УДК 681.142:658.82 DOI 10.21685/2307-4205-2020-2-12

С. Ж. Куртаев, Б. Ж. Куатов

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР И ПРОЦЕССОВ ОБСЛУЖИВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ АВИАЦИОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ

S. Zh. Kurtayev, B. Zh. Kuatov

METHOD OF INCREASING EFFICIENCY OF ORGANIZATIONAL STRUCTURES AND PROCESSES OF SERVICE PRODUCTION OF AVIATION TECHNICAL CENTERS

Аннотация. *Актуальность и цели*. Для повышения эффективности эксплуатации авиационной техники за счет снижения расходов и повышения качества ее обслуживания в нынешних условиях возникает необходимость использования современных подходов к постановке и решению многокритериальной задачи оптимизации действующих организационных структур, в частности, авиационно-технических центров (АТЦ). *Материалы и методы*. Для реализации этой идеи проведен анализ теории и практики как функционирования действующих, так и вновь создаваемых организационных структур обслуживающих производств, который показал, что задача создания универсальной модели описательных языков организационных структур и производственных процессов сводится к разработке методов и средств распознавания функциональных состояний бортовых систем бортового комплекса оборудования ВС и их компонент. Поставлена и решена задача проектирования системы технического обслуживания ВС. Показано, что предлагаемая универсальная модель в рамках точного формализма позволяет представить действия и взаимодействия компонентов организационной структуры авиационно-технических центров. *Результаты и выводы*. Предложена методика, позволяющая оценить стоимость проекта модернизации обслуживающего производства авиакомпании из оценок отдельных элементов операционного комплекса.

Ключевые слова: авиационная техника, эксплуатация, оптимизация, описательный язык, образ.

Abstract. *Background.* To increase the efficiency of operation of aviation equipment by reducing costs and improving the quality of its service in the current conditions, there is a need to use modern approaches to the formulation and solution of the multi-criteria problem of optimizing existing organizational structures, in particular, aviation technical centers. *Materials and methods.* To implement this idea, an analysis of the theory and practice of both the functioning of existing and newly created organizational structures of service industries was carried out, which showed that the task of creating a universal model of descriptive languages of organizational structures and production processes is reduced to the development of methods and means of recognizing the functional states of onboard systems of the airborne complex aircraft equipment and their component. *Results.* The task of designing an aircraft maintenance system was posed and solved. It is shown that the proposed universal model within the framework of exact formalism allows us to represent the actions and interactions of the components of the organizational structure of aviation technical centers. *Results and conclusions.* A technique has been proposed that allows one to estimate the cost of a project to modernize an airline's serving production from estimates of individual elements of the operational complex.

Keywords: aviation equipment, operation, optimization, descriptive language, image.

Введение

Важным аспектом эффективной эксплуатации авиационной техники (АТ) является снижение расходов и повышение качества ее обслуживания, что требует развития обслуживающих ее производств на основе повышения эффективности его функционирования за счет оптимизации организационных структур и внедрения новых производственных процессов, создаваемых на основе системного подхода к достижениям в области искусственного интеллекта и их внедрения в организационные

© Куртаев С. Ж., Куатов Б. Ж., 2020

структуры обслуживающего производства, в частности, авиационные технические центры (АТЦ), функционирующие, как правило, в изменяющихся внешних условиях, а, с другой стороны – новых методов синтеза и анализа образов, а именно математических моделей для описания как структурной, так и функциональной частей их организации с учетом требований к ним международных организаций ICAO, EASA и отечественных управляющих и надзирающих органов.

Адаптация действующих организационных структур к современным условиям составляет сущность модернизации как отдельных систем комплекса АТЦ, так и его в целом. Все это требует разработки новых научных методов исследования, направленных на достижения максимальной эффективности целевого функционирования обслуживающих производств.

Проблема разработки и внедрения методов и средств в практику поддержания летной годности ВС как решения задач распознавания состояния бортовых систем и их компонент в условиях всевозрастающих требований к качеству и эффективности обслуживающего производства приобретает особую актуальность.

