

## УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 338.47

Р. Н. ШАРИПОВА

**МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ СТЕПЕНИ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ  
ПО УРОВНЯМ ИНЖЕНЕРНО-АВИЦИОННОЙ СЛУЖБЫ  
АВИАКОМПАНИИ**

В статье предложена методика оптимизации по критерию устойчивости производства распределения специалистов по уровням и определения целесообразной по критерию экономичности управления степени централизации решения задач по устранению задержек рейсов инженерно-авиационной службы авиатранспортного предприятия. *Система управления; степень централизации и децентрализации управления; устойчивость производства; экономичность управления*

**ВВЕДЕНИЕ**

Управление социально-экономическими системами базируется на ресурсах и информации. Природа организации иерархической структуры системы управления такова, что чем выше уровень, тем больше потенциальных возможностей системы по формированию потока ресурсов, но и тем больше поток анализируемой информации. Распределение ресурсов между центром и периферией должно основываться на предварительном распределении задач и функций по иерархическим уровням управления [1].

Решение одних задач требует централизации управления, а необходимость своевременного анализа информации для обеспечения качества управления привела к целесообразности деления сложных задач на более простые и решения их на нижних уровнях, то есть сопровождается децентрализацией управления [2].

Обе эти проблемы – распределение ресурсов и задач по уровням управления – взаимосвязаны и должны рассматриваться совместно. Однако по соображениям методической целесообразности они могут исследоваться самостоятельно.

Таким образом, важной задачей в управлении экономическими системами различных уровней является выбор целесообразной степени централизации (или децентрализации), которая определяется наличием ресурсов, необходимых для решения задач, и возможностями системы по анализу и обработке управленческой информации.

Основной целью стратегического управления социально-экономическими системами является обеспечение эффективной адаптации предприятия к изменениям внешнего окружения, что дает ему возможность сохранения своего устойчивого положения на существующих рынках и освоения новых. Реализация этих мер требует создания гибких организационно-структурных форм.

Решению этой проблемы способствует введение в практику управления экономико-математических моделей, охватывающих многообразие факторов, влияющих на результаты производственной деятельности предприятия.

В результате воздействия различных возмущающих факторов (неблагоприятные метеосостояния, неисправности авиационной техники, неудовлетворительная работа наземной, летной служб и пр.) в авиакомпании возникают сбои ситуации, которые ведут к отклонению вылетов самолетов от расписания. Работа авиапредприятия будет удовлетворять только в том случае, если будут гарантированы высокая безопасность полетов и регулярность движения, оперативность и культура обслуживания.

Обеспечение устойчивости процесса производства авиаперевозок, повышение регулярности вылетов самолетов, уменьшение убытков, возникающих вследствие задержек рейсов, может быть достигнуто совершенствованием организационной структуры системы подготовки воздушных судов к полетам путем оптимизации ее структурных элементов.

В настоящее время большинство авиатранспортных предприятий функционируют в усло-

виях, когда основная часть производственных фондов, имеющийся парк воздушных судов морально и физически устарели. Большая часть задержек вылетов случается по причине неисправностей самолетно-моторного парка. Поэтому система подготовки рейсов главным образом определяется качеством системы инженерно-авиационного обслуживания воздушных судов.

В качестве элементов конструкции организационной структуры системы подготовки воздушных судов к полетам в данной статье предлагается выбрать количество производственных уровней, распределение специалистов системы по производственным уровням и степень централизации устранения задержек рейсов.

Определение разумного распределения функций по устранению задержек вылетов самолетов и распределения трудовых ресурсов инженерно-авиационной службы по уровням управления позволит повысить устойчивость производства и сократить экономические потери от сбоев производства [3].

Актуальность данной проблемы не вызывает сомнений. В менеджменте одной из часто упоминаемых проблем является обоснованный выбор между централизованным и децентрализованным принципами управления социально-экономическими объектами. Однако до сих пор рассуждения об этом носили качественный характер и не было хорошо проработанных количественных подходов для решения этой проблемы. Поэтому актуальным является разработка методик оптимизации распределения ресурсов и задач по устранению сбойных ситуаций по производственным уровням системы подготовки воздушных судов к рейсу авиатранспортного предприятия.

Выбор оптимальной меры централизации управления снижает издержки производства системы подготовки воздушных судов. Это происходит из-за того, что при распределении задач устранения задержек рейсов по уровням в соответствии с найденной оптимальной мерой централизации, они решаются там, где имеются для этого все необходимые ресурсы. Поэтому важно иметь инструмент, который позволяет на основе количественного значения меры централизации найти более разумное распределение задач и, тем самым, повысить экономичность системы, а на основе целесообразного распределения сил специалистов по производственным уровням системы подготовки воздушных судов к рейсу улучшить показатель устойчивости производства. Из изложенного следует, что

рассматриваемые задачи актуальны, а их практическое решение важно.

