

УДК 378.162.33

DOI: 10.26467/2079-0619-2025-28-6-64-76

## Комплексная система оценки компетенции диспетчеров управления воздушным движением при подготовке на тренажерах

И.А. Кривогузов<sup>1</sup>, А.Ю. Прокопович<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский региональный центр ЕС ОрВД, г. Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация:** Современные требования к безопасности и эффективности управления воздушным движением (УВД) обуславливают необходимость совершенствования методов подготовки и оценки компетенций авиационных диспетчеров. В данной статье предлагается две методики оценки профессиональных навыков и уровня компетенции диспетчеров управления воздушным движением. Первая методика основана на классическом субъективном методе оценок. Вторая методика – на ключевых компонентах работы, оцененных объективно. Мультикритериальный анализ по теории нечеткой логики позволяет эффективно и всесторонне оценивать уровень компетенций диспетчеров УВД. Шкала оценок дает возможность сопоставить характеристики анализируемой компетенции с различными составляющими для понимания влияния для конкретного диспетчера. Разработанная мультикритериальная методика включает многоуровневый анализ ключевых компетенций, таких как ситуационная осведомленность, когнитивная нагрузка, оперативное принятие решений, коммуникативная эффективность, управление рисками и стрессоустойчивость. Данный метод можно использовать для оценки специалиста любого уровня подготовки: от только что трудоустроенного до опытного специалиста, а также студентов-диспетчеров. Предложены критерии количественной и качественной оценки, позволяющие объективно определять уровень готовности специалистов к работе в реальных условиях. Анализ компетенций диспетчера УВД позволит своевременно принять превентивные меры для более качественной подготовки и устранения нарушений. Особое внимание уделено практической реализации методики. Предлагаемую методику целесообразно использовать при оценке персонала ОВД в совокупности с искусственным интеллектом. Внедрение данной системы будет способствовать повышению безопасности воздушного движения, снижению человеческого фактора в критических ситуациях и оптимизации процессов обучения в авиационных учебных центрах.

**Ключевые слова:** диспетчер УВД, профессиональная оценка, компетенция, тренажерная подготовка, принятие решений, искусственный интеллект, анализ данных, человеческий фактор.

**Для цитирования:** Кривогузов И.А., Прокопович А.Ю. Комплексная система оценки компетенции диспетчеров управления воздушным движением при подготовке на тренажерах // Научный Вестник МГТУ ГА. 2025. Т. 28, № 6. С. 64–76. DOI: 10.26467/2079-0619-2025-28-6-64-76

## Comprehensive competency assessment system for air traffic controllers during simulator training

I.A. Krivoguzov<sup>1</sup>, A.Y. Prokopovich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Saint-Petersburg Regional Air Traffic Control Center, Saint-Petersburg, Russia

**Abstract:** Modern requirements for safety and efficiency in air traffic management (ATM) necessitate the improvement of training methods and the assessment of the competencies of air traffic controllers. This article proposes two methodologies for evaluating the professional skills and competency levels of air traffic controllers (ATCs). The first methodology is based on the classical subjective assessment method. The second methodology focuses on key job components evaluated objectively. Multicriteria analysis based on fuzzy logic theory allows for an effective and comprehensive assessment of ATCs competency levels. The evaluation scale enables the comparison of the characteristics of the analyzed competencies with various components to understand their impact on a specific controller. The developed multicriteria methodology includes a multi-level analysis of key competencies, such as situational awareness, cognitive load, operational decision-making, communication effectiveness, risk management and stress resistance. This method can be used to assess specialists at any level of experience – from newly employed individuals to

experienced professionals, as well as student controllers. Criteria for quantitative and qualitative assessment are proposed allowing for an objective determination of the specialists' readiness to work in real-world conditions. Analyzing the ATCs competencies will enable timely preventive measures to be taken for better training and the elimination of violations. Special attention is paid to the practical implementation of the methodology. The proposed approach is advisable to be used when assessing ATM personnel in combination with artificial intelligence. The implementation of this system will contribute to enhancing flight safety, reducing the impact of human factors in critical situations, and optimizing training processes in aviation training centers.

**Key words:** air traffic controller, professional assessment, competence, simulator training, decision-making, artificial intelligence, data analysis, human factor.

**For citation:** Krivoguzov, I.A., Prokopovich, A.Y. (2025). Comprehensive competency assessment system for air traffic controllers during simulator training. Civil Aviation High Technologies, vol. 28, no. 6, pp. 64–76. DOI: 10.26467/2079-0619-2025-28-6-64-76

## Введение

Диспетчер управления воздушным движением (УВД) – одна из самых ответственных профессий [1]. Ошибка такого специалиста может привести к катастрофическим последствиям, поэтому тренировка требует строгой системы оценивания. Необходим комплексный подход, учитывающий теоретические знания, практические умения, а также автоматизированные навыки [2, 3]. В настоящее время оценка профессиональных качеств диспетчеров имеет ряд существенных ограничений и недостатков, а именно:

1) субъективность оценок (разные инструкторы могут по-разному интерпретировать одни и те же действия, а также иметь разные количественные критерии оценки);

2) статичность существующих методов оценки (упражнения не всегда учитывают динамику реальной рабочей ситуации и не имеют возможности адаптации к изменяющимся условиям);

3) узкую направленность оценок (инструкторы ставят акценты на фразеологию и выполнение технологических операций, при этом стрессоустойчивость, когнитивные способности и психологические аспекты не оцениваются).