Анализ требований и подходов к различным аспектам организации показывает, что они могут быть удовлетворены для сложных организационных структур, в которых обслуживающие производства играют решающую роль в обеспечении эффективности функционирования всей организации за счет постановки и решения многокритериальной задачи оптимизации. В этих условиях необходим аппарат решения таких задач, который позволил бы получать эффективные проектные решения, основанные на построении достаточно адекватных логико-математических моделей реальных объектов и процессов их функционирования и сравнения результатов исследования этих моделей.

Исходя из приведенной выше аргументации, разработка, исследование и внедрение новых принципов, подходов, методов и средств организации построения знаковых моделей объектов проектирования, обеспечивающих заданный набор требований, является актуальной проблемой достижения максимальной эффективности целевого функционирования модернизируемых или вновь создаваемых обслуживающих производств (ОП).

Универсальная модель описательных языков организационных структур и производственных процессов

Одной из центральных задач ОП авиакомпаний является задача распознавания функциональных состояний бортовых систем (БС) БКО ВС, с общих позиций, распознавание образов как множества состояний этих объектов, т.е. отнесения его на базе идентификации относительно заданного множества состояний к определенному классу соответствий.

Научная практика решения этой задачи для оценивания состояния БС связана с большим объемом информации, представленной на естественном и специальном языке, обработка которой потребовала разработки языковых проблем для поиска путей реализации целенаправленных процессов получения, передачи и обработки информации через непосредственное или опосредованное взаимодействие с объектами организованной среды (БКО) в системе «объект обслуживания (ОО) – подсистема оценивания (СО)», где СО способна обучаться распознавать функциональные состояния как образы самих состояний, специфически реагируя на результаты измерения физических характеристик ОО и их сравнения с эталоном распознаваемого объекта.

Как показал опыт решения задач распознавания образов ОО, ключевую роль играют идеи, связанные с описательными языками, что потребовало введения формальных определений таких понятий, как «описание», «описательный язык», «образ».

Используемый подход будем определять как теоретико-системный, базой для которого служат абстрактные теоретико-множественные понятия, лежащие в основе построения моделей задач. При этом прагматика и семантика задач представлена в формализованном виде на основе структурного описания образов.

В рамках данной работы ОО обозначаются заглавными буквами A, B, C и т.д., а его части или компоненты буквами латинского алфавита X, Y, U, вхождение которых в тот или иной ОО будет отображаться с помощью логического знака включения $\subseteq$, например, утверждение, что X включено в A, описывается выражением $X \subseteq A$, которое состоит из элементов или образующих $x_1, x_2, \ldots, x_n$.

Так как в актах распознавания функциональных состояний для нас важны, прежде всего, не объекты и их части, а их свойства, то ОО рассматривается как совокупность свойств (признаки и связи).

Ключевым моментом в постановке задач распознавания состояний ОО является адекватное описание образов всех элементов задачи, в рамках точного формализма для создания универсальной модели описательных языков окружающей среды, ее частей и элементов функциональных состояний ОО.

Образ, с формальных позиций, – это математическая модель ОО, рассматриваемая как структурные части организации ОП, помещенные в среду авиакомпании, которая с общих позиций – это упорядоченная пара <*U*, *P*>, где *U* – абстрактное множество БКО, а *P* – семейство нетривиальных разбиений на *U*, при этом *P* – конечное. Каждый элемент из *P* обладает свойством *P*, тогда каждый элемент $p \in P$ есть его значение. Нам всегда дано подсемейство *P*' из *P*, т.е. конкретный объект – это образ, который содержится в значении свойства этого объекта. Описание образа функционального состояния будет представлять булево выражение, содержащее заданные значения для «эталона» ОО или полученные в результате «измерений» для их «оригинала», включающих предикаты типа $P(u) = p$, где *P* – входное свойство, *p* – его значение.

Для конкретизации исследуемых объектов (БС) введено понятие подсемейства *P*', заданное в *P*, которое в рамках теоретико-множественных представлений вводит реальный объект исследования, а среда БКО ВС с этих позиций является реальной средой, т.е. она является тройкой <*U*, *P*, *P*'>.

Определив класс всех функциональных состояний ОО k_P, состояние конкретной БС как подсемейства *P*' из *P*, будем определять семейством реальной структуры БС, если $k_{P'} = k_P$, а его конечная структура $P' = (P_1, P_2, \ldots, P_n)$ будет полной, если

$$P_{1,\,i1} \bigcap P_{3,\,i2} \bigcap \cdots \bigcap P_{n,\,in} \neq \varnothing. \tag{1}$$

Для каждого $p_{r,ir} \in P$. Это семейство устанавливает границы различимости элементов области исследований.

