщепления. Модель реализует базовый универсальный шаблон/класс *ComplexSource* в системе *AnyLogic*. Сложный объект, описывающий

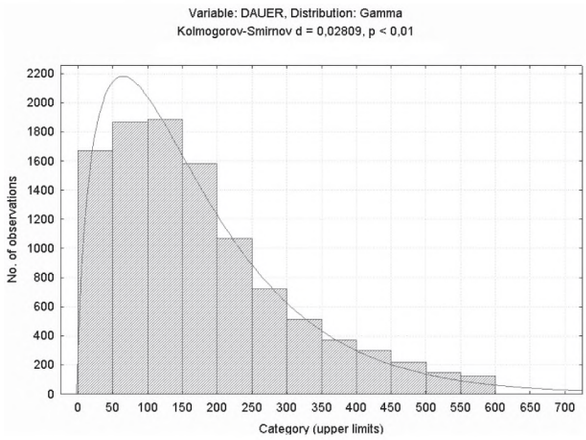

Рис. 9. Гистограмма плотности распределения вероятностей обработки заявок в ДДС (ССС)

2-2019.indd 63 14.06.2019 16:50:50

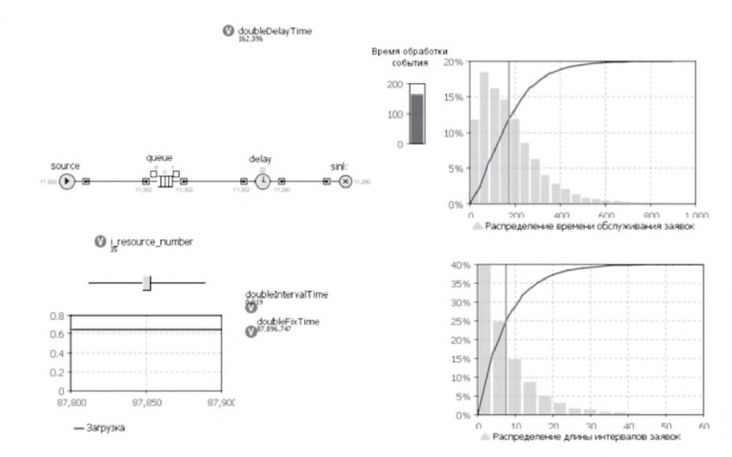