Значительный вклад в научную разработку теоретических и методических аспектов совершенствования управления в социальных и экономических системах, определения целесообразной степени централизации управления внесли А. В. Абдуллаев, А. Г. Аганбегян, Б. С. Байриев, В. В. Волостных, В. Г. Воробьев, В. В. Гончаров, А. В. Ефремов, О. В. Завьялов, Н. К. Зайнашев, А. И. Зуев, Н. И. Иванов, Б. Г. Ильясов, Е. М. Карлик, В. И. Козловский, Б. А. Лагоша, С. А. Могилевский, Б. З. Мильнер, А. З. Роговой, А. М. Смолкин, Н. Н. Тренев, Р. Х. Холл и др.

Разработке научных основ управления производством в гражданской авиации, использованию социально-экономических моделей в управлении авиационным предприятием посвятили свои работы А. А. Волков, В. Б. Забалуев, И. С. Голубев, А. А. Кондратьев, В. А. Кулик, В. М. Курило, В. А. Новиков, Е. Г. Пинаев, А. С. Саркисян и другие.

Однако остаются недостаточно изученными проблемы разработки моделей эффективности систем управления авиатранспортных предприятий, в частности – системы подготовки воздушных судов к рейсу, не разработаны методики оптимизации распределения задач и ресурсов по уровням системы по критериям устойчивости производства и экономичности управления.

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДИКИ

Цель исследования заключается в разработке модели оптимального по критериям устойчивости и экономичности распределения функций и трудовых ресурсов по уровням инженерно-авиационной службы авиапредприятия.

Для достижения сформулированной цели необходимо решить следующие задачи:

1) выбрать и обосновать критерии качества системы подготовки воздушных судов к рейсу;

2) разработать аналитическую модель устойчивости производства и модель экономичности управления;

3) разработать методику оптимизации (по критерию устойчивости производства) распределения специалистов системы подготовки воздушных судов к рейсу по ее производственным уровням;

4) разработать методику определения степени централизации устранения задержек вылетов, оптимальной по критерию экономичности системы подготовки воздушных судов к рейсу;

Объектом исследования выступает инженерно-авиационная служба авиатранспортного предприятия.

Предметом исследования являются проблемы обеспечения устойчивости производства и экономичности системы подготовки воздушных судов к рейсу

В данной статье будет изложена методика совершенствования системы управления для случая, когда объект управления задан. В основу методики положено использование экономико-математических моделей. Совершенствование организационной структуры системы управления здесь осуществляется путем оптимизации параметров, характеризующих организацию на основе выделенных критериев качества [3].

### 1.1. Выбор и обоснование критериев качества системы подготовки воздушных судов к рейсу

При исследовании и совершенствовании производственной структуры и структуры управления предприятий одна из важнейших проблем – выбор и обоснование критерия качества.

Инженерно-авиационная служба авиакомпании, осуществляющая подготовку самолетов к полетам, является социально-экономической системой. Управление в таких системах должно быть направлено на улучшение как экономических, так и социальных показателей деятельности предприятий.

Рассмотрены два критерия: устойчивость производства и экономичность управления. Выбор основан на стремлении отобразить те свойства системы, по которым ценится ее организационная структура.

Устойчивость производства имеет важное социальное значение, так как она способствует повышению качества обслуживания пассажиров. Устойчивость производства предлагается измерять вероятностью  $P_0(\tau \leq \tau_{\text{доп}})$  того, что длительность  $\tau$  сбойной ситуации в системе подготовки воздушных судов к рейсу не превысит некоторого допустимого значения  $\tau_{\text{доп}}$ .

Данный критерий важен на воздушных линиях малой и средней протяженности, где есть конкурирующие виды транспорта (автомобильный, железнодорожный, водный). При задержках рейсов, превышающих некоторой продолжительности, пассажиры могут выбрать в качестве средства передвижения другой транспорт.

Экономичность системы подготовки воздушных судов к рейсу предложено оценивать

экономическим ущербом  $C(t)$ , наносимым авиатранспортному предприятию задержками вылетов за некоторый промежуток времени  $t$ .

Критерий экономичности системы подготовки воздушных судов к рейсу целесообразно использовать на воздушных линиях большой протяженности. На дальних маршрутах самолеты практически не имеют конкурирующих видов транспорта. Однако сбойные ситуации вызывают значительные убытки для авиатранспортного предприятия.

### 1.2. Определение элементов системы подготовки воздушных судов к рейсу

Процесс управления подготовкой воздушных судов к рейсу связан с решением определенного круга задач. При этом каждый уровень управления занят решением своей группы задач по ликвидации задержек рейсов. Сбои производства могут быть устранены с помощью ресурсов того или иного уровня. В связи с этим организационную структуру системы подготовки воздушных судов к рейсу можно представить состоящей из следующих элементов:

1) Число производственных уровней (1 уровень – производственные участки; 2 уровень – цеха; 3 уровень – предприятие). Это количество будем считать заданным.

2) Распределение трудовых ресурсов – специалистов, занимающихся устранением сбоев, – по производственным уровням системы подготовки воздушных судов к рейсу. Число специалистов на первом уровне обозначим  $k_1$ , на втором –  $k_2$ , на третьем –  $k_3$ . Общее количество специалистов

$$k_0 = k_1 + k_2 + k_3 \quad (1)$$

задано и является неизменным.