При создании математических моделей этих элементов как образов в качестве исходных принципов использованы:

1. Объекты организации СО функциональных состояний, включающие ОО и ОП, строятся из образующих, представляющих неделимые или непроизводные элементы в математической модели знаков [5]. Множество всех образующих для описания конкретных объектов организации выбирается на основе прагматики и семантики решаемой задачи и представляются в формализованном виде, математически могут быть записаны следующим образом:

$$X = \bigcup_{\alpha} X^{\alpha}, \tag{2}$$

где X^{α} – непересекающиеся классы, $X^{\alpha} \subset X$, при этом α – индекс класса образующих, каждая из которых обладает входным свойством, состоящим из элементов, обладающих различными типами признаков для каждого из них, в частности, в работе выделены в качестве первого типа их значения, как правило, это целые числа и в качестве второго – это связи, в которые может вступать образующая, которые выражаются составным числом, т.е. $p = p(x)$ и $p = p(x) - n$, где $n = 1, 2, 3, \ldots$. Число связей, образующих *n*, представляет $q(x) = q_{\text{in}}(x) + q_{\text{out}}(x)$, где in – число входов, образующих *x*, а out – число выходов *y*.

2. В рамках синтаксического подхода, принятого за основу моделирования компонентов ОО, считается, что образы строятся из соединенных по определенным правилам заданных образующих, из которых получаются некоторые подобразы, с общих позиций; эти регулярные множества образуют класс языков, занимающий центральное место в описании подобразов (регулярные выражения или конфигурации). Набор образующих $x_1, x_2, \ldots, x_n$ и система правил их соединения $\sum$ порождают множество регулярных конфигураций φ (P), которые характеризуют отдельные стороны регулярности образов ОО и ОП. Формально конфигурация как подобраз представляется следующими соотношениями:

$$\text{Состав: } c = \{x_1, x_2, \ldots, x_n\},$$
$$\text{Структура: } (c) = c \bigcup \sigma, \tag{3}$$

где $\sigma \in \Sigma$ – тип соединения.

Для моделирования распознавания образов на основе сравнения оригинала с эталоном введено понятие множества преобразований подобия S – отображение s: структура c_σ → структура $c_э$. Конфигурация образующих (непроизводных элементов, представляющих реальный ОО (оригинал)) сравнивается с конфигурацией эталона, построенного на основе предварительной обработки технической документации на ОО, т.е. структурного описания образа в рамках системы распознавания образов образующих и конфигураций. С формальных позиций любая конфигурация представляется множеством графов, элемент в котором в каждой из них является ориентированным линейным графом $G = \{A, \sum\}$, состоящим из множества образующих $x_1, x_2, \ldots, x_n$ вместе с множеством X упорядоченных по заданным правилам пар (x_i, x_j) элементов, взятых из X.

3. Изучение формальных аспектов задачи распознавания элементов образов и образов ОО и ОП в целом обнаружило необходимость создания универсальной модели описательного языка этих объектов, в которую укладывались бы языки описания ОО и ОП. Эти задачи сводятся к следующей постановке: «Дан класс образов. Создать описательный язык, допускающий компактные, удобные описания всех образов из этого класса». Для описания этого класса образов в работе предложена универсальная модель описательного языка $L(G)$, грамматикой которого является четверка

$$G = [V_N, V_T, P, S], \tag{4}$$

где V_N – конечное множество имен БС БКО, формирующих область рассуждений; V_T – конечное множество образующих, из которых строятся по определенным правилам регулярные конфигурации (цепочки, выражения), множество которых, в свою очередь, являясь абстрактными конструкциями, идентифицируются СО. Результаты наблюдения соответствуют некоторому множеству регулярных конфигураций и являются представлениями отдельных БС. Формализация этого обстоятельства посредством правила идентификации R позволяет построить эталон образа ОО или ОП из наперед заданного множества разбиений его на цепочки. Оригиналы ОО и ОП строятся на основе результатов, полученных с помощью реальной СО образующих этих объектов, представленных цепочками образующих оригинала.