Рис. 10. Эксперимент по проверке гипотезы об адекватности имитационной модели

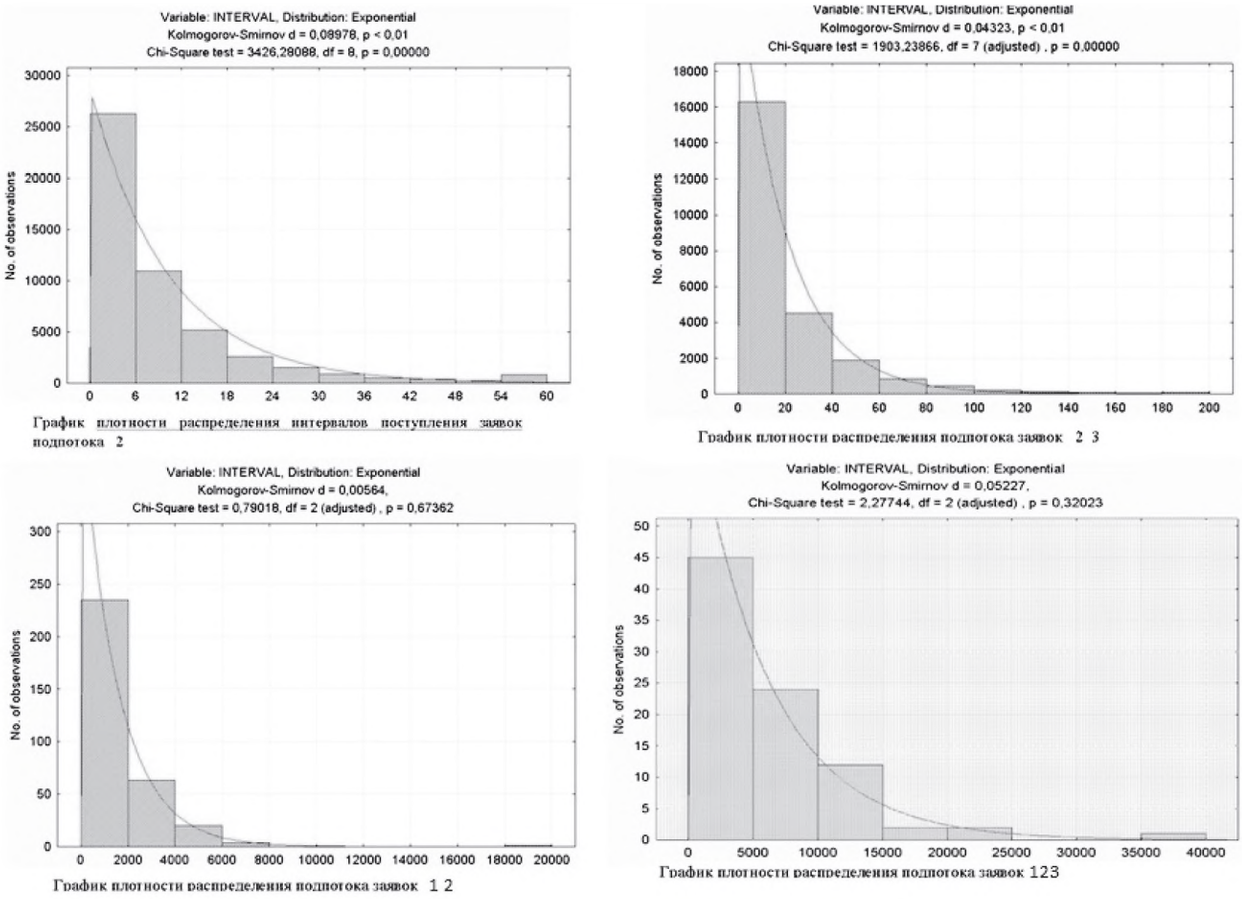

Рис. 11. Идентификация законов распределения «подпотоков» по типам заявок

2-2019.indd 64 14.06.2019 16:59:51

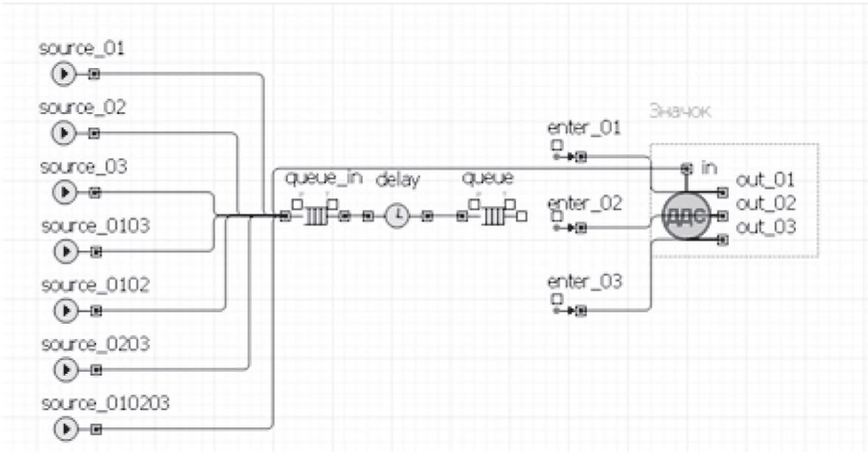

Рис. 12. Типовая модель ДДС (ССС) с расщеплённым входным потоком – класс ComplexSource