Проще говоря, существующие сегодня методики оценки не позволяют оценить подготовку и компетенцию диспетчера корректно<sup>1</sup>. Разрабатываемая система оценок может решить эти проблемы: будет производиться

комплексная оценка профессиональных качеств, вырастет объективность оценки. В настоящей работе представлены методики оценки компетенции диспетчеров, которые могут быть применены на диспетчерском тренажере. В перспективе возможно внедрение адаптивных алгоритмов анализа действий диспетчера с помощью искусственного интеллекта и будет производиться прогноз профессионального роста и выгорания.

## Метод оценки компетенции диспетчера УВД путем оценки уровней знаний, умений и навыков

Перед тем как перейти к комплексным методам оценки, необходимо разобрать методику оценки через следующие параметры: знания, умения и навыки [4]. Однако предлагается внести изменения путем ее реализации через математическую модель.

Знания (*K* – knowledge) – это фундаментальная база, которой обязан владеть каждый диспетчер УВД. Она включает нормативные документы, основные принципы и процедуры ОВД, авиационную метеорологию, аэродинамику, аэронавигацию, авиационный английский язык и стандартную фразеологию. Оценить данный параметр можно с помощью тестирований, устных и письменных экзаменов.

Умения (*A* – abilities) – способность диспетчера УВД применять знания в реальных условиях на рабочем месте, а именно: работа с различным оборудованием (индикатор воздушной обстановки, система коммутации ре-

<sup>1</sup> Учебный курс «Управление воздушным движением». ТУКЕ, Кошице, 2022.

Таблица 1  
Table 1

Система оценок  
Assessment system

Оценка	Знания (К), %	Умения (А), %	Навыки (S), %
Отлично	90–100	85–100	95–100
Хорошо	75–89	70–84	80–94
Удовлетворительно	60–74	50–69	65–79
Неудовлетворительно	< 60	< 50	< 65

чевой связи), работа с различным радиолокационным оборудованием и без него, решение конфликтных ситуаций и принятие решений. Оценить данный параметр можно в процессе розыгрышей управления воздушным движением (теоретических вопросов, где для диспетчера описывается воздушная обстановка, а диспетчер должен описать свои действия в предложенной ситуации) и занятиях на тренажере.

Навыки (S – skills) – автоматизированные действия диспетчера УВД, доведенные до совершенства. Скорость реакции на изменения воздушной обстановки, точность и четкость выдаваемых команд и устойчивость к стрессу являются показателями уровня навыков. Оценить данный параметр можно через стресс-тесты при высокой интенсивности воздушного движения, а также хронометраж реакций диспетчера.

Компетенция (C – competence) – характеристика специалиста, объединяющая знания, умения и навыки [5]. Для количественной оценки предлагается следующая линейная взвешенная модель:

$$C = \alpha \cdot K + \beta \cdot A + \gamma \cdot S, \quad (1)$$

где C – итоговая компетенция (%), K – оценка знаний (%), A – оценка умений (%), S – оценка навыков (%),  $\alpha = \frac{1}{3}$ ,  $\beta = \frac{1}{3}$ ,  $\gamma = \frac{1}{3}$  – коэффициенты веса каждого параметра.

Выбор значений данных коэффициентов обусловлен равной важностью параметров для работы. Для диспетчера одинаково важ-

ны и знания, и умения, и навыки, следовательно, коэффициенты веса должны быть равны.

В табл. 1 представлены критерии оценки по каждому параметру.

В табл. 2 представлена градация оценок компетенции диспетчеров УВД по предложенной математической модели.

Для понимания оценки необходимо рассмотреть несколько примеров. Для этого по формуле (1) необходимо выполнить расчет оценки компетенции.

Пример 1.  $K = 74 \%$ ,  $A = 81 \%$ ,  $S = 73 \%$ .

$$C = \frac{1}{3} \cdot 74 \% + \frac{1}{3} \cdot 81 \% + \frac{1}{3} \cdot 73 \% = 76 \%$$

Диспетчер уровня «Компетентный», может работать самостоятельно, но требует наблюдения.

Пример 2.  $K = 94 \%$ ,  $A = 89 \%$ ,  $S = 89 \%$ .

$$C = \frac{1}{3} \cdot 94 \% + \frac{1}{3} \cdot 89 \% + \frac{1}{3} \cdot 89 \% = 90,7 \%$$

Диспетчер уровня «Эксперт», может работать самостоятельно.