Универсальный язык структурного описания этих образов позволяет поставить основную задачу оценивания путем введения структуры предикатов этого языка, каждый из них определяет результат теста, которому подвергается цепочка из описаний ОО, сконструированных для проверки наличия определенных подобразов, отвечающих заданным признакам. Метод выделения признаков связан с множеством преобразований сложных разделяющих функций от x и y

$$y_i = y_i\,(x_1, x_2, \ldots, x_n),\ 1 \le i \le n, \tag{5}$$

которые приводят к простым функциям от y_i, что позволяет рассмотреть y_i как значимые признаки ОО и использовать их для последовательного обобщения в распознавании образов.

С помощью предложенного формализма грамматик, порождающих графы, решается задача предварительной обработки класса исходных объектов с целью эффективного описания для распознавания образов в системе «ОО – СО».

В рамках синтаксического подхода [4], центральная задача оценки и оценивания состояния ОО в организационной структуре АТЦ, реализующей форму распознавания «сравнение с эталоном», в которой используется отношение конгруэнтности для бесконечного языка. Две цепочки x и y конгруэнтны, если для двух цепочек u, описывающая «эталон» оценивания элемента ОО и v – «реальный» элемент ОО. uxv и uyv порождаются грамматикой конечноавтоматного типа, являющейся подмножеством бесконтекстной грамматики. В случае, если полученные описания u остаются сложными для применения, будут использованы свойства, отличные от входных. Для этого вводятся предикаты $u \in K$, где K – значение некоторого свойства, отличного от входного. При этом K рассматривается как подобраз [5].

Технология моделирования организационных структур и процессов обслуживающих производств

Разработанная модель функциональной части организации АТЦ, представляющая действия и взаимодействия компонентов его организационной структуры, обусловленных единством целей или выполняемых ими функций и реализующими определенные обстоятельства места и времени. Для решения этой задачи введено опорное пространство $X = R^3 \times R^1$, где R^1 – пространство времени,

а R^3 – пространство взаиморасположенных и взаимосвязанных компонент этой структуры как многомерного образа, описывающего их действия. Образующие, используемые при построении конфигурации действий, будут иметь следующие свойства: число входных и выходных связей ее многомерного конкретного аналога равны действительному числу в зависимости от решаемой ею задачи. В качестве общей образующей при решении задачи оценки параметров при ТО БС в работе использован оператор с v (переменными) входами $x_1, x_2, \ldots, x_v$ и μ (переменными) выходами $y_1, y_2, \ldots, y_\mu$. Для каждого x_i задана область значений пространства X_i, а область значений y_i – пространство Y_i. Для x_i существуют операторы назначения, представляющие значения соответствующего эталона, и операторы оценки, отражающие реальные состояния параметра ОО, а y_i есть значение в зависимости от типа обслуживания (преобразование) из области пространства Y_i. Типичность такой образующей позволит построить конфигурации для реализации разных типов действий, каждый из которых характеризуется своим индексом α, набор которых для X будет определять репертуар действий. Оценка состояния ОО построена из двух пространств одинаково за исключением того, что одно из них на базе множества образующих X, а другое – из X', причем $X \subseteq X'$, где X' обладает большей значимостью и более сложной структурой для оценок параметров ОО.

Цепочка из образующих X', представляющих реальный образ ОО, сравнивается с цепочками образующих из X эталонного образа на основе преобразования подобия, которые включают в себя сдвиги по времени $t \longrightarrow t + h$. Воздействия на показатели связей образующих будут сводиться к тому, что они примут значения $t_{in} + h$, $t_{out} = h$, а также используются пространственные преобразования.

Для построения конфигураций действия по ТО БС, состоящих из комбинации элементарных действий, вводится тип соединения Σ – частичный порядок в множество этих действий, т.е. определяется совокупность действий по распознаванию состояния ОО (табл. 1), зависящих при оперативном ТО от характера методов и средств и от материалов, к которым эти средства применяются, чтобы получить требуемый результат.

Таблица 1

Символ	Название	Описание
○	Операции	поиска, нахождения, захвата, удержания, перемещения
▭	Осмотр	исследование и испытание ОО
𝔻	Задержка	замена и диагностика отказавших компонентов ОО
⇨	Перемещение	сдача отказавших компонентов на главный склад
∇	Результат	оценка состояния ОО

Для задания основных действий специалиста по оперативному ТО БС было предложено использовать пять символов, определяющих классы образующих, которые обладают многочисленными признаками, идентификаторами, мерами и т.д.

