

## Обеспечение эффективного функционирования информационных подсистем автоматизированных систем управления сложными организационно-техническими объектами на основе процедур оперативного управления ресурсами информационных служб

Ensuring effective functioning of information subsystems of automated control systems for difficult organizational and technical objects on the basis of procedures of operational management of resources of information services

**Буренин / Burenin A.**

Андрей Николаевич

(constl@mail.ru)

доктор технических наук, доцент.

АО «Научно-исследовательский институт "Рубин"»,

главный специалист.

г. Санкт-Петербург

**Легков / Legkov K.**

Константин Евгеньевич

(constl@mail.ru)

кандидат технических наук.

ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского» МО РФ,

начальник кафедры.

г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: информационная подсистема – information subsystem; автоматизированная система управления – automated control system; модель управления – model of management; эффективность функционирования – efficiency of functioning; управление ресурсами информационных служб – resource management of information services.

В статье рассматриваются вопросы обеспечения эффективного функционирования информационных подсистем в составе автоматизированных систем управления сложными организационно-техническими объектами на основе организации оперативного управления ресурсами их информационных служб. Предложены подходы и изложены методы управления ресурсами информационных служб, позволяющие повысить эффективность их функционирования. Задача управления ресурсами служб информационных систем сейчас наиболее актуальна, что доказывает проект SOMN, привлечший этим летом инвестиций на 42 млн долларов.

Problems of ensuring effective functioning of information subsystems as a part of automated control systems for difficult organizational and technical objects based on the organization of operational management of resources of their information services are considered in article. Approaches are offered and the methods of management of resources of information services allowing increasing efficiency of their functioning are stated. The problem of resource management of services of information systems is most relevant now that is proved by the SOMN project, which attracted investments for 42 million dollars this summer.

### Введение

Во многих странах мира, для решения вопросов обороноспособности, безопасности и обеспечения правопорядка, создаются разнообразные сложные организационно-технические системы (СОТС), характеризующиеся эффективным функционированием в чрезвычайных условиях эксплуатации, когда возможны массивированные информационные, помеховые и разрушающие воздействия на них.

В целях гарантированного обеспечения эффективного функционирования СОТС в различных условиях эксплуатации (особенно в чрезвычайных), создаются системы управления ими, которые, как правило, являются автоматизированными (АСУ СОТС) с широким привлечением должностных лиц органов управления (ДЛ ОУ) СОТС к процессу выработки управляющих решений [1]. Для устойчивого функционирования самих АСУ СОТС в их составе создаются информационные подсистемы (ИПС), которые обеспечивают предоставление ДЛ ОУ СОТС и прикладным процессам в основе специального программного обеспечения комплексов средств автоматизации (СПО КСА) АСУ СОТС необходимых информационных услуг (ИУ), позволяющих оперативно и обосновано принимать правильные решения.

ИПС АСУ СОТС, как любая многофункциональная сложная система, также должна функционировать с заданными показателями эффективности и при этом быть устойчивой, т.е. обеспечивать заданную эффективность функционирования в условиях, когда как

сама СОТС, так и АСУ СОТС подвергается различным деструктивным воздействиям. Этого можно достичь только при организации эффективного управления уже самой информационной подсистемой АСУ СОТС. Поэтому для управления ИПС АСУ СОТС специально создаются комплексы средств автоматизации, объединенные в систему управления (СУ) ИПС. При этом на СУ ИПС возлагается решение целого ряда задач управления, который в соответствии с используемой для достаточно широкого круга сложных организационно-технических объектов моделью управления

NMS [1, 2], включает пять основных задач управления: управление функционированием [1, 2], управление структурой, управление устранением неисправностей и ошибок, управление ресурсами, управление безопасностью (рис. 1).

Особое место в комплексе задач управления ИПС АСУ СОТС (рис. 1) занимает задача управления ресурсами ИПС, которая фактически вырождается в задачу управления ресурсами информационных служб и позволяет получить максимально возможные (или требуемые) показатели эффективности функционирования ИПС



Рис. 1. Решение проблемы обеспечения эффективного функционирования ИПС АСУ СОТС на основе совершенствования процедур управления

и уровни предоставляемых информационных услуг (ИУ) при снижении (недопущении роста) общего потребляемого ресурса как при нормальной, так и в чрезвычайных условиях эксплуатации.

Актуальность задачи управления ресурсами информационных систем в настоящее время не вызывает сомнения, а подтверждением этого является новый проект SONM (Supercomputer Organized by Network Mining), который в июле 2017 года привлек инвестиций на 42 млн долларов.

SONM – это глобальная операционная система, которая представляет собой децентрализованный глобальный супер-компьютер для туманных вычислений, который имеет потенциал для включения любой вычислительной мощности, где бы она ни находилась (IoE, IoT). Глобальные Мировые вычисления, организованные с использованием этой системы, смогут выполнять абсолютно любое количество задач для научных вычислений с применением CGI-рендеринга. Определяющей особенностью SONM является децентрализованная открытая структура. SONM будет реализован с использованием SOSNA – Суперглобальной операционной системы с Net-Work Архитектурой для туманных вычислений (туманные вычисления – это модель, в которой для

обработки, хранения и анализа данных используются ресурсы различных устройств в сети интернет (персональных компьютеров, смартфонов, планшетов, бытовых приборов и так далее), а не центральных узлов сети).