Пример 3.  $K = 96 \%$ ,  $A = 87 \%$ ,  $S = 61 \%$ .

$$C = \frac{1}{3} \cdot 96 \% + \frac{1}{3} \cdot 87 \% + \frac{1}{3} \cdot 61 \% = 81,3 \%$$

Диспетчер уровня «Профессионал», может работать самостоятельно.

Таблица 2  
Table 2

Шкала уровня компетенций  
Competency level scale

Уровень	Диапазон, %	Характеристика	Допуск к работе
Эксперт	90–100	Автоматизм в принятии решений, безупречное знание нормативов	Самостоятельно
Профессионал	80–89	Стабильно высокие показатели, редкие ошибки, хорошая стрессоустойчивость	Самостоятельно
Компетентный	70–79	Соответствует стандартам, но требует периодического контроля	Самостоятельно, но требует наблюдения
Стажер	60–69	Основные знания/навыки есть, но недостаточно опыта для самостоятельной работы	Только с инструктором
Неудовлетворительно	< 60	Критические пробелы в знаниях/навыках, высокий риск ошибок	Не допущен

Таблица 3  
Table 3

Весовая матрица решений  
Decision weight matrix

Категория решения	Примеры	Вес ( $\omega_i$ )	Логика веса
Критические (А)	Изменение эшелона	1,5	Высокая ответственность
Тактические (В)	Изменение маршрута, регулирование скорости	1,2	Влияние на поток
Операционные (С)	Разрешения на взлет/посадку	1	Стандартные операции
Рутинные (D)	Запросы информации, подтверждения	0,8	Низкий риск

## Мультикритериальный метод оценки компетенций

Для оценки компетенций диспетчера (С) предлагаемым мультикритериальным методом необходимо оценить 5 параметров: точность принимаемых решений ( $K_1$ ), скорость реакции ( $K_2$ ), эффективность управления ( $K_3$ ), стрессоустойчивость ( $K_4$ ) и соблюдение процедур ОВД ( $K_5$ ).

**1. Точность принимаемых решений** [6, 7] – это способность диспетчера выдавать корректные команды в различных ситуациях.

$$K_1 = \frac{N_{\text{пр}}}{N}, \quad (2)$$

где  $N_{\text{пр}}$  – количество правильно принятых решений,  $N$  – общее количество решений.

Данную формулу можно представить в следующем варианте:

$$K_1 = \frac{\sum_1^n c_i \cdot \omega_i}{\sum_1^n t_i \cdot \omega_i}, \quad (3)$$

где  $n$  – количество принятых решений,  $c_i$  – бинарный индикатор корректности  $i$ -го решения (1 – верно, 0 – неверно),  $t_i$  – факт принятия  $i$ -го решения (1 – решение принято),  $\omega_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го типа решения.

В табл. 3 представлена весовая матрица решений.

Таблица 4  
Table 4

Таблица принятых решений  
Decision table

Тип решения	Текст решения	Эталон	$\omega_i$	$c_i$
A	Climb to FL350	FL360	1,5	0
B	Turn left heading 270	270	1,2	1
B	Maintain Mach 0,76	0,76	1,2	1
D	Contact Moscow-Control 127,5	125,5	0,8	0

Таблица 5  
Table 5

Время реакции на ситуации  
Reaction time on situations

Тип ситуации	$t_0$ (с)	Допустимый предел	$\omega_i$
Экстренные (нарушение интервалов)	2,5	5	1,5
Критические (отклонения от выданных разрешений)	5	10	1,2
Стандартные (запросы)	10	20	1
Информационные	15	30	0,8

Для понимания прикладного применения настоящей таблицы необходимо рассмотреть пример расчета данного коэффициента. Диспетчер провел тренажерную сессию и принял 4 решения, которые приведены в табл. 4.

По формуле (3) выполняется расчет параметра:

$$K_1 = \frac{0 \cdot 1,5 + 1 \cdot 1,2 + 1 \cdot 1,2 + 0 \cdot 0,8}{1 \cdot 1,5 + 1 \cdot 1,2 + 1 \cdot 1,2 + 1 \cdot 0,8} = \frac{2,4}{4,7} = 0,51.$$

**2. Скорость реакции [8]** – время от момента возникновения ситуации до момента принятия диспетчером решения.

$$K_{2i} = \frac{1}{1 + e^{0,5 \cdot (t - t_0)}}, \quad (4)$$

где  $t$  – фактический уровень реакции, который измеряется как разница между временем реакции и временем появления события,  $t_0$  – эталонное время реакции.

В табл. 5 представлены эталонное и максимально допустимое время реакции на различные по значимости ситуации, а также весовой коэффициент важности каждой ситуации.

Для понимания прикладного применения табл. 5 необходимо рассмотреть пример расчета данного коэффициента. Диспетчер провел тренажерную сессию и разрешил 3 ситуации, которые приведены в табл. 6.