В рамках принятого формализма диаграмме действий авиатехника при оперативном обслуживании соответствует особая образующая, для которой число входов и выходов равно 2, а значения ее признаков равны между собой. Ее роль состоит в синхронизации событий в определенные моменты времени. Эти образующие являются комбинациями основных действий, соединяемых вместе в установленном порядке с соответствующими временными ограничениями (рис. 1).

Рассмотрено семейство простых признаков a, каждый из которых – это функция, определенная на X и принимающая значения (результат сравнения) «норма» 1 или «ненорма» 0.

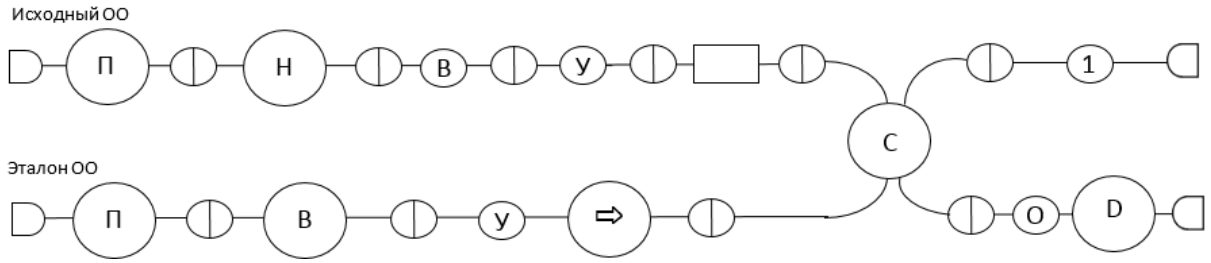

Рис. 1. Особая образующая действий авиатехника

Классы образующих элементарных действий A^{α} будут состоять из попарно сравниваемых признаков, принадлежащих эталону и исходному (реальному) ОО, т.е. если $a_э$, $a_о \in A^{\alpha}$, то первый влечет второй, так что $a_э \longrightarrow a_о$ или $a_о \longrightarrow a_э$.

Сформулирован общий подход к оценке полученных при обслуживании результатов. Если для двух элементов x и y из X имеем $a(x) = a(y) \longrightarrow a \in A$, то отсюда вытекает, что $x = y$ («норма») или иначе $x \neq y$ («ненорма»). Эти оценки являются образующими, характеризующими структуру оценивания состояния ВС инженером. Логика определена с помощью множества A, состоящего из признаков $a_1, a_2, \ldots, a_{n-i+1}$, где $a_i(x)$ = норма, если $x \neq i, i + 1, i + 2, \ldots, i + n - 1$, 1 – фиксированное натуральное число, не превосходящее n. A разделяет точки (параметры) опорного пространства, в котором определяется состояние ОО.

Для реализации этих действий поставлена и решена задача проектирования системы ТО ВС как сложного комплекса взаимодействующих компонент этой системы – ее функциональной части, обусловленной единством целей или выполняемых ими функций.

Сформулирован общий подход к концепции проектирования (синтеза) системы ТО ВС АТЦ, который базируется на разбиении общей задачи Z_0 поддержания летной годности ВС на подзадачи: оперативного ТО, включающего линейное ТО Z_1, ТО на базе линейного ТО один раз в 48–60 календарных часов Z_2, ТО один раз в 8 календарных дней Z_3, ТО один раз через 750 часов полета, представленные деревом на рис. 2.

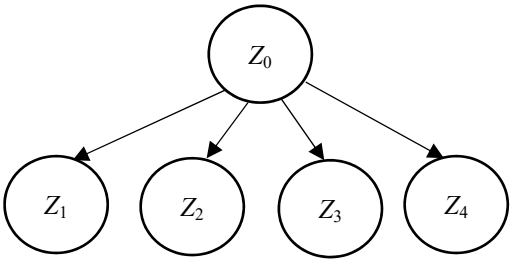

Рис. 2. Разбиение задачи на подзадачи

Каждая подзадача требует для своего разрешения, соответствующего определенным требованиям EASA, организационной структуры с соответствующим набором компонент и их взаимосвязью, реализация действий и взаимодействий в которой осуществляется на базе особых образующих действий исполнителей операций ТО (см. рис. 1). При возникновении отказов (не норма), например, при решении подзадачи P_i, она разбивается на новые подзадачи (рис. 3).