Поскольку SONM полностью децентрализованная платформа, то у нее нет единого органа, который бы регулировал или осуществлял распределение вычислительных ресурсов по критерию максимального качества предоставляемых информационных услуг, что в целом понижает эффективность функционирования всей информационной сети.

### Формулировка задачи управления ресурсами ИПС АСУ СОТС

Как и многие другие задачи управления, задача управления ресурсами ИПС АСУ СОТС является достаточно сложной (в силу сложности самой информационной подсистемы АСУ СОТС) и предполагает разработку совокупности подходов и способов, применяемых последовательно или совместно (рис.2).

Как и при решении других задач управления ИПС АСУ СОТС, при управлении ее ресурсами необходимо, чтобы были достигнуты определенные цели:

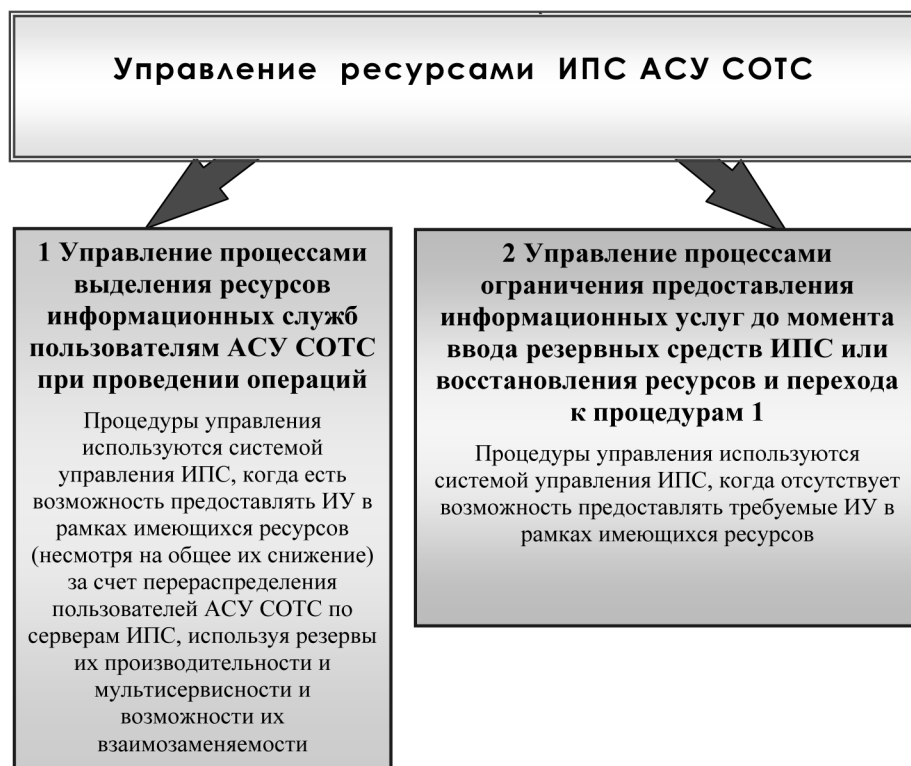


Рис. 2. Комплекс задач управления ресурсами ИПС АСУ СОТС

$$C_{IP} = \begin{cases} \rho_1 = b_1, \dots, \rho_p = b_p \\ f(\rho_1) = \zeta_1, \dots, f(\rho_p) = \zeta_p, \\ F_{IP}(\rho_1, \dots, \rho_p) \leq (\geq) Q_{IP} \end{cases} \quad (1)$$

где  $\rho = \{\rho_1, \dots, \rho_p\}$  – множество параметров ИПС АСУ СОТС, характеризующих ее ресурсы;

$f(\rho) = \{f(\rho_1), \dots, f(\rho_p)\}$  – множество функционально зависимых от параметров характеристик ИПС АСУ СОТС, определяющих ее функционирование;

$F_{IP}(\rho_1, \dots, \rho_p)$  – показатель эффективности ИПС АСУ СОТС.

Выполнение всех целей  $C_{IP}$  обеспечит условия для эффективного и устойчивого функционирования ИПС в целом и отдельных ее компонентов в различных условиях эксплуатации, в т.ч. в условиях воздействия на нее и систему управления ИПС комплекса естественных и преднамеренных воздействий (деструктивных воздействий, компьютерных атак, помех и т.д.) [4].