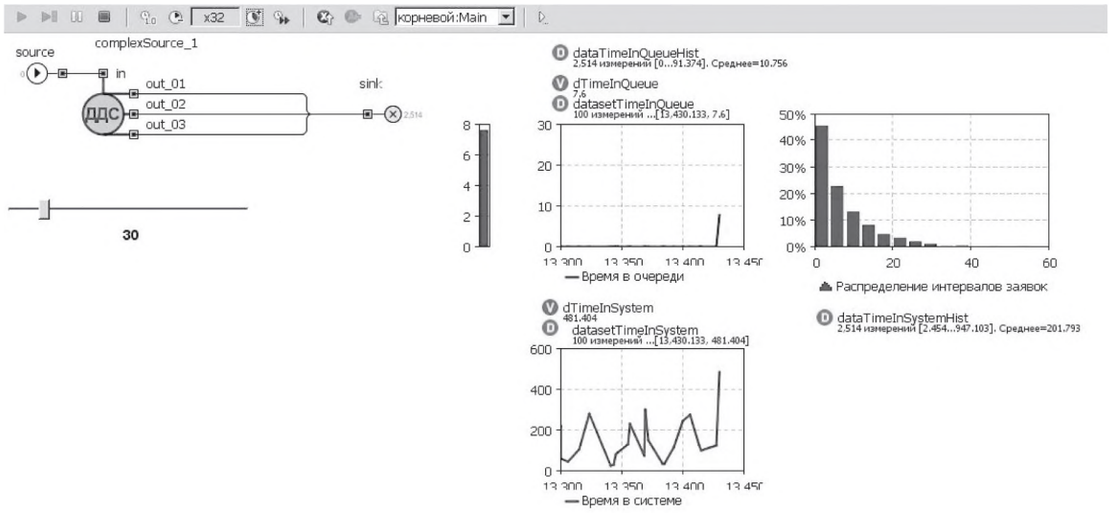

Рис. 13. Эксперемент – подтверждение гипотезы адекватности универсальной комплексной модели ССС

центр обработки вызовов с несколькими источниками, представляется на уровне презентации обобщённо в виде значка «ДДС». Класс этого объекта формируется наследованием от класса *ComplexSource*, представленного средствами графического моделирования на рис. 12. Каждый из источников формирует подпоток определённого типа с интенсивностью экспоненциального закона распределения, которые были выделены и идентифицированы выше. Эксперимент подтверждает, что расщепление потока заявок на классы с соответствующими параметрами распределения не приводит к изменению параметров распределения исходного (совокупного) потока (рис. 13).

Также необходимо отметить, что совокупность заявок всех представленных типов в точности составляет исходный статистический поток. В правой верхней части рис. 13 имеется гистограмма распределения плотности вероятности интервалов поступления сообщений на входе в общую очередь. Если сравнить её с графиком, представленным на рис. 10 (правый нижний угол), то отчётливо видно, что это практически аналогичные распределения с одинаковыми параметрами.

Реализация имитационной модели АСУ космодрома

В качестве узловых объектов используются сущности, классы которых наследуются от базового класса ДДС (ComplexSource) (рис. 12). С подробным описанием модели можно ознакомится в [9]. Графический уровень ИМ