3) Степень централизации, оцениваемая долей  $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ , числа задач  $M_1, M_2, M_3$ , решаемых на первом, втором и третьем уровнях, от общего количества  $M_0$  сбоев, возникающих на предприятии за некоторый календарный отрезок времени:

$$\zeta_1 = \frac{M_1}{M_0}, \quad \zeta_2 = \frac{M_2}{M_0}, \quad \zeta_3 = \frac{M_3}{M_0},$$

Очевидно, что

$$\zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 = 1. \quad (2)$$

### 1.3. Модель устойчивости производства системы подготовки воздушных судов к рейсу

Показатель устойчивости производства оценивается вероятностью того, что длительность устранения задержки рейса не будет превышать

некоторого допустимого значения. Обычно число уровней управления равно трем, поэтому эта вероятность равна произведению вероятностей обеспечения допустимой задержки рейса каждым из трех уровней подготовки вылетов, т. е.

$$P_0(\tau \leq \tau_{доп}) = P_1(\tau_1 \leq \tau_{доп}) \times P_2(\tau_2 \leq \tau_{доп}) P_3(\tau_3 \leq \tau_{доп}) \quad (3)$$

Вероятность  $P_j(\tau_j \leq \tau_{доп})$  ( $j = \overline{1,3}$ ) может быть выражена через плотность распределения  $f_j(\tau)$  случайной величины  $\tau$ :

$$P_j(\tau_j \leq \tau_{доп}) = \int_0^{\tau_{доп}} f_j(\tau) d\tau. \quad (4)$$

Функции  $f_j(\tau)$  могут быть получены обработкой результатов статистики задержек рейсов инженерно-авиационной службы реального авиатранспортного предприятия. На основании исследования данных о сбойных ситуациях была построена гистограмма, представленная на рис. 1.

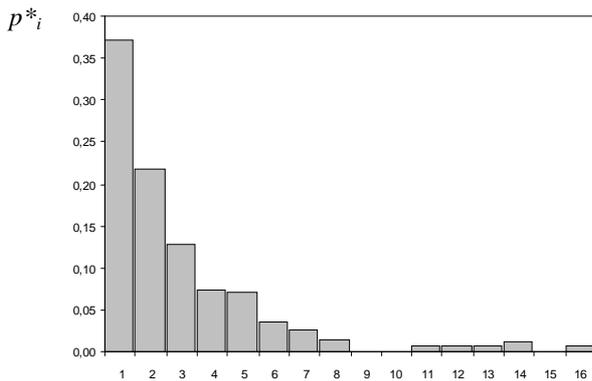


Рис. 1. Гистограмма

По виду и физическому смыслу были сделаны предположения, что случайная длительность устранения задержки вылета может быть описана экспоненциальной функцией

$$f_j(\tau) = \frac{1}{\tau_j} \cdot e^{-\frac{\tau}{\tau_j}} \quad (5)$$

при  $\tau \geq 0$ , (здесь  $\tau_j$  – средняя длительность устранения сбоя на  $j$ -м уровне системы подготовки самолетов к полетам).

Для проверки этого предположения был использован критерий согласия Пирсона  $\chi^2$ . В табл. 1 представлен статистический ряд сбойных ситуаций авиационно-технической базы авиакомпании, на основе которого был рассчитан критерий  $\chi^2$ .

Таблица 1

Статистический ряд задержек рейсов воздушных судов, устраненных специалистами инженерно-авиационной службы за 2 года

№	$x_{i, мин}$	$m_i$	$p_i^*$
1	(0; 100)	91	0,542
2	(100; 200)	36,5	0,217
3	(200; 300)	17,5	0,104
4	(300; 400)	13	0,077
5	(400; 500)	4	0,024
6	(500; 600)	0	0
7	(600; 700)	1	0,006
8	(700; 800)	2	0,012
9	(800; 900)	2	0,012
10	(900; 1000)	1	0,006

Здесь  $m_i$  – число значений в  $i$ -м разряде;  $p_i^*$  – наблюдаемые частоты;  $n$  – количество произведенных опытов;  $p_i$  – теоретическая вероятность.

Результаты оценки достоверности гипотезы приведены в табл. 2.

Таблица 2

Расчет критерия  $\chi^2$  для плотности распределения длительности устранения задержки вылета воздушного судна  $f(\tau)$

Число опытов, $n$	Число разрядов, $k$	Число степеней свободы, $r$	Критерий $\chi^2$		$\bar{p}$ табличные
			полу-чен-ные	таблич-ные	
168	10	$r = 9$	3,26	0,98	2,53
				0,95	3,32

Подставим (5) в (4), получим

$$P_j(\tau_j \leq \tau_{доп}) = \int_0^{\tau_{доп}} \frac{1}{\tau_j} e^{-\frac{\tau}{\tau_j}} d\tau = 1 - e^{-\frac{\tau_{доп}}{\tau_j}}. \quad (6)$$

Продолжительность ликвидации задержек вылетов воздушных судов определяется ресурсами и их распределением по производственным уровням. В зависимости от количества трудовых ресурсов – специалистов авиатехнической базы – среднюю продолжительность ликвидации  $\tau_j$  сбоя на  $j$ -м уровне системы можно представить

$$\tau_j = \frac{\tau_{0j}}{k_j}, \quad (7)$$

где  $k_j$  – численность специалистов  $j$ -го уровня;  $\tau_{0j}$  – средняя длительность устранения сбойной ситуации, если бы этим занимался один специалист.