В плоскости управления ресурсами эффективность функционирования ИПС АСУ СОТС целесообразно задать некоторым функционалом

$$F(t, \mathbf{L}_{IP}, \mathbf{K}_{IPsr}, \mathbf{Re}_{IP}, \mathbf{U}_{funcIP}, \mathbf{U}_{ReIP}),$$

который зависит от фиксированных (невозмущенных) параметров и характеристик ИПС АСУ СОТС  $\mathbf{L}_{IP}$  (размеры и связность структуры ИПС, производительность серверов ИПС, пропускная способность виртуальных каналов, алгоритмы функционирования ИПС и обслуживания требований, надежность компонентов ИПС), от параметров внешних воздействий  $\mathbf{K}_{IPsr}$  (воздействия естественных помех, отказы технических средств ИПС, осуществляемые кибератаки на программно-аппаратные средства ИПС, деструктивные воздействия), от имеющихся ресурсов служб  $\mathbf{Re}_{IP}$ , от управления функционированием подсистемы  $\mathbf{U}_{funcIP}$ , а также от управления ресурсами  $\mathbf{U}_{ReIP}$ .

Рассматривая  $F(t, \mathbf{L}_{IP}, \mathbf{K}_{IPsr}, \mathbf{Re}_{IP}, \mathbf{U}_{funcIP}, \mathbf{U}_{ReIP})$  как функцию от управления ресурсами, можно утверждать, что выбор конкретного вектора  $\mathbf{U}_{ReIP}(t) = \mathbf{U}_{ReIP}^{fics}(t)$  обеспечит, при прочих равных условиях, вполне конкретное значение показателя эффективности ИПС АСУ СОТС, т.е.

$$F[t, \mathbf{L}_{IP}, \mathbf{K}_{IPsr}, \mathbf{Re}_{IP}, \mathbf{U}_{funcIP}, \mathbf{U}_{ReIP}^{fics}(t)] = F_{IP}^{fics}[\mathbf{U}_{ReIP}^{fics}(t)].$$

Поэтому решение задачи управления ресурсами ИПС АСУ СОТС сводится к поиску такого  $\mathbf{U}_{ReIP}(t) = \mathbf{U}_{ReIP}^{fics}(t)$ , для которого обеспечивается либо экстремальное значение  $F(t, \mathbf{L}_{IP}, \mathbf{K}_{IPsr}, \mathbf{Re}_{IP}, \mathbf{U}_{funcIP}, \mathbf{U}_{ReIP}^{opt})$ , либо значение показателя эффективности  $F(t, \mathbf{L}_{IP}, \mathbf{K}_{IPsr}, \mathbf{Re}_{IP}, \mathbf{U}_{funcIP}, \mathbf{U}_{ReIP}^{opt})$  не более (или менее) допустимого значения  $F_D$ .

Решение экстремальной задачи управления ресурсами – наилучшее управление  $\mathbf{U}_{ReIP}^{opt}$ , являющееся оптимальным управлением ресурсами ИПС АСУ СОТС, результатом которого является получение оптималь-

ного плана распределения ресурсов  $Pl_{IP}^{opt}(t)$ , наилучшего для сложившейся ситуации, при котором, при прочих равных условиях, обеспечивается экстремальное значение показателя эффективности.

Решение задачи, заданной в виде определенной квантили, – некоторое эффективное управление, результатом которого является получение целесообразного плана распределения ресурсов  $Pl_{IP}^C(t)$ , приемлемого для сложившейся ситуации, при котором, при прочих равных условиях, обеспечивается значение показателя эффективности ИПС не хуже требуемого уровня с заданной вероятностью.

И в том и другом решении задачи используется модель объекта управления (ИПС АСУ СОТС), представленная  $\langle \mathbf{L}_{IP}, \mathbf{K}_{IPsr}, \mathbf{Re}_{IP} \rangle$  и учитывается управляющий ресурс, выделяемый на управление ресурсами ИПС  $R_{U_{ReIP}}$ .

Если СОТС функционирует в условиях незначительных внешних воздействий, когда изменения в общем ресурсе информационных служб ИПС не существенны и есть возможность маневрировать существующими ресурсами (перераспределением ресурсов) ИПС, то задача управления ресурсами сводится к задаче 1 (рис. 2) – управление процессами выделения ресурсов информационных служб для проведения той или иной операции управления СОТС

Если СОТС функционирует в чрезвычайных условиях (существенные изменения в структуре и снижение ресурсов служб ИПС АСУ СОТС), то необходимо применять другие процедуры, направленные на управление процессами ограничения предоставления информационных услуг до момента ввода резервных средств ИПС или восстановления ресурсов и перехода к процедурам 1, т.е. управление сводится к задаче 2 (рис. 2).

