

Системы наблюдения и организации воздушного движения/ Air Traffic
Monitoring and Management Systems

Научная статья

УДК 378.162.33

<https://doi.org/10.51955/2312-1327-2026-3-99>

**МЕТОДИКА ПОДДЕРЖАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ
ДИСПЕТЧЕРА УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ В
УСЛОВИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА И АВТОМАТИЗАЦИИ
РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ**

Иван Александрович Кривогузов,
Региональный центр ЕС ОрВД (Санкт-Петербург),
Санкт-Петербург, Россия*

*Артеми́й Юрьевич Прокопович,
Региональный центр ЕС ОрВД (Санкт-Петербург),
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. Статья посвящена решению проблемы регресса профессиональных навыков диспетчеров управления воздушным движением (УВД) в условиях внедрения систем высокой автоматизации. Автоматизация, снижая нагрузку в штатных режимах, ведёт к потере практического опыта и ослаблению готовности к нештатным ситуациям. В основе исследования – разработанная математическая модель регрессии навыков, учитывающая степень их замещения техникой. На основе модели и оценки уровня автоматизации для решения проблемы предложена целенаправленная методика поддержания навыков. Её ключевой элемент – программа адаптивных тренажёрных тренировок. Сценарии упражнений формируются на основе данных модели и включают отработку базового управления, действий при отказах автоматики и развитие ситуационной осведомлённости в гибридной среде «человек-машина». Методика обеспечивает не сохранение, а активное развитие критичных для безопасности полётов компетенций, предлагая научный подход к построению системы непрерывной подготовки диспетчеров в автоматизированных системах. Предлагаемая методика, в отличие от традиционных подходов, смещает фокус с периодического контроля навыков на их постоянное динамическое развитие. Она обеспечивает не только противодействие регрессу, но и формирует у диспетчера глубокое понимание логики работы автоматизированной системы, что принципиально важно для сохранения роли человека как ключевого звена, ответственного за безопасность. Таким образом, работа вносит вклад в создание устойчивой и надёжной эргатической системы, где технический прогресс не ослабляет, а целенаправленно усиливает профессиональный потенциал специалиста.

Ключевые слова: автоматизация; адаптация; регресс; диспетчер УВД; методика; навыки; развитие.

Для цитирования:

Кривогузов, И. А. Методика поддержания профессиональных навыков диспетчера управления воздушным движением в условиях технического прогресса и автоматизации рабочих процессов / И. А. Кривогузов, А. Ю. Прокопович // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. – 2026. – Том 13. – № 03. – С. 99-120. – <https://doi.org/10.51955/2312-1327-2026-3-99>

* Ответственный автор за связь с редакцией

Вклад авторов в работу:

И. А. Кривогузов: концептуализация исследования, анализ научной литературы, разработка методики, валидация методики.

А. Ю. Прокопович: сбор статистических данных и проведение расчетов, табличное и графическое представление результатов, описание результатов, формирование выводов исследования и подготовка оригинального текста.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Original research article

**METHODS FOR MAINTAINING THE PROFESSIONAL SKILLS OF AIR
TRAFFIC CONTROLLERS IN THE CONTEXT OF TECHNOLOGICAL
PROGRESS AND AUTOMATION OF WORK PROCESSES**

*Ivan A. Krivoguzov**,
Regional Center of the Unified Air
Traffic Management System (Saint-Petersburg),
Saint-Petersburg, Russia*

*Artemii Yu. Prokopovich,
Regional Center of the Unified Air
Traffic Management System (Saint-Petersburg),
Saint-Petersburg, Russia*

Abstract. The article addresses the problem of professional skill regression among air traffic controllers in the context of implementing highly automated systems. Automation, while reducing workload in normal operations, leads to a loss of practical experience and diminished readiness for abnormal situations. The study is based on the developed mathematical model of skill regression that accounts for the degree to which skills are substituted by technology. Using this model and an assessment of the automation level, a targeted skill maintenance methodology is proposed to solve the problem. Its key element is an adaptive simulator training program. Exercise scenarios are generated based on model data and include practicing basic control, responding to automation failures, and developing situational awareness in a hybrid human-machine environment. The methodology ensures not only the preservation but the active development of competencies critical to flight safety, offering a scientific approach to building a continuous training system for controllers in automated environments. Unlike traditional approaches, the proposed methodology shifts the focus from periodic skill checks to continuous dynamic development. It not only counteracts regression but also fosters a deep understanding of the automated system's logic within the controller, which is fundamentally important for preserving the human role as the key link responsible for safety. Thus, this work contributes to the creation of a sustainable and reliable ergatic system where technological progress does not weaken but purposefully enhances the professional potential of the specialist.

Keywords: automation; adaptation; regression; air traffic controller; methodology; skills; development.

To cite this article:

Krivoguzov, I. A., Prokopovich, A. Yu. (2026). Methods for maintaining the professional skills of air traffic controllers in the context of technological progress and automation of work

** Corresponding author

processes. *Crede Experto: transport, society, education, language*, vol. 13, no. 3, pp. 99-120 DOI: <https://doi.org/10.51955/2312-1327-2026-3-99> (in Russ.).

