



### Литература

1. Николаев В.С., Волков В.В., Прошин И.А. Особенности имитационного моделирования технологической машины на примере ленточной машины для хлопка. Известия вузов «Технология текстильной промышленности». Иваново: Изд. Ивановского гос. Политехн. Университета, 2015, – № 1. – С.139-143.
2. Николаев В.С. Моделирование условий функционирования ленточной машины. Научно-методический журнал «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»: Научное периодическое издание. Серия: Технические науки. Пищевые производства. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., Выпуск № 06 (10), 2013, С. 94-98
3. Прошина Р.Д., Прошина Е.С., Салмов Е.Н. Интегрированный комплекс компьютерно-имитационного моделирования электромеханических систем. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: периодическое научное издание. Пенза: Изд. Пенз. гос. технол. университета, 2013. – №12(16). – С. 95–101.
4. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Интегрированный электромеханический комплекс // В мире научных открытий. – Красноярск, 2010.– № 4-8. – С. 27-30.
5. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Программная платформа для построения интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий (ИКСАЛ) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара, 2009.– Т.11. – № 5-2. – С. 531-536.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015614543. Программный комплекс моделирования многосвязного электропривода. Правообладатель: Салмов Е.Н. Авторы: Прошин И.А., Прошин Д.И., Салмов Е.Н. Заявка № 2015610651 от 10.02.2015 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 20.04.2015 г.

О.Б. Ратников

### ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

(АО «Радиозавод», г. Пенза)

Для эффективного использования системы поддержки принятия решений (СППР) при функционировании организационно-технической системы специального назначения (ОТССН) необходимо иметь ее адекватную математическую модель [1]. В качестве начального этапа математического моделирования целесообразно провести теоретико-множественную формализацию ОТССН (рисунок).

На рисунке сплошными линиями обозначены прямые связи, а пунктирными линиями – обратные связи. Посредством прямых связей осуществляется



доставка информации управления, а посредством обратных связей – информации состояния.

Теоретико-множественное представление  $j$ -й ОТССН имеет следующий вид [2]:

$$S_j = U_{S_j} \cup P_{S_j} \cup R_{S_j} \cup O_{S_j}, \quad (1)$$

где  $S_j$  - ОТССН;

$U_{S_j}$  - подсистема управления;

$P_{S_j}$  - подсистема поражения;

$R_{S_j}$  - подсистема разведки;

$O_{S_j}$  - подсистема обеспечения.

Взаимодействие подсистемы управления с каждой из подсистем можно представить в виде ориентированных ациклических графов (отсутствие циклов по связям управления):

-  $H_{S_j,PU} = \langle P_{S_j} \cup U_{S_j}, E_{PU} \rangle$  - граф взаимодействия подсистемы поражения с подсистемой управления с множеством дуг подчиненности  $E_{PU} \subseteq (P_{S_j} \cup U_{S_j}) \times U_{S_j}$ ;

-  $H_{S_j,RU} = \langle R_{S_j} \cup U_{S_j}, E_{RU} \rangle$  - граф взаимодействия подсистемы разведки с подсистемой управления с множеством дуг подчиненности  $E_{RU} \subseteq (R_{S_j} \cup U_{S_j}) \times U_{S_j}$ ;

-  $H_{S_j,OU} = \langle O_{S_j} \cup U_{S_j}, E_{OU} \rangle$  - граф взаимодействия подсистемы обеспечения с подсистемой управления с множеством дуг подчиненности  $E_{OU} \subseteq (O_{S_j} \cup U_{S_j}) \times U_{S_j}$ .

Подсистема управления представляет собой иерархию, т.е. является управляющей множеством элементов каждой из подсистем, если любой элемент из множества  $U_{S_j}$  имеет подчиненные элементы и найдется элемент, которому подчинены все элементы подсистем [3].

Множественное представление подсистемы управления имеет следующий вид:

$$U_{S_j} = \bigcup_{l=1}^{L_j} U_{lS_j}, \quad (2)$$

где  $U_{lS_j}$  - множество элементов  $l$ -го уровня подсистемы управления:

$$U_{lS_j} = \{u_{zl}\}, \quad z = 1, \dots, Z_l,$$

где  $u_{zl}$  -  $z$ -й элемент, представляющий собой структуру типа «активная звезда»,  $l$ -го уровня подсистемы управления:

$$u_{zl} = \{u_{zlm}\}, \quad m = 1, \dots, M_{zl},$$

где  $u_{zlm}$  -  $m$ -й периферийный элемент, входящий в  $zl$ -ю структуру;

$M_{zl}$  - число периферийных элементов  $zl$ -ой структуры;

$Z_l$  - число структурных элементов подсистемы управления на  $l$ -м уровне;

$L_j$  - число уровней управления в подсистеме управления  $j$ -й ОТССН.