И для первого и для второго случая, ресурсы всех информационных служб ИПС АСУ СОТС целесообразно задать множеством разнородных параметров  $\mathbf{Re}_{IP}(t - \Delta t_{usr}) = \{\mathbf{re}_i(t - \Delta t_{usr})\} \forall i = 1, \dots, l$ . Тогда показатель эффективности ИПС представляется следующим образом:

$$F(t, \mathbf{L}_{IP}, \mathbf{K}_{IPsr}, \mathbf{re}_1(t - \Delta t_{usr}), \dots, \mathbf{re}_l(t - \Delta t_{usr}), \mathbf{U}_{funcIP}, \mathbf{U}_{ReIP}) = f_{Str}[F_1(\mathbf{re}_1(t - \Delta t_{usr})), \dots, F_l(\mathbf{re}_l(t - \Delta t_{usr}))] \quad (2)$$

С учетом (2) формулировка общей задачи организации управления множеством параметров, характеризующих ресурсы служб ИПС АСУ СОТС, хотя и существенно конкретизируется, но получить ее решение, в силу чрезвычайной большой ее размерности (множество параметров задающих ресурсы ИПС) и существующей неопределенности (степень влияния вектора  $\mathbf{K}_{IPsr}$  на множество параметров  $\mathbf{Re}_{IP}(t) = \{\mathbf{re}_i(t)\}$  непонятна), методами многокритериальной оптимизации (по Парето или по интегральному критерию [5, 6, 7]) невозможно. По тем же причинам, задача, связанная с выбором управления, обеспечивающего квантиль значения показателя

теля эффективности, которую формулируют тогда, когда оптимизационная постановка неразрешима, и предполагающая непосредственный синтез управления ресурсами ИПС АСУ СОТС, гарантирующего значение показателя ее эффективности не хуже заданного с вероятностью не ниже допустимого значения, также практически неразрешима.

Поэтому решение общей задачи целесообразно осуществлять отдельно для выбора процедур управления процессами выделения ресурсов информационных служб пользователям АСУ для проведения управляющей операции над объектом СОТС (процедура 1 рис.2) и для выбора процедур управления процессами ограничения предоставления информационных услуг до момента ввода резервных средств ИПС или восстановления ресурсов и перехода к процедурам 1, т.е. отдельно решать задачу 2 (рис. 2).

### Формализация процессов управления ресурсами информационных служб ИПС АСУ СОТС

В обобщенном виде управление параметрами информационной подсистемы для процессов выделения ресурсов информационных служб пользователям АСУ СОТС основано на определении наилучших вариантов получения требуемых ИУ множеством потребителей услуг, обеспечивающих с одной стороны требуемую эффективность функционирования подсистемы, а с другой – эффективность проведения той или иной специальной операции СОТС, с учетом функциональной принадлежности информационных услуг, обеспечивающих конкретную операцию.

Решение поставленной задачи в общем виде довольно громоздко, поэтому рассмотрим ее решение при условии наличия двух ИУ, предоставляемых соответствующими службами ИПС АСУ СОТС.

Пусть в ИПС АСУ СОТС развернуты информационная служба №1, располагающая  $N_1$  серверами, и служба №2, располагающая  $N_2$  серверами. Службы поддерживают работу АСУ по управлению СОТС при проведении определенной специальной операции, состоящей, например, из четырех этапов (подопераций)  $O_1, O_2, O_3, O_4$ , причем каждый из серверов может обеспечивать любой из приведенных четырех этапов операции, но, в зависимости от его параметров и расположения его на определенных узлах ИПС АСУ СОТС, в разной мере.

Рассматривается управление ресурсами для конкретного  $\vartheta$ -го цикла управления СОТС. Один сервер первого типа может обеспечить определенную долю поддержки каждого этапа операции, выраженную в единичных подоперациях: для первого этапа операции  $O_1 - Serv_1(\vartheta, O_1)$ , для второго этапа операции  $O_2 - Serv_1(\vartheta, O_2)$ , для третьего этапа операции  $O_3 - Serv_1(\vartheta, O_3)$  и для четвертого этапа операции  $O_4 - Serv_1(\vartheta, O_4)$ .

Аналогично, один сервер второго типа может обеспечить определенную долю поддержки каждого этапа

специальной операции: для этапа  $O_1 - Serv_2(\vartheta, O_1)$ , для этапа  $O_2 - Serv_2(\vartheta, O_2)$ , для этапа  $O_3 - Serv_2(\vartheta, O_3)$  и для этапа  $O_4 - Serv_2(\vartheta, O_4)$ .

Каждая единичная подоперация каждого этапа обеспечивает определенный вклад в некоторый показатель качества проведенной специальной управляющей операции, причем единичные подоперации первого этапа операции обеспечивает единичное значение показателя качества  $C_1$ , единичные подоперации второго этапа операции обеспечивает единичное значение показателя качества  $C_2$ , единичные подоперации третьего этапа операции обеспечивает единичное значение показателя качества  $C_3$  и единичные подоперации четвертого этапа специальной операции обеспечивает единичное значение показателя качества  $C_4$ .

Для успешного выполнения специальной операции необходимо, чтобы были проведены: на первом этапе – не менее  $n_1$  единичных подопераций первого этапа, на втором этапе – не менее  $n_2$  единичных подопераций второго этапа, на третьем этапе – не менее  $n_3$  единичных подопераций третьего этапа и на четвертом этапе – не менее  $n_4$  единичных подопераций четвертого этапа.