Authors' Contributions:

Ivan A. Krivoguzov: Conceptualisation of research, literature analysis, development of methodology, methodology validation.

Artemii Yu. Prokopovich: Statistical data collection and calculations, tabular and graphical presentation of results, results description and research conclusions formation and drafting of the original manuscript.

Conflict of Interest: The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest in connection with the publication of this article.

Введение (Introduction)

Современная авиация находится на этапе стремительной цифровизации и автоматизации [The future of ..., 1998]. Внедрение новых технологий, таких как автоматизированные системы управления воздушным движением (АС УВД)¹, машинное обучение [Вьюгин, 2014] и цифровые платформы обработки данных², кардинально меняет профессию диспетчера УВД. Эти изменения направлены на повышение безопасности, эффективности и пропускной способности воздушного пространства³, однако они также несут в себе новые вызовы, связанные с поддержанием и развитием профессиональных навыков специалистов УВД.

Актуальность данной темы обусловлена тем, что, несмотря на все преимущества автоматизации, человеческий фактор [Salas et al., 2010] остаётся ключевым элементом в обеспечении безопасности полётов. История знает множество примеров, когда отказ автоматизированных систем или их некорректная работа приводили к критическим ситуациям, требующим мгновенного и грамотного вмешательства диспетчера. Взаимодействие человека со средствами автоматизации [Engineering psychology..., 2013] – это непрерывный процесс обработки человеком огромного массива информации. В таких условиях регресс профессиональных навыков из-за чрезмерной зависимости от технологий может стать серьёзной угрозой для всей системы управления воздушным движением.

Профессия авиадиспетчера за последние 30 лет претерпела значительные изменения⁴. Если в конце XX века основными инструментами диспетчера были радиосвязь, бумажные полётные планы и индикатор воздушной обстановки с ограниченными возможностями обработки данных, то сегодня он работает с интегрированными цифровыми системами, которые автоматически анализируют трафик, прогнозируют конфликтные ситуации и даже предлагают оптимальные решения.

¹ Пятко С. Г. Автоматизированные системы управления воздушным движением: Новые информационные технологии в авиации: Учеб. пособие / Р. М. Ахмедов, А. А. Бибутов, А. В. Васильев и др.; Под ред. С. Г. Пятко, А. И. Красова. СПб.: Политехника, 2004. 446 с.

² Баланов А. Н. Цифровые платформы и системы: учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2024. 452 с.

³ Прокофьев И. О. Организация воздушного движения: учебное пособие. Воронеж: ООО «МИР», 2019. 68 с.

⁴ Бестугин А. Р. Автоматизированные системы управления воздушным движением: учебник для вузов / А. Р. Бестугин, А. Д. Филин, В. А. Санников. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2023. 94 с.

Однако, как показывает практика, автоматизация несёт в себе не только преимущества, но и риски⁵:

1. Снижение уровня ситуационной осведомлённости [Endsley et al., 2011] – диспетчеры, привыкая полагаться на автоматизированные подсказки, могут утратить способность самостоятельно анализировать воздушную обстановку;

2. Снижение навыков базового управления – в случае отказа автоматики специалист должен мгновенно переключиться на базовые методы работы, но без регулярной практики эти навыки ослабевают;

3. Психологическая зависимость от систем – чрезмерное доверие к технологиям может привести к замедленной реакции в нештатных ситуациях.

Одной из ключевых проблем современного управления воздушным движением является поиск баланса между использованием автоматизированных систем и сохранением критически важных навыков диспетчеров. В условиях, когда технологии берут на себя всё больше функций, возникает необходимость поддержания специалистами способности работать в базовом режиме.

Мировой опыт показывает, что даже самые совершенные системы не застрахованы от сбоев. Примером может служить отказ системы ERAM (En Route Automation Modernization) в США в 2015 году [Массовая задержка ..., 2015], когда диспетчеры были вынуждены перейти на базовое управление, что привело к значительным задержкам рейсов и повышению нагрузки на персонал. Подобные ситуации требуют от диспетчеров не только глубоких теоретических знаний, но и отработанных до автоматизма практических навыков.

Для минимизации рисков, связанных с регрессом профессиональных компетенций, необходимо разработать комплексную методику. Данная методика должна включать следующие аспекты:

1. Регулярные тренировки на диспетчерских тренажёрах с имитацией частичного или полного отказа автоматики и нештатных ситуаций.

2. Периодическая оценка навыков диспетчера путём тестирования и практических экзаменов по работе в условиях частичного или полного отказа автоматики и нештатных ситуаций.

3. Психологическая подготовка персонала для работы в условиях стресса и неопределённости.

Такой подход позволит диспетчерам сохранять высокий уровень профессионализма даже в условиях возрастающей автоматизации.