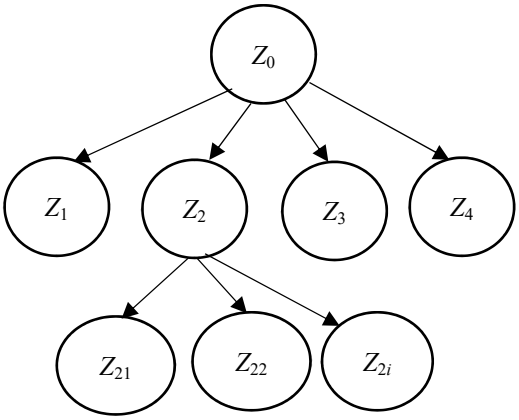

Рис. 3. Разбиение подзадачи Z_2

Если ТО завершено, то множество подзадач, на которое разбита задача, с общих позиций, будет представлено [6]

$$\{Z_{i1}\} \bigcup \{Z_{i2}\} \bigcup \ldots \bigcup \{Z_{ik}\} = \{Z_k\},$$

где$\{Z\}$ обозначает множество всех допустимых решений, определяющих параметры состояния ОО. При этом состояние ОО определяется набором значений его признаков (параметров) в определенный момент времени t. В рамках синтаксического подхода, принятого в работе для распознавания состояния ОО – это образ f, описываемый цепочкой непроизводных элементов (образующих), наблюдаемых параметров, представляющих ОО, который сравнивается для распознавания состояния этого объекта с цепочками непроизводных элементов, представляющих каждый эталонный образ q. При этом определяется, насколько точно два объекта согласуются друг с другом. Подсчет взаимных корреляций между двумя функциями f и q служит одним из простых методов установления идентичности двух объектов (эталонного и ОО).

Задача оценивания состояния БКО в целом потребовала исследования организации и функционирования человеко-наполненных систем.

Теоретический подход к решению этой проблемы базируется на использовании той же концептуальной основы для синтеза образа, в которой учитывается сложный характер образующих, позволяющих описывать организацию ОП на основе измеренной информации – значений ее количества, для получения которой используется двузначное логическое исчисление высказываний и функций высказываний.

Для правильно построенных выражений в исчислении высказываний введена грамматика непосредственных составляющих, представленная в монографии Гизбурга [1], которая позволяет получить эти выражения, используя:

– терминальные элементы

$$V_T = \{x_1, x_2, \ldots, x_n; \wedge, \vee, \sim,), (\{, \tag{6}$$

– нетерминальный элемент, синтаксическую переменную σ и правила

$$R = \{\sigma \to x_i, \ldots, \sigma \to x_n, \sigma \to (\sigma \wedge \sigma), \sigma \to (\sim \sigma)\}. \tag{7}$$

При этом все цепочки, порождаемые этой грамматикой, являются правильными выражениями в исчислении высказываний.

Используя этот язык и результаты Маккаллока и Питтса [1, 2] по модели абстрактного нейрона в работе для описания сложной деятельности специалистов по определению состояния агрегатов и БС, введены понятия абстрактного нейрона или модуля M (образующей) и модульной сети, построенной из конечного числа этих модулей, активность которых выражается с помощью формул двузначной логики высказываний и функций высказываний, описывающих функционирование сети (функциональная часть организации, оценки и оценивания состояния агрегатов и БС) формулой

$$P(t) = x_1(t-1) \wedge x_2(t-1) \ldots x_k(t-1), \tag{8}$$

где $P(t)$ – состояние выходного модуля M в момент времени t, а $x_1(t-1)$ – состояние входных модулей m_i в момент $(t-1)$ выражает логически тот факт, что модуль возбужден в момент $t_в$ в том и только в том случае, если модули $m_1, m_2, \ldots, m_k$ были возбуждены в момент $(t-1)$, а остальные модули m_{n-k} находились в состоянии покоя.

Эквивалентное представление функционирования организационной структуры ОП как модульной сети описывается следующим образом. Вход в модульную сеть (осуществляемый входными модулями – линейными специалистами организации ТО) все время их работы до момента t описывается табл. 1 (таблицей входа).