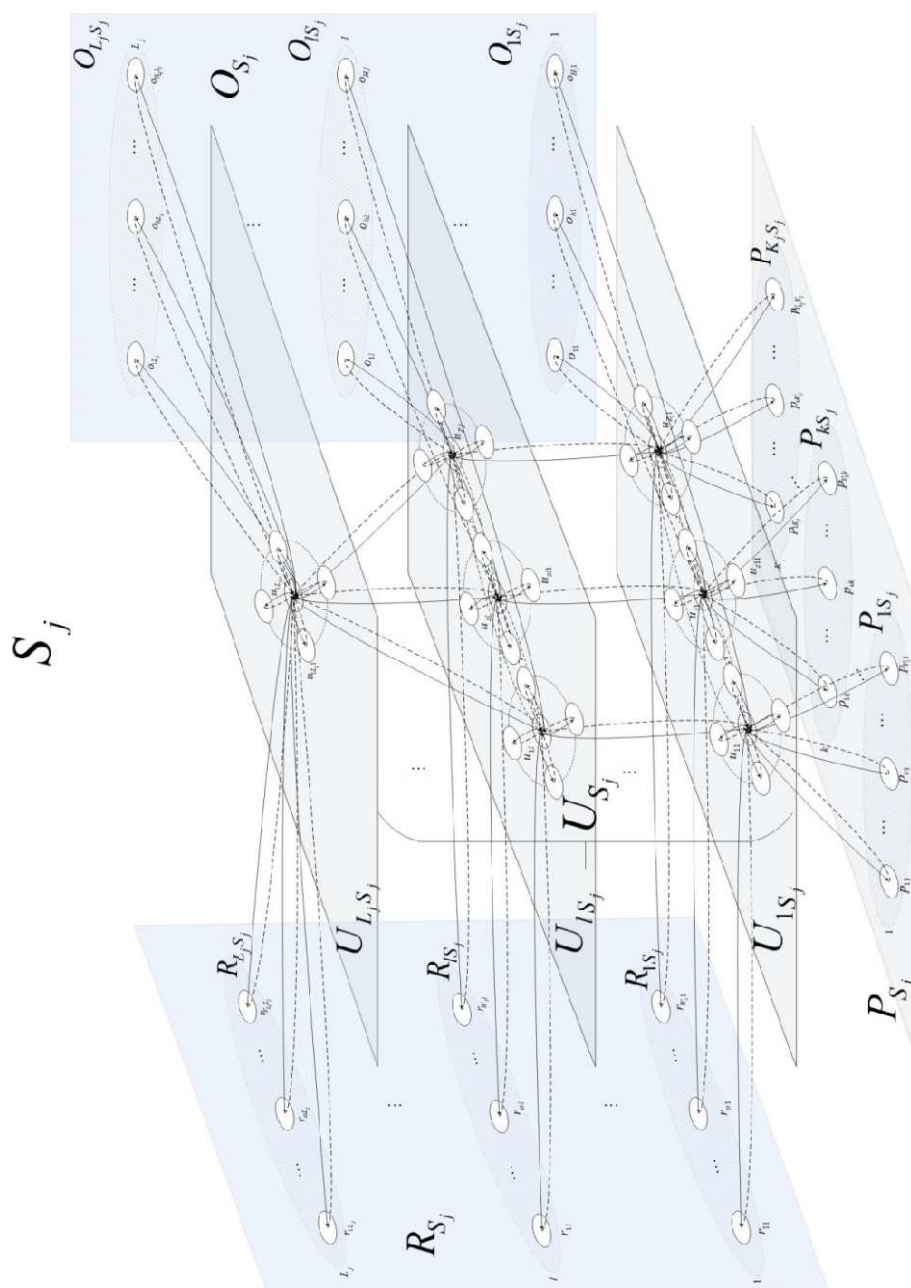


Рисунок – Формализация ОТССН



Уровни иерархической подсистемы управления  $j$ -й ОТССН находятся в соответствии друг с другом (см. рисунок). Множество композиций соответствий имеет следующий вид:

$$G_{S_j} = \bigcup_{l=1}^{L_j-1} [G_{(l+1)S_j} \circ G_{lS_j}], \quad (3)$$

где  $G_{lS_j}$  - соответствие элементов смежных уровней иерархии:

$$G_{lS_j} \subset U_{(l+1)S_j} \times U_{lS_j}.$$

Подсистема поражения является одноуровневой структурой и ее можно представить в следующем виде:

$$P_{S_j} = \bigcup_{k=1}^{K_j} P_{kS_j}, \quad (4)$$

где  $P_{kS_j}$  - множество элементов  $k$ -й группы подсистемы поражения:

$$P_{kS_j} = \{p_{vk}\}, \quad v = 1, \dots, V_k,$$

где  $p_{vk}$  -  $v$ -й элемент  $k$ -ой группы подсистемы поражения;

$V_k$  - число элементов подсистемы поражения в  $k$ -ой группе;

$K_j$  - число групп элементов поражения в подсистеме поражения  $j$ -й ОТССН.