С учетом последнего соотношения выражение (6) можно записать

$$P_j(\tau_j \leq \tau_{доп}) = 1 - e^{-\frac{\tau_{доп} \cdot k_j}{\tau_{0j}}} \quad (8)$$

Аналитическая модель устойчивости производства будет иметь вид

$$P_0(\tau \leq \tau_{доп}) = \left(1 - e^{-\frac{\tau_{доп} \cdot k_1}{\tau_{01}}}\right) \times \left(1 - e^{-\frac{\tau_{доп} \cdot k_2}{\tau_{02}}}\right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau_{доп} \cdot k_3}{\tau_{03}}}\right) \quad (9)$$

#### 1.4. Модель экономичности управления системой подготовки воздушных судов к рейсу

В статье предложена модель экономичности инженерно-авиационной службы

$$C(t) = C_{с60} \sigma(t), \quad (10)$$

где  $C_{с60}$  – экономический ущерб от сбойных ситуаций за единицу времени (или удельный показатель экономического ущерба от сбоев), который включает в себя следующие составляющие:

$$C_{с60} = C_{ЛС0} + C_{НС0} + C_{ВС0} + C_{ож0}, \quad (11)$$

$C_{ЛС0}$  – заработная плата, выплачиваемая экипажу воздушного судна за единицу времени их фактического простоя (без учета стоимости летного времени);  $C_{НС0}$  – заработная плата бригады специалистов, занимающихся наземным обеспечением рейса, за единицу времени их бездействия при задержке рейса;  $C_{ВС0}$  – стоимость одного летного часа воздушного судна, которое также вынуждено простаивать при сбоях производства;  $C_{ож0}$  – расходы авиакомпании, связанные с организацией ожидания пассажирами возобновления полетов (гостиница, столовая и др.), за единицу времени существования сбойной ситуации.

Второй множитель в выражении (10)  $\sigma(t)$  представляет собой среднее суммарное время нахождения предприятия в состоянии сбоя за некоторый календарный промежуток времени  $t$ . Сбои производства устраняются на трех производственных уровнях системы подготовки воздушных судов к рейсу, поэтому

$$\sigma(t) = \zeta_1 \tau_1(t) + \zeta_2 \tau_2(t) + \zeta_3 \tau_3(t), \quad (12)$$

$\tau_1(t)$  – суммарная длительность ликвидации задержек рейсов на первом уровне за промежуток времени  $t$ ;  $\tau_2(t)$  и  $\tau_3(t)$  – соответственно суммар-

ные длительности устранения сбоев за время  $t$  на втором и третьем уровнях системы.

Математические ожидания  $\tau_1(t)$ ,  $\tau_2(t)$  и  $\tau_3(t)$  случайных величин длительностей ликвидации задержек с использованием ресурсов 1, 2 и 3 производственных уровней могут быть рассчитаны следующим образом:

$$\tau_1(t) = \int_0^t f_1(\tau) \tau d\tau;$$

$$\tau_2(t) = \int_0^t f_2(\tau) \tau d\tau; \quad \tau_3(t) = \int_0^t f_3(\tau) \tau d\tau.$$

Тогда выражение (12) переписывается

$$\sigma(t) = \zeta_1 \int_0^t f_1(\tau) \tau d\tau + \zeta_2 \int_0^t f_2(\tau) \tau d\tau + \zeta_3 \int_0^t f_3(\tau) \tau d\tau, \quad (13)$$

где плотность вероятности для  $j$ -го уровня

$$f_j(\tau) = \frac{1}{\tau_j} e^{-\frac{\tau}{\tau_j}}.$$

Подставив  $f_j(\tau)$  в (13) и проинтегрировав, получим

$$\sigma(t) = \zeta_1 \left[ \tau_1 - (t + \tau_1) e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right] + \zeta_2 \left[ \tau_2 - (t + \tau_2) e^{-\frac{t}{\tau_2}} \right] + \zeta_3 \left[ \tau_3 - (t + \tau_3) e^{-\frac{t}{\tau_3}} \right]$$

Модель экономичности системы подготовки воздушных судов к рейсу имеет вид

$$C(t) = C_{с60} \cdot \sum_{j=1}^3 \zeta_j \left[ \tau_j - (t + \tau_j) \cdot e^{-\frac{t}{\tau_j}} \right] \quad (14)$$

#### 1.5. Методика оптимизации (по критерию устойчивости производства) распределения специалистов инженерно-авиационной службы по ее производственным уровням

Проблема совершенствования системы подготовки воздушных судов к рейсу по критерию устойчивости ставится как задача отыскания оптимального распределения заданной общей численности специалистов по производственным уровням системы. Критерием оптимальности является минимум вероятности задержек. Иначе говоря, распределение считается оптимальным, если достигается максимум вероятности того, что задержка по всем трем уровням не превысит допустимого значения. Эта вероятность равна произведению вероятностей обес-