Необходимо выполнить расчет скорости реакции на каждую ситуацию, а потом суммировать через весовые коэффициенты.

$$K_2 = \frac{\sum_1^n K_{2i} \cdot \omega_i}{\sum_1^n \omega_i}, \quad (5)$$

где  $n$  – количество ситуаций, разрешенных диспетчером,  $\omega_i$  – весовой коэффициент  $i$ -й ситуации.

$$K_{24} = \frac{1}{1 + e^{0,5 \cdot (13,2 - 15)}} = 0,711;$$

$$K_{23} = \frac{1}{1 + e^{0,5 \cdot (4,4 - 10)}} = 0,943;$$

$$K_{22} = \frac{1}{1 + e^{0,5 \cdot (3,6 - 5)}} = 0,668;$$

$$K_2 = \frac{0,711 \cdot 0,8 + 0,943 \cdot 1 + 0,668 \cdot 1,2}{0,8 + 1 + 1,2} = \frac{2,31}{3} = 0,77.$$

Таблица 6  
Table 6

Разрешенные ситуации за время тренировки  
Solved situations during training

Ситуация	Тип	t (с)	t <sub>0</sub> (с)	ω <sub>i</sub>
Запрос метеорологической информации	Информационная	13,2	15	0,8
Запрос на смену эшелона	Стандартная	4,4	10	1
Отклонение от разрешенного эшелона	Критическая	3,6	5	1,2

Таблица 7  
Table 7

Весовые коэффициенты задержки  
Delay weight coefficients

Категория ВС	Примеры	ω <sub>i</sub>	Обоснование	t <sub>задmax</sub>
Экстренные	HEAD, борт с бедствием/срочностью и т. п.	2	Высший приоритет	5
Пассажирские	Грузовые и пассажирские перевозки	1,5	Коммерческая значимость	15
Государственная авиация	Полеты военной транспортной авиации под управлением диспетчера	1,2	Интересы Министерства обороны	30
Прочее	Авиация общего назначения	0,8	Низкое влияние на поток	45

**3. Эффективность управления** – способность диспетчера минимизировать задержки каждого воздушного судна. Под задержками здесь понимаются не только зона ожидания, но и векторение и ограничения по скорости.

$$K_3 = 1 - \frac{\sum t_{\text{зад}}}{t_{\text{задmax}}}, \quad (6)$$

где  $\sum t_{\text{зад}}$  – суммарное время задержки воздушных судов в результате процедур ОВД,  $t_{\text{задmax}}$  – максимально допустимое время задержки воздушных судов, определенное задачами упражнения.

Данный параметр можно представить в следующем виде:

$$K_{3i} = 1 - \frac{\sum_1^n t_{\text{задфакт}i}}{\sum_i^n t_{\text{задmax}i}}, \quad (7)$$

где  $t_{\text{задфакт}i}$  – фактическое время задержки  $i$ -го воздушного судна в результате процедур ОВД,  $t_{\text{задmax}i}$  – максимально допустимое время задержки  $i$ -го воздушного судна.

Весовые коэффициенты задержки различных категорий воздушных судов представлены в табл. 7.

Для понимания прикладного применения табл. 7 необходимо рассмотреть пример расчета данного коэффициента. Диспетчер провел тренажерную сессию и методами ОВД задержал четыре воздушных судна. Время задержек приведено в табл. 8.

Необходимо выполнить расчет коэффициента эффективности управления диспетчера на каждое задержанное воздушное судно, а потом суммировать через весовые коэффициенты.

$$K_3 = \frac{\sum_1^n K_{3i} \cdot \omega_i}{\sum_1^n \omega_i}, \quad (8)$$

Таблица 8  
Table 8

Время задержек во время тренировки  
Delay time during training

Позывной	Категория ВС	$t_{\text{зад,факт}}$ , мин	$t_{\text{зад,max}}$
AFL1354	Пассажирские	8	15
AZO1574	Пассажирские	12	15
RSD801	Экстренные	2	5
76142	Государственная авиация	20	30

где  $n$  – количество задержанных воздушных судов,  $\omega_i$  – весовой коэффициент  $i$ -й категории воздушных судов.

$$K_{32} = 1 - \frac{8+12}{15+15} = 1 - \frac{20}{30} = 0,333;$$

$$K_{31} = 1 - \frac{2}{5} = 0,6;$$

$$K_{33} = 1 - \frac{20}{30} = 0,333;$$

$$K_3 = \frac{0,333 \cdot 1,5 + 0,6 \cdot 2 + 0,333 \cdot 1,2}{1,5 + 2 + 1,2} = \frac{2,1}{4,7} = 0,45.$$

**4. Стрессоустойчивость** – сохранение работоспособности диспетчера при повышенной нагрузке.

$$K_4 = \frac{1}{1 + e^{-0,5 \cdot (S - S_0)}}, \quad (9)$$

где  $S$  – текущий уровень стресса ( $S \in [0; 10]$ ),  $S_0$  – пороговое значение стресса для диспетчера УВД ( $S_0 = 5$ ).