Подсистема разведки является многоуровневой (число уровней в общем случае равно числу уровней иерархии подсистемы управления) и ее можно представить в следующем виде:

$$R_{S_j} = \bigcup_{l=1}^{L_j} R_{lS_j}, \quad (5)$$

где  $R_{lS_j}$  - множество элементов  $l$ -го уровня подсистемы разведки:

$$R_{lS_j} = \{r_{wl}\}, \quad w = 1, \dots, W_l,$$

где  $r_{wl}$  -  $w$ -й элемент  $l$ -го уровня подсистемы разведки;

$W_l$  - число элементов подсистемы разведки на  $l$ -м уровне.

Подсистема обеспечения является многоуровневой (число уровней в общем случае равно числу уровней иерархии подсистемы управления) и ее можно представить в следующем виде:

$$O_{S_j} = \bigcup_{l=1}^{L_j} O_{lS_j}, \quad (6)$$

где  $O_{lS_j}$  - множество элементов  $l$ -го уровня подсистемы обеспечения:

$$O_{lS_j} = \{o_{hl}\}, \quad h = 1, \dots, H_l,$$

где  $o_{hl}$  -  $h$ -й элемент  $l$ -го уровня подсистемы обеспечения;

$H_l$  - число элементов подсистемы обеспечения на  $l$ -м уровне.

Таким образом, теоретико-множественное представление ОТССН является начальным этапом разработки математической модели ее функционирования для эффективной реализации функций СППР.



### Литература

1. Козлов, А.Ю. Информационная поддержка принятия решений при управлении организационно-технической системой [Текст] / Современные информационные технологии. Выпуск №10 // А.Ю. Козлов, Р.А. Стройков. – Пенза: ПГТА, 2009. – с. 84...85.
2. Ерусалимский, Я.М. Дискретная математика: теория, задачи, упражнения. 3-е издание [Текст]. – М.: Вузовская книга, 2000. – 280 с.
3. Губко, М.В. Математические модели оптимизации иерархических структур [Текст]. – М.: ЛЕНАНД, 2006. – 264 с.

Н.В. Решетникова, И.Г. Криволапчук

### СИСТЕМА ТОРМОЖЕНИЯ С ОПТИМИЗАЦИЕЙ ОСВОБОЖДЕНИЯ ВПП

(Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения)

Высокая загруженность крупных аэропортов является одной из серьезных проблем современной гражданской авиации. Анализ трафика наиболее загруженных аэропортов[1] показывает, что достаточно часто их деятельность происходит с временными соотношениями близкими к минимально допустимым. В особенности это проявляется при выполнении посадочных операций, так как здесь взаимное влияние воздушного и наземного трафика выражено более сильно.

Согласно федеральными авиационными правилами США (документ JO 7110.65) минимальный продольный интервал на посадочной прямой для воздушных судов (ВС) среднего класса установлен равным 3 nm (навигационным милям). Российские нормативные документы[2] устанавливают минимально допустимую дистанцию 5 км, что составляет примерно 2.7 nm. Во временном выражении интервал для диапазона скоростей захода на посадку 230÷270 км/ч составляет 65÷80 с. За это время ВС должно приземлиться, закончить торможение и освободить взлётно-посадочную полосу или уйти на минимально допустимую дистанцию от входного порога на момент прохода над ним следующего ВС. В случае невыполнения перечисленных условий посадка очередному борту будет запрещена. Очевидно, что для исключения сбоев на завершающем участке полёта необходимо каким-то образом оптимизировать движение ВС на этапе пробега и освобождения взлётно-посадочной полосы. Так как регламентирующие документы УВД не предполагают вмешательство диспетчера на этом этапе, решение проблемы возлагается на экипаж или системы управления ВС.

Рассмотрим часть инфраструктуры аэродрома, связанной с посадкой, пробегом и последующим рулением. Для региональных аэропортов со сравнительно низкой интенсивностью полётов характерна конфигурация, показанная на рис.1а. В этом варианте единственная взлетно-посадочная полоса (ВПП) соединяется одной-двумя рулёжными дорожками (РД) с перроном. Рулёжные до-