печения допустимой задержки рейса каждым из трех уровней подготовки вылетов. Все три вероятности  $P_j(\tau_j \leq \tau_{\text{доп}})$ ,  $j = 1, \dots, 3$ , по смыслу меньше единицы, поэтому наибольшая вероятность достигается при равенстве множителей

$$P_1(\tau_1 \leq \tau_{\text{доп}}) = P_2(\tau_2 \leq \tau_{\text{доп}}) = P_3(\tau_3 \leq \tau_{\text{доп}}) \quad (15)$$

Вероятности  $P_1, P_2, P_3$  зависят от распределения специалистов по уровням системы подготовки воздушных судов. Задачу определения количества специалистов  $k_j$  на каждом  $j$ -м производственном уровне, целесообразного по критерию устойчивости производства, можно поставить так: «Найти такие  $k_1, k_2$  и  $k_3$ , при которых вероятность того, что задержка рейса не превысит некоторого предельно допустимого значения  $\tau_{\text{доп}}$  будет максимальной, а общее количество специалистов, занимающихся устранением сбоев на трех уровнях системы подготовки самолетов, останется неизменным».

Уравнения для постановки данной задачи в общем виде можно записать

$$\begin{cases} P_1(k_1) = P_2(k_2), \\ P_2(k_2) = P_3(k_3), \\ k_1 + k_2 + k_3 = k_0. \end{cases} \quad (16)$$

С учетом (7), система уравнений (16) примет вид

$$\begin{cases} 1 - e^{-\frac{\tau_{\text{доп}} - k_1}{\tau_{01}}} = 1 - e^{-\frac{\tau_{\text{доп}} - k_2}{\tau_{02}}}; \\ 1 - e^{-\frac{\tau_{\text{доп}} - k_2}{\tau_{02}}} = 1 - e^{-\frac{\tau_{\text{доп}} - k_3}{\tau_{03}}}; \\ k_1 + k_2 + k_3 = k_0. \end{cases} \quad (17)$$

Задача совершенствования системы подготовки воздушных судов по критерию устойчивости производства сводится к выбору таких значений  $k_1, k_2, k_3$ , которые обеспечивают максимум вероятности  $P_0(\tau \leq \tau_{\text{доп}})$  при неизменном общем количестве  $k_0$  специалистов системы.

Решение системы уравнений (17):

$$\begin{aligned} k_1 &= \frac{k_0 \cdot \tau_{01}}{\tau_{01} + \tau_{02} + \tau_{03}}, \quad k_2 = k_1 \cdot \frac{\tau_{02}}{\tau_{01}}, \\ k_3 &= k_1 \cdot \frac{\tau_{03}}{\tau_{01}}. \end{aligned} \quad (18)$$

Для проверки достоверности решения выполняется подсчет вероятностей  $P_j(k_j)$  ( $j=1,2,3$ ) при полученных значениях  $k_j$ . Должно выполняться условие равновероятности значений длительностей задержек, устраняемых на 1, 2 и 3 уровнях системы. Затем вычисляется показатель устойчивости производства  $P_0(\tau \leq \tau_{\text{доп}})$  при новых рассчитанных значениях  $k_1, k_2$  и  $k_3$ .

## 1.6. Методика оптимизации степени централизации устранения задержек вылетов по критерию экономичности системы подготовки воздушных судов

Задача совершенствования системы подготовки самолетов по критерию экономичности записана так: определить такие доли задач по устранению задержек рейсов  $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ , при которых:

$$\begin{cases} C(t) = C_{\text{сб0}} \sum_{j=1}^3 \zeta_j \left[ \tau_j - (t + \tau_j) \cdot e^{-\frac{t}{\tau_j}} \right] \Rightarrow \min \\ \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 = 1 \\ \zeta_1 > 0, \zeta_2 > 0, \zeta_3 > 0 \\ \zeta_1 \geq \zeta_2 \geq \zeta_3. \end{cases} \quad (19)$$

## 2. ВОЗМОЖНОСТИ ПРИКЛАДНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДИКИ

Практическая значимость предложенной методики совершенствования инженерно-авиационной службы заключается в том, что она позволяет более эффективно использовать трудовые ресурсы – специалистов – и оптимизировать распределение решаемых ими задач по уровням системы. При этом обеспечивается высокая устойчивость производственного процесса и минимизируются экономические потери от задержек рейсов воздушных судов.

При практическом применении данной методики необходимы следующие исходные данные: статистика сбоев за некоторый продолжительный календарный промежуток времени  $t = 1,5-2$  года, из которой определяются: вид каждой сбойной ситуации, ресурсы, необходимые для ее устранения; количество задач, решаемых на каждом уровне  $M_1, M_2, M_3$  и общее количество задач  $M_0$ ; общая численность специалистов  $k_0$ , среднее время  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  устранения сбойных ситуаций на трех уровнях предприятия; величина допустимой длительности  $\tau_{\text{доп}}$  задержки рейса, потери от сбоев  $C_{\text{сб0}}$  по предприятию в единицу времени существования аварийной остановки.