Текущий уровень стресса можно вычислить через комплексную оценку объективных показателей состояния диспетчера с учетом текущей нагрузки:

$$S = 0,3 \cdot P + 0,4 \cdot W + 0,3 \cdot E, \quad (10)$$

где  $P$  – физиологические показатели ( $P \in [0; 10]$ ),

$W$  – рабочая нагрузка ( $W \in [0; 10]$ ),

$E$  – эмоциональное состояние ( $E \in [0; 10]$ ).

Выбор значений этих коэффициентов обусловлен важностью параметров для оценки стресса. Для диспетчера одинаково важны и физиологические показатели, и рабочая нагрузка, и эмоциональное состояние, следовательно, коэффициенты веса должны быть равны, однако главным параметром и мерой работы диспетчера является именно рабочая нагрузка, то есть сложность воздушной обстановки (интенсивность воздушного движения, особые случаи и метеорологическая обстановка), поэтому данному показателю дается больший вес.

Для оценки физиологических параметров ( $P$ ) необходимо использовать медицинское оборудование. Мониторинг состояния диспетчера предлагается выполнять по трем параметрам: variability сердечного ритма [9], кожно-гальванической реакции [10] и температуре [11].

Вариабельность сердечного ритма – это показатель колебаний между сердечными сокращениями. Для оценки состояния диспетчера предлагается использовать шкалу, изображенную в табл. 9.

Кожно-гальваническая реакция является показателем работоспособности вегетативной нервной системы. Мониторинг данного параметра будет аналогичен методу мониторинга на полиграфе: датчики на пальцах будут замерять электрическое сопротивление кожи. Для оценки стресса предлагается использовать табл. 10.

Температура тела также является показателем стресса. Поэтому ее падение на  $1^\circ\text{C}$  будет являться признаком стресса. Каждый

Таблица 9  
Table 9

Шкала variability сердечного ритма  
Heart rate variability scale

Уровень	Показатели, мс	Оценка
Норма	60–100	$P = 3$
Умеренный стресс	30–59	$P = 6$
Высокий стресс	$< 30$	$P = 9$

Таблица 10  
Table 10

Сопротивление кожи и уровень стресса  
Skin resistance and stress level

Уровень	Показатели, кОм	Оценка
Покой	$\approx 300$	$P = 0$
Умеренный стресс	100–200	$P = 1$
Высокий стресс	$< 100$	$P = 2$

Таблица 11  
Table 11

Рабочая нагрузка  
Workload

Параметры	Показатели	Оценка
Интенсивность воздушного движения	$< 15 \text{ BC/ч}$	$W = 3$
	$15\text{--}24 \text{ BC/ч}$	$W = 6$
	$\geq 25 \text{ BC/ч}$	$W = 9$
Особые условия	PAN PAN	$W = 1$
	MAY DAY	$W = 2$
Метеорологическая обстановка	Турбулентность	$W = 1$
	Грозовая деятельность	$W = 2$
	Обледенение	$W = 1$

градус падения температуры будет иметь оценку стресса  $P = 1$ .

Для оценки рабочей нагрузки ( $W$ ) необходимо использовать комплексный анализ интенсивности воздушного движения, особых случаев и метеорологической обстановки. Оценки компонентов рабочей нагрузки представлены в табл. 11.

Для оценки эмоционального состояния [12] диспетчера ( $E$ ) необходимо анализировать кинесику человека [13] и качество ведения

радиообмена. Оценки компонентов рабочей нагрузки представлены в табл. 12.

Для понимания прикладного применения приведенных таблиц необходимо рассмотреть пример расчета данного коэффициента. Диспетчер провел тренажерную сессию со следующими показателями: вариация сердечного ритма – 73 мс, электрическое сопротивление кожи – 184 кОм, температура тела изменилась на  $1^\circ\text{C}$ , на управлении находилось 27 воздушных судов,



Таблица 12  
Table 12

Эмоциональное состояние  
Emotional condition

Параметры	Характеристики	Показатели	Оценка
Качество ведения радиообмена	Дрожание голоса	–	$E = 2$
	Громкость голоса	$> 220$ дБ	$E = 1$
	Стресс-слова <sup>2</sup>	1 слово	$E = 1$
Кинесика	Напряжение лица (изменение цвета)	–	$E = 1$
	Непроизвольные жесты	–	$E = 1$

Таблица 13  
Table 13

Весовая матрица нарушений  
Violation weight matrix

Категория нарушения	Пример	Вес ( $\omega_i$ )
Критические (С)	Несоблюдение эшелонирования	0,5
Значительные (S)	Ошибка в передаче разрешения	0,3
Умеренные (М)	Нестандартная фразеология	0,15
Малозначительные (L)	Задержка подтверждения	0,05

диспетчер использовал три стресс-слова, лицо покраснело.