2-2019.indd 65 14.06.2019 16:50:51

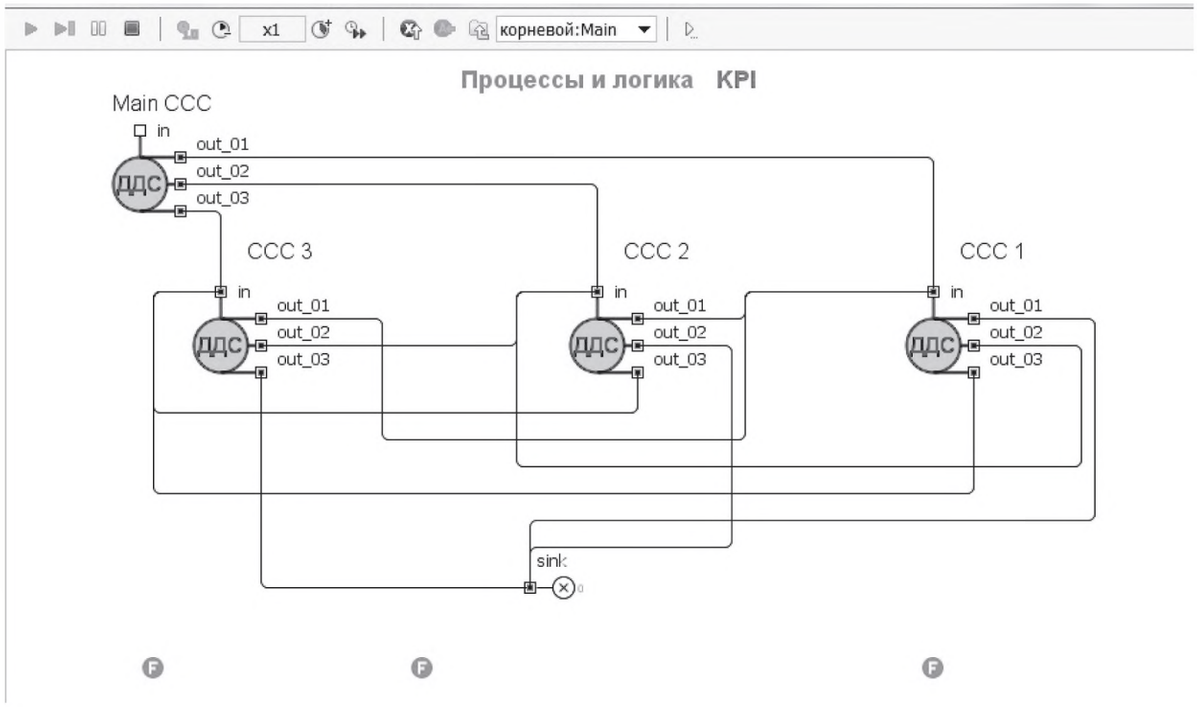

Рис. 14. Графический уровень представления структуры ИМ АСУ космодрома

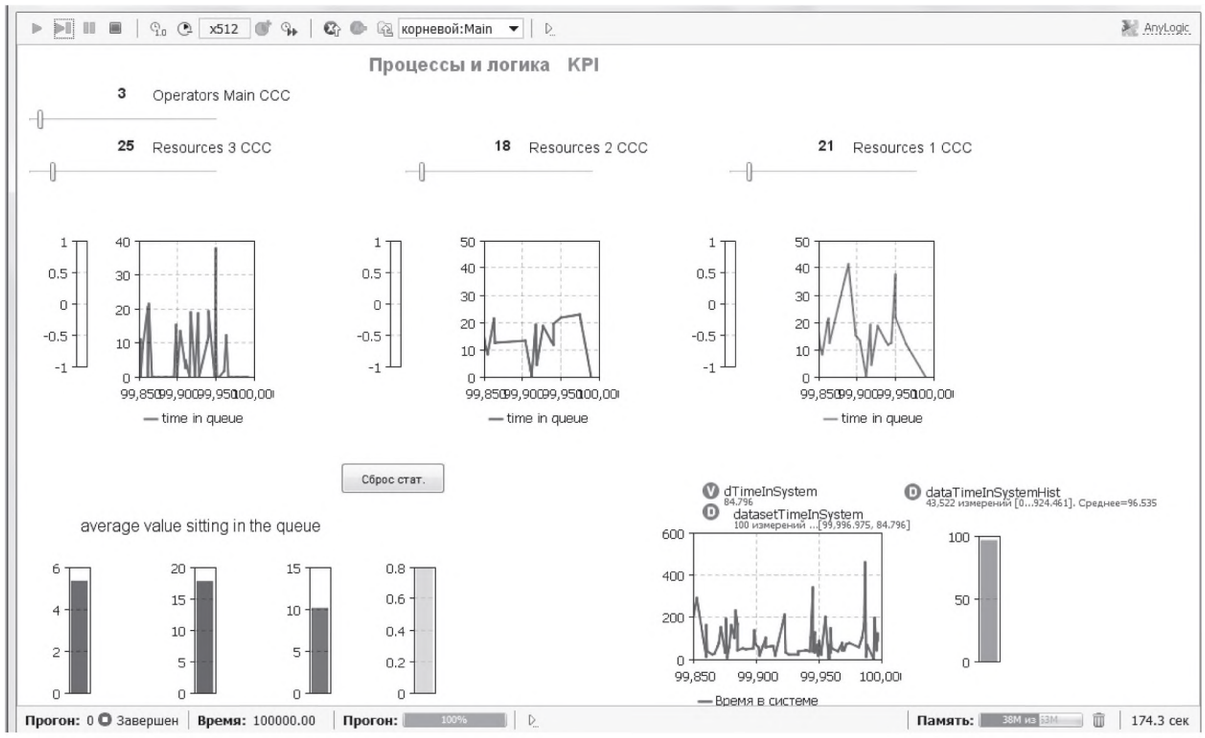

Рис. 15. Эксперимент – оптимизация ресурсных значений ССС с помощью графического представления ИМ Системы

2-2010.indd 66 14.06.2010 16:59:51

Системы позволяет подбирать оптимальные ресурсные значения для каждого ССС, манипулируя значениями с помощью элементов управления так называемых «бегунков» (рис. 15).