Рассмотрим примеры использования предложенных моделей для авиатранспортного предприятия.

### 2.1. Анализ качества системы подготовки воздушных судов к рейсу по критерию устойчивости производства

рассмотрен на примере инженерно-авиационной службы авиакомпании. Средние значения длительностей ликвидации сбоев на различных уровнях равны соот-

ветственно  $\tau_1 = 0,78$  ч.;  $\tau_2 = 1,12$  ч.;  $\tau_3 = 1,36$  ч. Численности специалистов на трех производственных уровнях системы подготовки воздушных судов равны соответственно  $k_1 = 296$ ,  $k_2 = 28$ , и  $k_3 = 12$ . Допустимая длительность  $\tau_{\text{доп}}$  задержки рейса выбрана равной 0,25 ч.

Продолжительность  $\tau_{01}$ ,  $\tau_{02}$  и  $\tau_{03}$  задержек на 1, 2 и 3 уровнях системы при условии, что устранением сбоя занимается один специалист соответствующего уровня равны:  $\tau_{01} = 230,88$  ч.;  $\tau_{02} = 31,36$  ч.;  $\tau_{03} = 16,32$  ч.

Величина показателя устойчивости производства в системе подготовки самолетов к вылетам при существующем распределении специалистов по уровням для допустимой длительности задержки рейса, равной 0,25 ч. составила  $P_0(\tau \leq 0,25 \text{ ч.}) = 0,01$ .

Согласно полученным результатам существующая структура системы подготовки самолетов к рейсам и фактическое распределение специалистов по уровням нуждается в совершенствовании.

В связи с этим для данного предприятия целесообразно использовать методику оптимизации распределения трудовых ресурсов системы подготовки воздушных судов по критерию устойчивости производства.

Подставив в выражение (18) следующие исходные данные: средние значения ликвидации сбоев на разных уровнях  $\tau_{01} = 230,88$  ч.,  $\tau_{02} = 31,36$  ч.;  $\tau_{03} = 16,32$  ч., общую численность специалистов  $k_0=336$  и допустимую длительность задержки рейса  $\tau_{\text{доп}}=0,25$  ч., получим  $k_1=278$  чел.,  $k_2 = 38$  чел.,  $k_3 = 20$  чел.

В табл. 3 представлены данные о количестве  $k_j$  специалистов, распределенных по уровням инженерно-авиационной службы, и значения показателя устойчивости производства в существующей системе подготовки самолетов к вылетам и в усовершенствованной.

Таблица 3

Результаты применения модели оптимизации распределения специалистов по уровням системы управления инженерно-авиационной службы

	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$P_0(\tau \leq 0,25)$
В существующей системе подготовки воздушных судов к рейсу	296	28	12	0,01
В усовершенствованной системе подготовки воздушных судов к рейсу	278	38	20	0,02

Полученное решение способствует повышению устойчивости производства.

### 2.2. Пример исследования экономичности системы подготовки воздушных судов к рейсу

Исходные данные таковы: за  $T = 1,7$  года общее количество задержек рейсов равно  $M_0(T) = 168$ ; количества задач по устранению сбоев на 1,2 и 3 уровнях системы равны соответственно  $M_1(T) = 123$ ,  $M_2(T) = 26$  и  $M_3(T) = 19$ ; промежутки времени, за который оценивается экономичность  $t = 24$  ч.; удельный показатель экономического ущерба от сбоев  $C_{с60} = 138550$  руб./ч.; средние значения длительностей ликвидации сбоев на различных уровнях равны  $\tau_1 = 0,78$  ч.;  $\tau_2 = 1,12$  ч.;  $\tau_3 = 1,36$  ч. Требуется определить экономичность  $C(t)$  системы за время  $t$ .

Задачи в инженерно-авиационной службе распределены по уровням следующим образом:

$$\zeta_1 = \frac{M_1(T)}{M_0(T)} = \frac{123}{168} \approx 0,73;$$

$$\zeta_2 = \frac{M_2(T)}{M_0(T)} = \frac{26}{168} \approx 0,17;$$

$$\zeta_3 = \frac{M_3(T)}{M_0(T)} = \frac{19}{168} \approx 0,10.$$

Экономичность системы подготовки воздушных судов к рейсам равна

$$C(t) = 138550 \cdot \left[ 0,73 \cdot \left( 0,78 - (24 + 0,78) \cdot e^{-\frac{24}{0,78}} \right) + 0,17 \cdot \left( 1,12 - (24 + 1,12) \cdot e^{-\frac{24}{1,12}} \right) + 0,10 \times \left( 1,36 - (24 + 1,36) \cdot e^{-\frac{24}{1,36}} \right) \right] \approx 142113 \text{ руб. за сутки.}$$

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости сокращения потерь от сбоев. Степень централизации в действующей системе управления инженерно-авиационной службы не является оптимальной. Количество задач, решаемых на каждом уровне управления, требует корректировки. Необходимо внедрение некоторых мероприятий

### 2.3. Пример использования методики оптимизации степени централизации управления инженерно-авиационной службы по критерию экономичности

Исходными данными являются: промежуток времени, за который оценивается экономический показатель,  $t = 24$  ч.; величина удельного

показателя экономического ущерба от сбоев  $C_{с60} = 138550$  руб./ч.; средние длительности устранения сбоев на каждом из уровней системы подготовки воздушных судов  $\tau_1 = 0,78$  ч.;  $\tau_2 = 1,12$  ч.;  $\tau_3 = 1,36$  ч.