Если перевести данные показатели в цифры и подставить результаты в формулу (10), то

$$\begin{aligned}
 S &= 0,3 \cdot P + 0,4 \cdot W + 0,3 \cdot E = \\
 &= 0,3 \cdot (3 + 1 + 1) + 0,4 \cdot 9 + 0,3 \times \\
 &\times (3 + 1) = 0,3 \cdot 5 + 0,4 \cdot 9 + 0,3 \cdot 4 = \\
 &= 1,5 + 3,6 + 1,2 = 6,3.
 \end{aligned}$$

Далее по формуле (9) получится параметр стрессоустойчивости  $K_4$ :

$$K_4 = \frac{1}{1 + e^{-0,5 \cdot (6,3 - 5)}} = 0,66.$$

<sup>2</sup> К стресс-словам относятся следующие: немедленно, сейчас, срочно и т. п.

**5. Соблюдение процедур** – точность следования установленным требованиям и правильность команд.

$$K_5 = 1 - \frac{\sum N}{N_{max}}, \quad (11)$$

где  $\sum N$  – суммарное количество нарушений,  $N_{max}$  – максимально допустимое количество нарушений.

Данную формулу можно представить в следующем варианте:

$$K_5 = 1 - \frac{\sum N_i \cdot \omega_i}{\sum N_{imax} \cdot \omega_i}, \quad (12)$$

где  $N_i$  – количество нарушений  $i$ -го типа,  $N_{imax}$  – максимально допустимое количество нарушений  $i$ -го типа,  $\omega_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го типа нарушения.

В табл. 13 представлена весовая матрица решений.

Для стандартной тренажерной сессии допускаются следующие нарушения: критические (С) – 0, значительные (S) – 1, умеренные (М) – 3, малозначительные (L) – 7.

Для понимания прикладного применения табл. 13 необходимо рассмотреть пример расчета данного коэффициента. Диспетчер провел тренажерную сессию и допустил 5 ошибок: 2 значительные, 1 умеренную и 2 малозначительные.

По формуле (12) выполняется расчет параметра:

$$K_5 = \frac{0 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,05}{0 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,15 + 7 \cdot 0,05} = \frac{0,85}{1,1} = 0,72.$$

Стоит отметить, что каждый коэффициент может рассматриваться на дистанции. Например, это очень эффективно при процессе стажировки, когда коэффициенты будут

изменяться по накопительному эффекту каждой тренировки. Коэффициент будет рассчитываться по следующей формуле:

$$K_{n_{\text{сред}}} = 0,7 \cdot K_{n_{\text{посл}}} + 0,3 \cdot K_{n_{\text{тек}}}, \quad (13)$$

где  $K_{n_{\text{посл}}}$  – коэффициент предыдущей тренировки,  $K_{n_{\text{тек}}}$  – коэффициент текущей тренировки.

Стоит отметить, что совершенствование способностей диспетчера УВД крайне важно, поэтому расчет каждого коэффициента будет производиться после каждой тренировки с визуализацией динамики в виде графика.

**Оценка уровня компетенции** диспетчера производится взвешенной суммой [14–16] всех пяти коэффициентов по следующей формуле:

$$C = 0,25 \cdot K_1 + 0,2 \cdot K_2 + 0,2 \cdot K_3 + 0,2 \cdot K_4 + 0,15 \cdot K_5. \quad (14)$$

Каждому коэффициенту соответствует свой вес. Они должны быть равны, однако выбор предложенных значений коэффициентов зависел от важности параметров для работы диспетчера. Параметры и их важность возможно интерпретировать следующим образом: параметр  $K_1$  (точность принимаемых решений) критически важен для безопасности воздушного движения, параметр  $K_2$  (скорость реакции) отражает время от возникновения ситуации до ее решения, параметр  $K_3$  (эффективность управления) отражает оптимизацию потока воздушных судов диспетчером, параметр  $K_4$  (стрессоустойчивость) критически важен при нештатных ситуациях и высокой интенсивности и параметр  $K_5$  (со-

блюдение процедур) отражает правильность команд и фразеологии, но частично дублируется в параметре  $K_1$ .

Для более точной оценки компетенции необходимо учитывать опыт работы диспетчера:

$$C' = C \cdot (1 + 0,01 \cdot t), \quad (15)$$

где  $t$  – опыт работы диспетчера в годах, причем для стажа работы больше 15 лет параметр  $t$  перестает изменяться и равен 15.

Необходимо подвести итог исследования и понять, насколько конкретный диспетчер с опытом работы 11 лет компетентен на данный момент:

$$C = 0,25 \cdot 0,51 + 0,2 \cdot 0,77 + 0,2 \cdot 0,45 + 0,2 \cdot 0,66 + 0,15 \cdot 0,72 = 0,6115.$$
$$C' = 0,6115 \cdot (1 + 0,01 \cdot 11) = 0,68.$$

Для понимания уровня компетенции диспетчера необходимо воспользоваться табл. 14.