При управлении ресурсами требуется так распределить загрузку серверов служб ИПС АСУ СОТС подоперациями разных этапов специальной управляющей операции, чтобы качество ее выполнения было максимально.

Для решения задачи управления ресурсами служб ИПС АСУ СОТС формализуем эту задачу. Для этого введем обозначения:  $x_i^j(\vartheta)$  – число серверов  $i$ -го типа, занятых осуществлением поддержки выполнения единичных подопераций  $j$ -го этапа специальной операции в  $\vartheta$ -м цикле управления.

Таким образом, в задаче управления фигурируют восемь переменных (элементов решения):  $x_1^1(\vartheta), x_1^2(\vartheta), x_1^3(\vartheta), x_1^4(\vartheta), x_2^1(\vartheta), x_2^2(\vartheta), x_2^3(\vartheta), x_2^4(\vartheta)$ , которые необходимо задать так, чтобы значение показателя качества выполнения специальной операции было максимальным.

Так как каждая единичная подоперация этапа обеспечивает вклад в значение показателя качества проведенной специальной операции, то можно записать, что проведенные на первом этапе подоперации с поддержкой серверов 1-го и 2-го типов принесут «в копилку» показателя качества  $c_1[x_1^1(\vartheta) + x_2^1(\vartheta)]$ , проведенные на втором этапе –  $c_2[x_1^2(\vartheta) + x_2^2(\vartheta)]$ , проведенные на третьем этапе –  $c_3[x_1^3(\vartheta) + x_2^3(\vartheta)]$ , проведенные на четвертом этапе –  $c_4[x_1^4(\vartheta) + x_2^4(\vartheta)]$ .

Таким образом, при выполнении всего комплекса единичных подопераций на всех этапах специальной операции показатель качества примет вид:

$$Q_{\vartheta}(\vartheta) = c_1[x_1^1(\vartheta) + x_2^1(\vartheta)] + c_2[x_1^2(\vartheta) + x_2^2(\vartheta)] + c_3[x_1^3(\vartheta) + x_2^3(\vartheta)] + c_4[x_1^4(\vartheta) + x_2^4(\vartheta)]. \quad (3)$$

При организации управления ресурсами служб ИПС АСУ СОТС необходимо выбрать такие неотрицательные значения каждой из переменных  $x_1^1(\vartheta), x_1^2(\vartheta), x_1^3(\vartheta), x_1^4(\vartheta), x_2^1(\vartheta), x_2^2(\vartheta), x_2^3(\vartheta), x_2^4(\vartheta)$ , чтобы функция (3) от них обращалась в максимум. При этом должны выполняться следующие ограничительные условия, связанные с конечным числом серверов и необходимым количеством проводимых единичных подопераций, т.е.:

$$\begin{aligned} x_1^1(\vartheta) + x_1^2(\vartheta) + x_1^3(\vartheta) + x_1^4(\vartheta) &\leq N_1, \\ x_2^1(\vartheta) + x_2^2(\vartheta) + x_2^3(\vartheta) + x_2^4(\vartheta) &\leq N_2 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} x_1^1(\vartheta) \text{Serv}_1(\vartheta, O_1) + x_1^2(\vartheta) \text{Serv}_2(\vartheta, O_1) &\geq n_1 \\ x_1^2(\vartheta) \text{Serv}_1(\vartheta, O_2) + x_2^2(\vartheta) \text{Serv}_2(\vartheta, O_2) &\geq n_2 \\ x_1^3(\vartheta) \text{Serv}_1(\vartheta, O_3) + x_2^3(\vartheta) \text{Serv}_2(\vartheta, O_3) &\geq n_3 \\ x_1^4(\vartheta) \text{Serv}_1(\vartheta, O_4) + x_2^4(\vartheta) \text{Serv}_2(\vartheta, O_4) &\geq n_4 \end{aligned} \quad (5)$$

Таким образом, окончательно задачу управления ресурсами служб ИПС АСУ СОТС для  $\vartheta$ -го цикла управления можно сформулировать так: в процессе функционирования ИПС, при выполнении СОТС определенной специальной операции, необходимо так распределить ресурсы служб, выделив соответствующие сервера служб для выполнения единичных подопераций, т.е. задать значения переменных  $x_1^1(\vartheta), x_1^2(\vartheta), x_1^3(\vartheta), x_1^4(\vartheta), x_2^1(\vartheta), x_2^2(\vartheta), x_2^3(\vartheta), x_2^4(\vartheta)$ , удовлетворяющие линейным неравенствам (4) и (5), при которых функция качества – линейная функция этих переменных (3) обращалась бы в максимум.

Данная задача является типовой задачей линейного программирования и может быть достаточно легко решена стандартными способами. При этом считается, что варианты подключения пользователей АСУ СОТС к соответствующим серверам служб определяются процедурами управления структурой ИПС и при этом обеспечивается экстремальное (или не ниже требуемого) значение показателя эффективности функционирования ИПС АСУ СОТС.