Математическая постановка задачи:

Требуется найти такие  $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ , при которых

$$\left\{ \begin{array}{l} C(t) = 138550 \cdot \left[ \zeta_1 \cdot \left( 0,78 - (24 + 0,78)e^{-\frac{24}{0,78}} \right) + \right. \\ \left. + \zeta_2 \cdot \left( 1,12 - (24 + 1,12) \cdot e^{-\frac{24}{1,12}} \right) + \right. \\ \left. + \zeta_3 \cdot \left( 1,36 - (24 + 1,36) \cdot e^{-\frac{24}{1,36}} \right) \right] \Rightarrow \min, \\ \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 = 1, \\ \zeta_1 > 0, \zeta_2 > 0, \zeta_3 > 0, \\ \zeta_1 \geq \zeta_2 \geq \zeta_3 \end{array} \right.$$

Таблица 4

Результаты применения модели оптимизации распределения функций по устранению задержек рейсов по уровням системы управления инженерно-авиационной службы

	$C(t)$ , руб.	$\zeta_1$	$\zeta_2$	$\zeta_3$
В действующей системе подготовки воздушных судов к рейсу	142113	0,73	0,17	0,10
В усовершенствованной системе подготовки воздушных судов к рейсу	138093	0,78	0,14	0,08

За рассматриваемый период времени  $t$  экономическая эффективность использования предложенной методики равна  $\Delta C(t) = 142113 - 138093 = 4020$  руб./сутки. Годовая экономия составит  $\mathcal{E}_T \approx 1427100$  руб.

В табл. 5 приведен анализ фактического и расчетного распределения задач по уровням.

Таблица 5

Уровни	Фактическое распределение задач по уровням	Расчетное распределение задач по уровням	Изменение количества задач
1	123	131	+8
2	29	24	-5
3	16	13	-3

Рассмотрим некоторые мероприятия, необходимые для применения результатов данной методики на практике.

Количество задач третьего уровня инженерно-авиационной службы предлагается уменьшить за счет перераспределения их на предыдущий уровень, и тем самым высвободить время технического директора на решение перспективных задач.

Необходимо снизить количество сбойных ситуаций, рассматриваемых на втором уровне, за счет их перераспределения на первый. Руководители этого уровня – заместитель технического директора по производству и заместитель технического директора по авиационному и радиоэлектронному оборудованию также могут больше времени посвятить проблемам развития предприятия.

На первом уровне иерархической структуры системы управления инженерно-авиационной службы авиакомпании количество оперативных задач предлагается увеличить. Длительность ликвидации сбоев на первом уровне незначительна по сравнению с той же величиной на вышестоящих уровнях. Управленческие решения начальниками участков принимаются быстро и своевременно. У них имеется возможность рассмотреть большее количество задач и принять компетентное решение.

Такое перераспределение решаемых проблем по уровням системы управления позволит снизить экономические потери предприятия от задержек рейсов за счет сокращения суммарной длительности устранения сбоев в авиатехнической базе за время  $t$ .

Определение оптимальной степени централизации решения задач и целесообразного распределения трудовых ресурсов позволит улучшить существующую систему управления инженерно-авиационной службы авиатранспортного предприятия, сделать ее более экономичной, устойчивой, способной быстро и своевременно реагировать на сбои и устранять их с наименьшими потерями.

Задачи линейного программирования (17, 19) могут быть решены в табличном процессоре Microsoft Excel с помощью инструмента для поиска решения уравнений и задач оптимизации. Также ее можно решить с помощью различных математических пакетов, прикладных программ (например, программного продукта «Пакет экономических расчетов», MAPLE v.8.0, который является адаптацией пакета «Системы количественного анализа в управлении» (Quantitative Systems for Business – QSB) версия 5.0). Его ав-

торы Ю-Лонг Чанг и Роберт С. Саллаван. Пакет ПЭР предназначен для решения ряда экономико-математических задач на персональных компьютерах типа IBM PC. Для работы ПЭР требуется не меньше 256 кб оперативной памяти, DOS версии 2.0 и выше.

Предложенные в статье модели могут быть применимы не только для авиатранспортного предприятия, но и для других предприятий с учетом специфики производства. На любом производственном предприятии время от времени возникают сбои производства, решение об устранении которых может приниматься на одном из уровней управления. Для ликвидации сбоев необходимы ресурсы того или иного уровня системы управления предприятия. Поэтому задача оптимизация степени централизации и определения целесообразного распределения ресурсов по уровням системы управления является актуальной и для промышленных предприятий, и может быть решена с помощью предложенной методики.