Таблица 14  
Table 14

Интерпретация результатов  
Results interpretation

Диапазон компетентности	Оценка	Уровень	Характеристика
0,9–1,0	Компетентный	Эксперт	Работа на сложных секторах, рекомендуется работать инструктором
0,75–0,89	Компетентный	Профессионал	Работа на простых секторах, есть потенциал для роста
0,6–0,74	Некомпетентный	Начинающий	Требуется контроль за работой, необходимы дополнительные тренировки
< 0,6	Некомпетентный	Некомпетентный	Работа невозможна, необходимы интенсивные тренировки

## Заключение

В статье представлены две методики оценки компетенций диспетчеров. Стоит отметить, что практического внедрения заслуживает вторая методика, поскольку позволяет комплексно и всесторонне оценить подготовку диспетчеров. Комбинация оценки инструктором тренажера, искусственным интеллектом, а также анализ биометрических показателей диспетчера имеет огромный потенциал для улучшения качества подготовки. Предложенная в статье методика имеет патентный потенциал для совершенствования диспетчерских тренажеров.

Разработка и внедрение комплексной системы оценки компетенции диспетчеров УВД при подготовке на тренажерах является важным шагом в повышении качества профессиональной подготовки и обеспечения безопасности воздушного движения. Внедрение такой системы позволяет не только объективно оценивать уровень знаний и навыков диспетчеров, но и выявлять слабые места в их подготовке, что способствует своевременной коррекции учебного процесса.

Основные преимущества предложенной системы включают:

1) объективность оценки: использование стандартизированных критериев и автомати-

зированных инструментов исключает субъективность в оценке компетенций;

2) индивидуализацию обучения: система позволяет адаптировать учебные программы под конкретные потребности каждого диспетчера, что повышает эффективность подготовки;

3) моделирование реальных ситуаций: тренажеры с интегрированной системой оценки позволяют отрабатывать как стандартные, так и нестандартные ситуации, что способствует развитию навыков принятия решений в сложных условиях;

4) использование современных технологий: внедрение искусственного интеллекта и анализа данных позволяет автоматизировать процесс оценки и предоставлять детализированную обратную связь.

Однако для успешного внедрения системы необходимо учитывать ряд факторов: техническую оснащенность тренажерных комплексов, подготовку инструкторов и постоянное обновление методик оценки в соответствии с изменениями в нормативных документах. Дальнейшее развитие системы оценки компетенции диспетчеров УВД может быть связано с интеграцией новых технологий, таких как машинное обучение, анализ больших данных и виртуальная реальность, что позволит еще больше повысить реалистичность и эффективность подготовки. Таким образом, комплексная си-

стема оценки компетенции диспетчеров УВД на тренажерах является важным инструментом для обеспечения высокого уровня профессионализма и безопасности в управлении воздушным движением. Ее внедрение способствует не только повышению качества подготовки специалистов, но и укреплению доверия к авиационной отрасли в целом.

## Список литературы

1. Григорьевский В.А., Неделько В.Н., Паленный А.С. Модели оценки деятельности авиадиспетчеров в реагировании на проблемные ситуации на диспетчерских тренажерах // Вестник НТУ «ХПИ». 2015. № 33 (1142). С. 28–37.
2. Шапиро С.А. Инновационные подходы к управлению персоналом в авиации. М.: Транспорт, 2011. 256 с.
3. Маслов Е.В. Управление персоналом предприятия: учеб. пособие / Под ред. П.В. Шеметова. М.: ИНФРА-М; Новосибирск: НГАЭиУ, 1999. 312 с.
4. Лемов Д., Вулвей Э., Ецк К. От знаний к навыкам. Универсальные правила тренировки любых умений / Пер. с англ. Е. Бузниковой. 2-е изд. М.: Манн, Иванов и Фарбер, 2016. 304 с.
5. Спенсер Л.М., Спенсер С.М. Компетенции на работе: пер. с англ. М.: Гиппо, 2010. 384 с.
6. Нельке М. Учимся принимать решения. Быстро, точно, правильно: пер. с нем. Д.В. Ковалевой. М.: Омега-Л, 2006. 127 с.
7. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Логос, 2006. 392 с.
8. Бойко Е.И. Время реакции человека. История, теория, современное состояние и практическое значение хронометрических исследований. М.: Медицина, 1964. 440 с.
9. Соболев А.В. Методы анализа вариабельности сердечного ритма на длительных промежутках времени. М.: Медпрактика, 2009. 172 с.
10. Молчанов А.Ю. «Полиграф». Теория, эксперимент, практика // А.Ю. Молча-

нов, Б.А. Туребеков, О.С. Розова, Е.А. Гайворонский. М.: Международная Академия исследования лжи, Центр прогрессивных технологий детекции лжи, 2020. 140 с.

11. Сапольски Р. Психология стресса. 3-е изд. СПб.: Питер, 2015. 480 с.

12. Барканова О.В. Методики диагностики эмоциональной сферы: психологический практикум. Вып. 2. Красноярск: Литерапринт, 2009. 237 с.

13. Birdwhistell R.L. Kinesics and context: Essays on body motion communication. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1970. 352 p.