Таблица 1

Момент времени	m_1	m_2	m_3	…	m_{n-1}	1
$t-1$	1	1	0		1	0
$t-2$	1	1	1		0	0
$t-3$	0	1	1		0	1

Таблица входа отражает определенные события за фиксированный промежуток, т.е. оценивание состояния ВС по результатам оценок, полученных инженером от авиатехников.

Таким образом, модульная сеть – организационная структура, реализующая в этой структуре функцию состояния для агрегатов и БС, представляющая функционирование структурной части ор-

ганизации ТО, т.е. каждой модульной ациклической сети, которая моделирует организационную структуру ТО, порождающую определенное событие (оценивание) действиями авиатехников (оценки, возбуждение внутреннего модуля) в момент, $\tau \geq 1$.

Для определения соответствия между состояниями «оригинала» и «эталона» вводится понятие регулярности события. Каждому регулярному событию соответствует равенство, с одной стороны, между множеством таблиц, описывающих оригинал и эталоны, представляющие их функции $f_О$ и $f_Э$, т.е. $f_О = f_Э$, с другой – модульные сети, представляющие эти функции при возбуждении одинаковых внутренних модулей в момент $t + \tau$ при условии, что все внутренние модули в начальной момент находятся в соответствующих состояниях. Лицо, принимающее решения, т.е. осуществляющее оценивание, модулируется модулем с более общими свойствами, в которых число состояний активности больше двух.

Модульные сети, включающие входные модули с двумя состояниями, а внутренние имеют разное число состояний, следуя Клини, будем называть конечным автоматом, который в рамках решения задачи определения состояния объекта ТО, реализующим форму распознавания сравнение с эталоном с помощью просмотра их таблиц входов и выходов. При этом оценивание есть функция f, определенная на множестве оценок «оригинала» X со значениями в множестве «эталона» Y или в теоретико-множественные символики

$$f: X \rightarrow Y. \tag{9}$$

Полное соответствие «оригинала» с функцией f выражается равенством функции q «эталона», т.е. $f = q$. Это и другие события реализуются в ациклической модульной сети (конечным автоматом). В случае отсутствия равенства $f \neq q$ события реализуются модульной сетью с временем задержки.

Методика оценивания стоимости проекта модернизации обслуживающего производства авиакомпании из оценок отдельных элементов операционного комплекса

Оценивание стоимости проекта модернизации ОП, состоящей из многих отдельных частично упорядоченных работ, в рамках синтеза образа оценок с помощью конфигурации, образующие которой являются операторы с тремя входами $a(x, y)$, $b(x, y)$ и $c(x, y)$, причем $a(x, y) \leq b(x, y)$. Эти значения интерпретируются следующим образом: $a(x, y)$ – аварийное время выполнения работ по модернизации (x, y), $b(x, y)$ – нормальное время ее выполнения и $c(x, y)$ – убывание стоимости выполнения этой работы на единицу возрастания времени от $a(x, y)$ до $b(x, y)$ или стоимость выполнения работы (x, y) за $\tau(x, y)$ единиц времени, определяемой по известной формуле

$$k(x, y) - c(x, y) \cdot \tau(x, y) \tag{10}$$

на промежутке

$$a(x, y) \leq \tau(x, y) \leq b(x, y). \tag{11}$$

В случае множества работ стоимость проекта по модернизации будет определяться выражением

$$\sum_{x,y} [k(x,y) - c(x,y)\tau(x,y)], \tag{12}$$

которая была бы минимальной, если функция

$$\sum_{x,y} c(x, y)\ \tau(x,y)$$

принимала бы максимальное значение. Тогда минимальная стоимость проекта для заданного λ единиц времени будет определятся формулой

$$C(\lambda) = \Sigma k(x, y) - \max \Sigma c(x, y) \cdot \tau(x, y), \tag{13}$$

где максимум берется по всем $\tau(x, y)$ при заданных ограничениях на модернизацию организационной структуры ОП.

Заключение

Поставлена и решена задача проектирования системы ТО ВС как сложного комплекса взаимодействующих компонент этой системы – ее функциональной части, обусловленной единством целей

или выполняемых ими функций. Сформулирован общий подход к концепции проектирования (синтеза) системы ТО ВС АТЦ. Рассмотренный метод позволяет обоснованно подходить к выбору мест подразделений СТО, имеет простую программную реализацию и обеспечивает выбор варианта по критерию минимизации затрат при условии возможности оценки работоспособности всех воздушных судов авиакомпании.