Если в процессе эксплуатации СОТС возникают чрезвычайные ситуации, что приводит к той или иной потере информационных ресурсов служб ИПС АСУ СОТС, то необходимо организовать процессы управления ограничением предоставляемых ИУ определенным категориям пользователей АСУ и СУ СОТС. Задача является достаточно сложной и трудно формализуемой, т.к. ее решение зависит от типа и характера проводимой СОТС в данный момент специальной операции. Именно характер и тип проводимой специальной операции определяет то подмножество пользователей АСУ, которое может быть отключено от серверов ИПС, и при этом будет обеспечиваться допустимый для данных условий уровень значений показателя эффективности функционирования ИПС АСУ СОТС. В виду трудностей формализации данных процедур, они, как правило,

осуществляются с широким использованием моделей и методов экспертного оценивания и разработкой готовых схем ограничения для возможных вариантов деструктивных изменений в ИПС АСУ СОТС.

Если в процессе функционирования АСУ СОТС реально складываются условия, при которых заранее подготовленные схемы ограничения не работают, то может быть предложен следующий подход. Пусть все пользователи АСУ СОТС разделены на приоритеты по порядку и предпочтению предоставления информационных услуг средствами ИПС. Для примера рассмотрим вариант введенных в систему управления ИПС двух категорий пользователей АСУ. При этом поступающая на конкретный  $\varepsilon$ -й сервер  $S_{IP}(\varepsilon)$  нагрузка требований на получение информационных услуг составит

$$\rho_\varepsilon^{\text{Serv}} = \rho_{\varepsilon 1}^{\text{Serv}} + \rho_{\varepsilon 2}^{\text{Serv}}, \quad (6)$$

где  $\rho_{\varepsilon 1}^{\text{Serv}}, \rho_{\varepsilon 2}^{\text{Serv}}$  нагрузка требований, поступающая на  $\varepsilon$ -й сервер ИПС соответственно первого и второго приоритетов.

Нагрузка  $\rho_{\varepsilon 1}^{\text{Serv}}$  обслуживается сервером  $S_{IP}(\varepsilon)$  без ограничений, а нагрузка  $\rho_{\varepsilon 2}^{\text{Serv}}$  обслуживается сервером  $S_{IP}(\varepsilon)$  с включением процедур ограничений, в которых наиболее целесообразно использовать модель Гранжана [2], адаптированную для задачи управления ресурсами ИПС АСУ СОТС, в соответствии с которой вычисляются значения коэффициентов ограничений:

$$d_{IP}(\varepsilon) = \frac{(\rho_{\varepsilon 2}^{\text{Serv}})^{k-K} K! \sum_{l=1}^K \frac{(\rho_{\varepsilon 2}^{\text{Serv}})^l}{l!}}{k! \sum_{l=1}^k \frac{(\rho_{\varepsilon 2}^{\text{Serv}})^l}{l!}}, \quad (7)$$

где  $K$  и  $k$  – соответственно приведенная полная остаточная производительность  $\varepsilon$ -го сервера ИПС после обслуживания нагрузки  $\rho_{\varepsilon 1}^{\text{Serv}}$  и остаточная доля производительности  $\varepsilon$ -го сервера ИПС после обслуживания нагрузки  $\rho_{\varepsilon 2}^{\text{Serv}}$ .

Тогда в рамках решения задачи 2 управления ресурсами (рис. 2) для каждого сервера, предоставляющего информационные услуги реализуется следующее правило ограничения нагрузки со вторым приоритетом: вычисляются значения коэффициентов ограничений (7) и проверяется условие  $d_{IP}(\varepsilon) \leq 1$ . Если оно выполняется, то обслуживание нагрузки  $\rho_{\varepsilon 2}^{\text{Serv}}$  осуществляется в обычном режиме, а если не выполняется – то последующие требования нагрузки  $\rho_{\varepsilon 2}^{\text{Serv}}$  не обслуживаются и получают отказ.

После реализации процедур ограничения предоставляемых ИУ, для оставшихся в списке обслуживаемых пользователей решается задача, аналогичная рассмотренной ранее, выражения (3–5). Эти процессы также меняют и длительность цикла управления ресурсами информационных служб ИПС, поскольку изменение ситуации (как в одну, так и в другую сторону)