14. Подиновский В.В. Аксиоматическое решение проблемы оценки важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений // Современное состояние теории исследования операций. М.: Наука; Физматлит, 1979. С. 117–145.

15. Подиновский В.В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений: учеб. пособие. М.: Физматлит, 2007. 64 с.

16. Салтыков С.А. Экспериментальное сопоставление методов взвешенной суммы, теории полезности и теории важности критериев для решения многокритериальных задач с балльными критериями // Управление большими системами: сборник трудов. 2010. № 29. С. 16–41.

## References

1. Grigoretsky, V.A., Nedelko, V.N., Palenny, A.S. (2015). Models for assessing the performance of air traffic controllers in responding to problem situations on ATC simulators. *Vestnik NTU "KhPI"*, no. 33 (1142), pp. 28–37. (in Russian)
2. Shapiro, S.A. (2011). Innovative approaches to personnel management in aviation. Moscow: Transport, 256 p. (in Russian)
3. Maslov, Ye.V. (1999). Enterprise personnel management: a textbook, in Shemetov P.V. (ed). Moscow: INFRA-M; Novosibirsk: NGAEiU, 312 p. (in Russian)

4. **Lemov, D., Woolway, E., Yezzi, K.** (2012). Practice perfect: 42 rules for getting better at getting better. Hoboken, NJ: Wiley, 304 p.
5. **Spencer, L.M., Spencer, S.M.** (1993). Competence at work: Models for superior performance. New York: Wiley, 384 p.
6. **Nölke, M.** (2002). Entscheidungen treffen: Schnell, sicher, richtig. Haufe Verlag, 130 p. (in German)
7. **Larichev, O.I.** (2006). Theory and methods of decision making: Textbook. 3rd ed., revised and expanded edition. Moscow: Logos, 392 p. (in Russian)
8. **Boyko, E.I.** (1964). Human reaction time: history, theory, current state, and practical significance of chronometric research. Moscow: Meditsina, 440 p. (in Russian)
9. **Sobolev, A.V.** (2009). Methods for analyzing heart rate variability over long time intervals. Moscow: Medpraktika, 172 p. (in Russian)
10. **Molchanov, A.Yu., Turebekov, B.A., Rozova, O.S., Gaivoronskiy, E.A.** (2020). "Polygraph": Theory, Experiment, Practice. Moscow: Mezhdunarodnaya Akademiya issledovaniya Izhi. Tsentr progressivnykh technology detektsii Izhi, 140 p. (in Russian)
11. **Sapolsky, R.** (2015). The psychology of stress. 3rd ed. St. Petersburg: Piter, 480 p. (in Russian)
12. **Barkanova, O.V.** (2009). Methods for diagnosing the emotional sphere: A psychological practicum. Krasnoyarsk: Litera-Print, issue 2, 237 p. (in Russian)
13. **Birdwhistell, R.L.** (1970). Kinesics and context: Essays on body motion communication. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 352 p.
14. **Podinovskiy, V.V.** (1979). Axiomatic solution to the problem of assessing the importance of criteria in multicriteria decision-making problems. In: *Sovremennoye sostoyaniye teorii issledovaniya operatsiy*. Moscow: Nauka, Fizmatlit, pp. 117–145. (in Russian)
15. **Podinovskiy, V.V.** (2007). Introduction to the theory of criterion importance in multicriteria decision-making: Textbook. Moscow: Fizmatlit, 64 p. (in Russian)
16. **Saltykov, S.A.** (2010). Experimental comparison of methods of weighted sum, utility theory and criteria importance theory for the solution of multicriterial problems with score criteria. In: *Upravleniye bolshimi sistemami: sbornik trudov*, no. 29, pp. 16–41. (in Russian)

### Сведения об авторах

**Кривогузов Иван Александрович**, диспетчер ОНУВД РДЦ, Региональный центр ЕС ОрВД (Санкт-Петербург), [krivoguzov78@yandex.ru](mailto:krivoguzov78@yandex.ru).

**Прокопович Артемий Юрьевич**, диспетчер ОНУВД РДЦ, Региональный центр ЕС ОрВД (Санкт-Петербург), [procopovitch-artyom@mail.ru](mailto:procopovitch-artyom@mail.ru).

### Information about the authors

**Ivan A. Krivoguzov**, Air Traffic Controller, Regional Control Center, En-route Control (Saint-Petersburg), [krivoguzov78@yandex.ru](mailto:krivoguzov78@yandex.ru).

**Artemii Y. Prokopovich**, Air Traffic Controller, Regional Control Center, En-route Control (Saint-Petersburg), [procopovitch-artyom@mail.ru](mailto:procopovitch-artyom@mail.ru).

Поступила в редакцию	20.04.2025	Received	20.04.2025
Одобрена после рецензирования	16.06.2025	Approved after reviewing	16.06.2025
Принята в печать	20.11.2025	Accepted for publication	20.11.2025