Библиографический список

1. *Гренандер, У.* Лекции по теории образов. Синтез образов / У. Гренандер. – Москва : Мир, 1979. – Т. 1. – 384 с.
2. *Гренандер, У.* Лекции по теории образов. Анализ образов / У. Гренандер. – Москва : Мир, 1981. – Т. 2. – 447 с.
3. *Гренандер, У.* Лекции по теории образов. Регулярные структуры / У. Гренандер. – Москва : Мир, 1983. – Т. 3. – 432 с.
4. *Фу, К.* Структурный метод в распознавании образов / К. Фу. – Москва : Мир, 1977. – 320 с.
5. *Коптев, А. Н.* Разработка методики оценки технического состояния объектов обслуживания перспективных авиационных комплексов на основе формализованных знаний / А. Н. Коптев, Б. Ж. Куатов, С. Ж. Куртаев // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2017. – Т. 2. – С. 242–244.
6. *Юрков, Н. К.* Модели и алгоритмы управления интегрированными производственными комплексами : монография / Н. К. Юрков. – Пенза : ИИЦ ПГУ, 2003. – 198 с.

References

1. Grenander U. *Lektsii po teorii obrazov. Sintez obrazov* [Lectures on the theory of images. The synthesis of images]. Moscow: Mir, 1979, vol. 1, 384 p. [In Russian]
2. Grenander U. *Lektsii po teorii obrazov. Analiz obrazov* [Lectures on the theory of images. Image analysis]. Moscow: Mir, 1981, vol. 2, 447 p. [In Russian]
3. Grenander U. *Lektsii po teorii obrazov. Regulyarnye struktury* [Lectures on the theory of images. Regular structure]. Moscow: Mir, 1983, vol. 3, 432 p. [In Russian]
4. Fu K. *Strukturnyy metod v raspoznavanii obrazov* [Structural method in pattern recognition]. Moscow: Mir, 1977, 320 p. [In Russian]
5. Koptev A. N., Kuatov B. Zh., Kurtaev S. Zh. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo* [Proceedings of the International Symposium Reliability and Quality]. 2017, vol. 2, pp. 242–244. [In Russian]
6. Yurkov N. K. *Modeli i algoritmy upravleniya integrirovannymi proizvodstvennymi kompleksami: monografiya* [Models and algorithms for the management of integrated industrial complexes : monograph]. Penza: IITs PGU, 2003, 198 p. [In Russian]

Куртаев Сабит Жанболатович
начальник кафедры конструкции
и эксплуатации авиационного оборудования,
Военный институт Сил воздушной обороны
Республики Казахстан им. Т. Я. Бегельдинова
(Казахстан, г. Актобе, пр. А. Молдагуловой, 16)
E-mail: sabit5@mail.ru.

Куатов Бауржан Жолдыбаевич
PhD, доцент,
заместитель начальника по учебной
и научной работе,
Военный институт Сил воздушной обороны
Республики Казахстан им. Т. Я. Бегельдинова
(Казахстан, г. Актобе, пр. А. Молдагуловой, 16)
E-mail: kuatov.baurjan@mail.ru.

Kurtayev Sabit Zhanbolatovich
head of the department of design
and operation of aviation equipment,
Air Defense Forces of the Military Institute
of the Republic of Kazakhstan
named after T. Y. Begeldinov
(16 A. Moldagulova avenue, Aktobe, Kazakhstan)

Kuatov Baurzhan Zholdybaevich
PhD, associate professor,
deputy chief for academic and scientific works,
Air Defense Forces of the Military Institute
of the Republic of Kazakhstan
named after T. Y. Begeldinov
(16 A. Moldagulova avenue, Aktobe, Kazakhstan)

Образец цитирования:

Куртаев, С. Ж. Метод повышения эффективности организационных структур и процессов обслуживающих производств авиационных технических центров / С. Ж. Куртаев, Б. Ж. Куатов // Надежность и качество сложных систем. – 2020. – № 2 (30). – С. 115–123. – DOI 10.21685/2307-4205-2020-2-12.