Таким образом, предложенная имитационная модель даёт возможность найти научное обоснование финансовому, материальному и техническому обеспечению определённого количества сил и средств в структурах, выполняющих задачи по обеспечению безопасного и правильного функционирования всей инфраструктуры космодрома в рамках имеющихся ограничений для выполнения ключевых показателей эффективности.

Представленный материал выполнен на основе обобщения опыта ряда проектов (в России и за рубежом) больших автоматизированных систем, среди которых: АС регионального и муниципального уровня, АС крупных спортивных мероприятий международного и государственного масштаба, ситуационные центры региональных и муниципальных правительств, ведомственных автоматизированных систем, в том числе в такой специфической области, к которой относятся органы государственной власти и управления.

Литература

1. Малышев, В. В. Методы оптимизации в задачах системного анализа и управления / В.В. Малышев. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010. – 440 с.

2. Razumov, D. Simulation Modelling as a Tool for Design and Development in Large-Scale Automated Systems Smart City Application in Terms of Lack of Statistical Information / D. Razumov, V. Aleshin // Advances in Systems Science and Applications (ASSA). – 2018. – No. 03. – P. 79–89.

3. Присяжнюк, С. П. Геоинформационная платформа для системы обеспечения безопасности жизнедеятельности региона / С.П. Присяжнюк // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2015). IX Санкт-Петербургская межрегиональная конференция (Санкт-Петербург, 28–30 октября 2015 г.): Материалы конференции, 2015. – С. 23.

4. Сравнительный многокритериальный анализ сложных технических и социальных систем в экономико-управленческом аспекте / Д.В. Панов [и др.] // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2016. – Т. 7, № 2. – С. 74–83.

5. Тарасов, А. Г. Системный подход к совершенствованию функционирования автоматизированной системы подготовки и пуска ракет космического назначения / А.Г. Тарасов // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. – 2014. – С. 204–209.

6. Макаров, М. И. Автоматизация процессов управления на космодромах в целях обеспечения надёжной и безопасной эксплуатации ракетно-космической техники и наземной космической инфраструктуры / М.И. Макаров, С.В. Павлов, В.Д. Куреев // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. – 2016. – Т. 8, № S1. – С. 6–13.

7. Об утверждении Положения по выполнению требований безопасности при эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры космодрома Байконур (ПВТБЭ-2012). Федеральное космическое агентство (Роскосмос). Приказ №135. Москва. 22 июня 2012 г.

8. Лернер, Л. Я. Начала кибернетики / Л.Я Лернер. – М., 1967. – 400 с.

9. Фёдоров, А. В. Основы устройства ракетно-космических комплексов. Учебное пособие / А.В. Федоров, Н.Д. Аникейчик. – СПб, 2012. – 243 с.

10. Разумов, Д. А. Использование имитационного моделирования для разработки больших АСУ для SmartCity / Д.А. Разумов, В.Д. Алешин // Труды X международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2017». Москва, 02–04 октября 2017. – С. 258–266.

11. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207–99. Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств – М.: Стандартинформ, 2011. – 99 с.

12. Боев, В. Д. Моделирование в AnyLogic. Пособие для практических занятий / В.Д. Боев. – СПб.: ВАС, 2016. – 412 с.

13. Designing Framework for the Interoperability of C4I Systems / Tazar Hussain [et al.] // IEEE explore. Digital library. International conference, 2014. URL : https://ieeexplore.ieee.org/document/6822312

14. Контроллинг в бизнесе. Методологические и практические основы построения контроллинга в организациях / А.М. Карминский [и др.] – М.: Финансы и статистика, 1998. – 256 с.

15. Орлов, А. И. Теория принятия решений. Учебное пособие / А.И. Орлов. – М.: Издательство «Март», 2004. – 656 с.

2-2019.indd – 67 14.06.2019 – 16:50:51