Корректировка при применении моделей для другого предприятия потребует при определении исходных данных: количества уровней управления, длительности устранения сбоев, потерь от сбоев производства в единицу времени и т.д.

Разработанные модели могут быть также доработаны и оптимизировать не только распределение задач и трудовых ресурсов, но и всех остальных видов ресурсов, необходимых для устранения сбоя.

## ВЫВОДЫ

Российские авиакомпании вынуждены выживать в условиях высокой конкуренции со стороны других видов транспорта и более успешных авиатранспортных предприятий, самостоятельно решать текущие задачи производства полетов и продажи авиаперевозок без значительной финансовой поддержки государства. Устаревание производственных мощностей, ограниченное количество и высокая стоимость авиатехники, авиационных изделий, используемых при устранении сбоев в производственном процессе подготовки воздушных судов к рейсам, обуславливают частые и длительные задержки вылетов. Согласно статистике большая часть сбойных ситуаций на авиатранспортном предприятии происходит в связи с несвоевременной подготовкой воздушных судов к рейсам. Качество системы управления инженерно-авиационной службы, обеспечивающей готовность самолетов к полетам, влияет на экономи-

ческие показатели авиакомпании и имеет важное социальное значение.

1. Подготовка воздушных судов к рейсу осуществляется инженерно-авиационной службой авиатранспортных предприятий, в которой сконцентрированы материальные и трудовые ресурсы. Систему подготовки можно представить состоящей из трех элементов: количества уровней системы, численности специалистов на каждом уровне и степени централизации устранения задержек вылетов. При заданном числе уровней системы подготовки, оно традиционно равно трем, искомыми являются показатели остатальных двух элементов.

2. Для оценки качества системы подготовки самолетов к рейсу могут быть использованы следующие социально-экономические показатели – устойчивость производства и экономичность управления. Критерием устойчивости выбрана вероятность того, что задержка вылета не превысит некоторой заданной продолжительности. Экономичность предложено оценивать объемом ущерба, наносимого предприятию задержками рейсов.

3. Модель устойчивости производства связывает вероятность задержек не более допустимой длительности, среднее время устранения неисправностей самолетов и количества специалистов на каждом из трех уровней системы подготовки. В статье предложен алгоритм оптимального распределения заданной общей численности специалистов по уровням системы. Критерием оптимальности является минимум вероятности задержек. Иначе говоря, распределение считается оптимальным, если достигается максимум вероятности того, что задержка по всем трем уровням не превысит допустимого значения. Эта вероятность равна произведению вероятностей обеспечения допустимой задержки рейса каждым из трех уровней подготовки вылетов. Все три вероятности по смыслу меньше единицы, поэтому наибольшая вероятность достигается при равенстве сомножителей.

4. Модель экономичности системы подготовки самолетов к выполнению рейсов отражает функциональные связи между экономическим ущербом предприятия от сбойных ситуаций в инженерно-авиационной службе, статистическими характеристиками длительностей задержек, издержками предприятия в единицу времени существования сбоев и соотношениями количества задач по устранению задержек на уровнях системы подготовки вылетов.

5. Методика определения оптимального по критерию устойчивости производства распреде-

ления специалистов инженерно-авиационной службы по ее производственным уровням позволяет найти такое распределение специалистов по уровням, при котором достигается максимум вероятности того, что задержка на всех уровнях не превысит допустимой длительности. Исходной информацией являются средние длительности ликвидации задержек на различных уровнях, общее количество специалистов системы подготовки рейсов и допустимая продолжительность задержек.

б. Методика распределения общего количества задач устранения сбоев по уровням инженерно-авиационной службы, оптимального по критерию минимума ущерба от задержек вылетов воздушных судов в качестве исходной информации может использовать среднюю продолжительность устранения сбоев на уровнях системы подготовки рейсов, общее количество сбоев за некоторое заданное время.

Предложенная в статье методика основана на использовании экономико-математических моделей и реальной статистики сбойных ситуаций и может найти широкое практическое применение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Зайнашев, Н. К.** Производственный менеджмент. Экономико-математические модели / Н. К. Зайнашев. Уфа: Изд-во УГАТУ, 2006. 299с.

2. **Зайнашев, Н. К.** Проблемы централизации и децентрализации управления в экономических системах / Р. Н. Шарипова // Теория и практика межуровневого взаимодействия хозяйственных систем: Материалы Междунар. науч.-практич. конф. Саратов, 2004. С.199–200.

3. **Шарипова, Р. Н.** Методика построения организационной структуры системы управления авиационно-технической базы авиатранспортного предприятия / Р. Н. Шарипова // Управление экономикой: методы, модели, технологии: V Всероссийск. науч. конф. международным участием: Материалы конференции: В 2-х ч., Ч.2. Уфа: Изд-во УГАТУ, 2007. С.346-351.

## ОБ АВТОРЕ



**Шарипова Регина Наильевна**, доц. каф. финансов и экон. анализа. Дипл. специалист (БГПУ, 2000). Канд. экон. наук по управлению в соц. и экон. системах (2004).