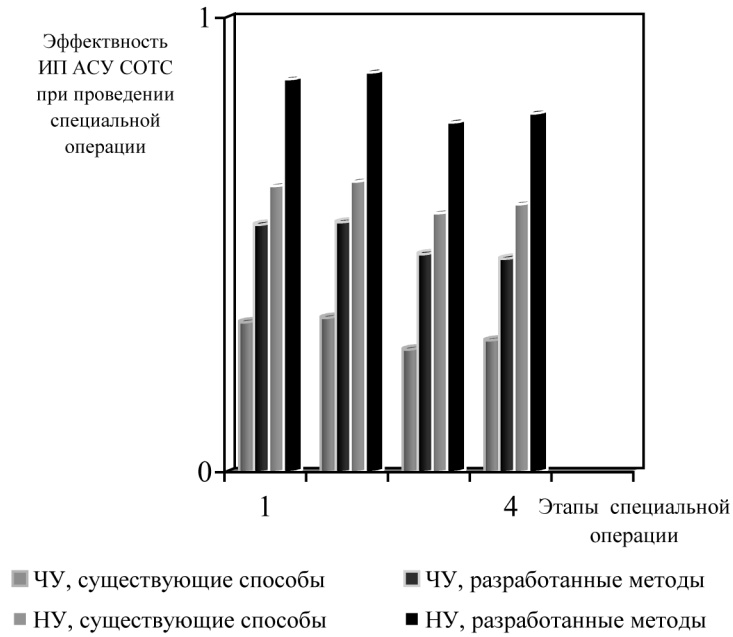


Рис. 3. Варианты управления ресурсами служб ИПС АСУ СОТС при выполнении специальной операции в нормальных условиях (НУ) и чрезвычайных условиях (ЧУ) эксплуатации СОТС

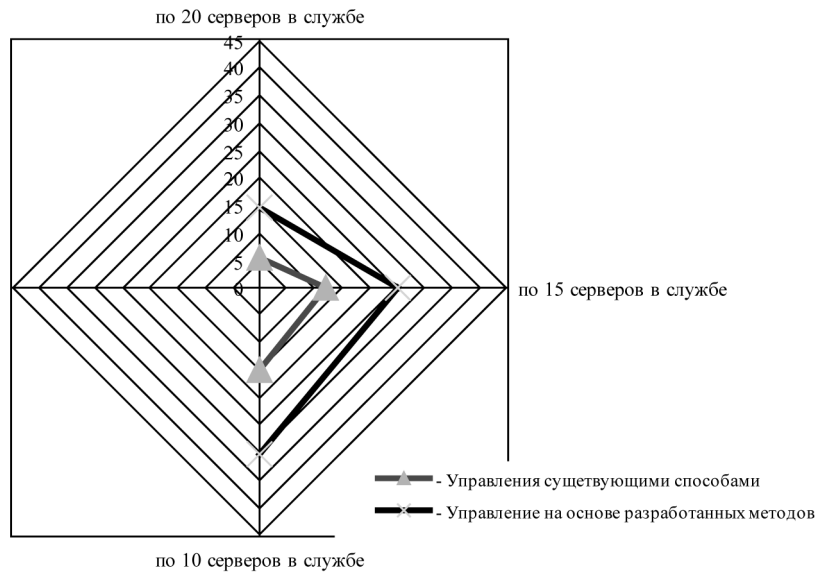


Рис. 4. Сравнение разработанных методов управления ресурсами информационных служб ИПС АСУ СОТС с существующими способами по среднему числу своевременно проведенных операций

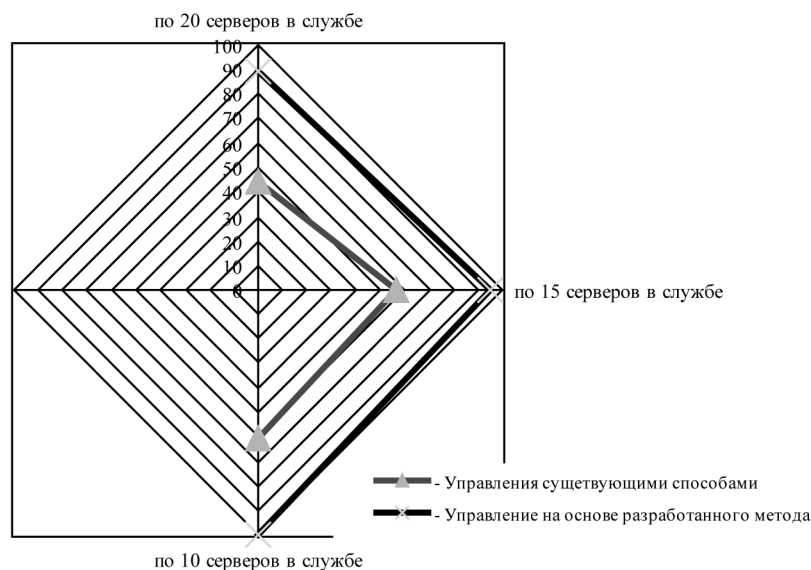


Рис. 5. Сравнение разработанных методов управления ресурсами служб ИПС АСУ СОРТ с существующими способами по показателю качества обслуживания (относительное число своевременно проведенных операций, в %)

должно приводить к расчету нового плана распределения ресурсов, т.е. к инициированию нового цикла управления.

Предложенные методы управления ресурсами информационных служб ИПС АСУ СОРТ позволяют существенно повысить эффективность ИПС АСУ СОРТ при проведении специальных операций СОРТ (показатель эффективности функционирования ИПС – вероятность своевременного предоставления комплекса ИУ), как в нормальных условиях (НУ), так и особенно в чрезвычайных условиях (ЧУ) эксплуатации системы (рис. 3).

Одновременно, разработанные методы управления ресурсами информационных служб позволяют существенно повысить эффективность функционирования ИПС АСУ СОРТ за счет своевременно предоставляемой пользователям АСУ номенклатуры информационных услуг, а также показатели среднего числа своевременно проведенных специальных операций (рис. 4) и качества обслуживания – относительного числа своевременно проведенных операций (рис. 5).

### Заключение

В большинстве развитых стран мира созданы и развиваются сложные организационно-технические системы (СОРТ), которые призваны играть существенную роль в деле обеспечения безопасности этих стран, а также для поддержания в них правопорядка. Однако необходимость обеспечения гарантированного эффективного функционирования таких СОРТ в различных условиях эксплуатации предполагает организацию непре-

рывного управление ими средствами автоматизированных систем управления, в составе которых, для обеспечения требуемого уровня качества процессов управления, создаются информационные подсистемы (ИПС АСУ СОРТ), обеспечивающие как должностным лицам органов управления СОРТ, так и комплексам средств автоматизации АСУ СОРТ предоставление необходимых информационных услуг.

Вместе с тем, эффективное функционирование самой ИПС АСУ СОРТ невозможно без организации постоянного управления ею, особенно в чрезвычайных условиях эксплуатации. Для этого выделяются комплексы программно-аппаратных средств, объединенных в обособленную распределенную систему управления этой подсистемой, выполняющую ряд важнейших задач управления, среди которых особую роль играет задача управления информационными ресурсами информационных служб ИПС.

Если СОРТ функционирует в условиях допустимого уровня внешних воздействий, когда изменения в общем ресурсе информационных служб ИПС несущественны и есть возможность маневрировать существующими резервами (перераспределением ресурсов) ИПС, то задача управления ресурсами сводится к управлению процессами выделения ресурсов информационных служб пользователям АСУ СОРТ.

Если СОРТ функционирует в чрезвычайных условиях (существенные изменения в ИПС АСУ СОРТ, существенное снижение ресурсов служб), то необходимо применять другие процедуры [1, 2, 8, 9], направленные на управление процессами ограничения предоставления инфор-



мационных услуг до момента ввода резервных средств ИПС или восстановления ресурсов и перехода к процедурам 1, т.е. управление сводится к задаче 2.

Однако решение общей задачи организации управления ресурсами служб ИПС АСУ СОТС, сильно усложняется в силу чрезвычайной большой размерности (множество параметров задающих ресурсы ИПС) и существующей неопределенности.

Поэтому решение общей задачи целесообразно осуществлять отдельно для выбора процедур управления процессами выделения под операцию ресурсов информационных служб пользователям АСУ СОТС и отдельно для выбора процедур управления процессами ограничения предоставления информационных услуг до момента ввода резервных средств ИПС или восстановления ресурсов и перехода к процедурам 1.

Первая задача может быть сведена для каждого цикла управления к задаче формирования плана распределения ресурсов с применением методов линейного программирования, а вторая с использованием моделей и методов экспертного оценивания множества пользователей, которым будет временно ограничен доступ к услугам или на основе применения модели ограничений Гранжана, адаптированной к задаче управления ресурсами информационной подсистемой, с последующим применением методов линейного программирования для формирования планов распределения ресурсов привилегированным пользователям АСУ СОТС.

Разработанные методы показали достаточно высокий прирост значений показателя эффективности функционирования ИПС АСУ СОТС по сравнению с существующими способами.

### Литература

1. Буренин, А. Н. Инфокоммуникационные системы и сети специального назначения. Основы построения и управления / А.Н. Буренин, К.Е. Легков. – М.: ИД Медиа Паблишер, 2015. – 348 с.

2. Буренин, А. Н. Теоретические основы управления современными телекоммуникационными сетями / А.Н. Буренин, В.И. Курносов ; под ред. д-ра техн. наук, проф. В.И. Курносова. – М.: Наука. 2011. – 464 с.

3. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука. 1974. – 542 с.

4. Тренер, Д. Вероятность, статистика и исследование операций / Д. Тренер. – М.: Статистика. 1976. – 387 с.

5. Ланне, А. А. Многокритериальная оптимизация / А.А. Ланне, Д.А. Улахович. – Л.: ВАС, 1984. – 87 с.

6. Ральфа, Г. Анализ решений. Введение в проблему выбора в условиях неопределенности / Г. Ральфа. – М.: Наука. 1977. – 408 с.

7. Bower, J. L. The role of conflict in economic decision-making groups, some empirical result / J.L. Bower // The Quarterly Journal of Economics. – 1965. – No. 2. – P. 424–444.

8. Аванесов, М. Ю. Оперативное управление потоками данных в мультисервисных сетях связи / М.Ю. Аванесов, С.П. Присяжнюк. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т., 2007. – 81 с.

9. Лазарев, В. Г. Сети связи, управление, коммутация / В.Г. Лазарев, Н.Г. Саввин. – М.: Связь, 1973. – 264 с.