Целью данной работы является разработка методики поддержания и совершенствования профессиональных навыков диспетчеров в условиях технического прогресса. В исследовании будут рассмотрены:

1. Анализ современных автоматизированных систем УВД и их влияния на работу диспетчеров;

2. Изучение факторов, способствующих регрессу профессиональных навыков;

⁵ Безопасность технологических процессов и производств: учебник / под редакцией Н. И. Иванова, И. М. Фадиной и Л. Ф. Дроздовой. Москва: Логос, 2020. 612 с.

3. Разработка практических рекомендаций по организации тренировочного процесса;

4. Предложения по интеграции новых методов обучения в систему подготовки специалистов.

В заключении будут сформулированы выводы и перспективы дальнейших исследований в данной области.

Таким образом, данная работа направлена на решение одной из ключевых проблем современной авиации – сохранения высокого уровня профессионализма диспетчеров в эпоху цифровой трансформации.

Материалы и методы (Materials and Methods)

Для разработки и обоснования методики поддержания профессиональных навыков диспетчера УВД в условиях технического прогресса использовался комплекс взаимодополняющих методов исследования. Объектом исследования выступила профессиональная деятельность диспетчеров УВД с использованием автоматизированных систем УВД. Исследование проводилось на базе экспертного штатного инструкторского состава, а также действующих диспетчеров УВД с допусками инструкторов. Для начала исследования были выбраны материалы анализа безопасности полётов [Анализ безопасности..., 2023], а также различные автоматизированные процессы комплекса системы автоматизации (КСА) УВД. В данной работе проводится исследование автоматизации и её влияния на уровень профессиональных навыков диспетчера.

Коллектив авторов уже предлагал автоматизировать один из процессов УВД [Кривогузов и др., 2025a] и задался вопросом, насколько избыточная автоматизация может снизить профессиональную компетенцию и навыки диспетчера УВД. Для этого были изучены действующие федеральные документы Российской Федерации, документы Международной организации гражданской авиации (ИКАО), а также отчёты комиссии Евросоюза в области гражданской авиации, которые связаны с автоматизацией процессов УВД. Их изучение позволило понять, каким образом происходит снижение конкретных навыков, а также как сформировать актуальные методы его нивелирования.

Применяемый в исследовании метод экспертных оценок [Гуцыкова, 2019] позволяет рассматривать процесс регресса в корреляции с опытом конкретного диспетчера, оценкой эффективности его работы на тренажёре, а также оценкой эффективности тренажёрных программ. С помощью данного метода были определены ключевые аспекты трудовой деятельности диспетчера, наиболее подверженные регрессу. Исходя из этого, были определены приоритетные направления для формирования новой методики. Методы статистической обработки [Статистические методы..., 2017] вкупе с математическим анализом [Зорич, 2012], методами регрессионного анализа [Дрейпер и др., 1986] и математическим моделированием⁶ позволили создать такую математическую

⁶ Звонарев С. В. Основы математического моделирования: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. 112 с.

модель регресса навыков, которая тесно связана с реальной операционной деятельностью, а также имеет практическую применимость в системе непрерывной профессиональной подготовки диспетчеров УВД.

Дискуссия (Discussion)

В современной системе управления воздушным движением критически важным элементом является оперативный обмен данными между смежными диспетчерскими пунктами. Одним из ключевых инструментов, обеспечивающих автоматизированное взаимодействие, является протокол On-Line Data Interchange (OLDI) [Specification..., 2023]. Этот стандарт, разработанный в Европе, позволяет автоматизировать процессы координации, уведомления и передачи данных о воздушных судах, что значительно снижает нагрузку на диспетчеров и минимизирует риски ошибок, связанных с ручным вводом информации.

OLDI был разработан в 1990-х годах как часть европейской инициативы по стандартизации процессов УВД. Его основная цель – автоматизация рутинных операций, таких как:

1. Уведомление о рейсах – передача данных о ВС между секторами.
2. Координация передачи управления – согласование условий перехода ВС из зоны ответственности одного диспетчера в другую.
3. Гражданско-военное взаимодействие – обмен информацией между гражданскими и военными службами УВД.

Согласно Регламенту [Commission..., 2006], использование OLDI является обязательным для всех европейских центров УВД, обслуживающих воздушное движение. Требуемая надёжность системы составляет не менее 99,86%, что эквивалентно простою не более 12 часов в год.

В России же OLDI используется в Региональных центрах Единой Системы Организации воздушного движения (ЕС ОрВД) для обмена информацией только между гражданскими службами.

OLDI обладает рядом преимуществ по сравнению с голосовой координацией:

1. Снижение нагрузки на диспетчеров за счёт автоматизации рутинных процессов;
2. Ускорение передачи данных по сравнению с голосовой связью;
3. Повышение ситуационной осведомлённости благодаря оперативному обмену информацией;
4. Снижение риска ошибок, связанных с человеческим фактором.

OLDI использует стандартизированные сообщения, которые делятся на три основные категории: передача управления, координация и уведомления. Каждое сообщение имеет особый формат, что позволяет минимизировать неоднозначность при интерпретации данных. Всего существует 26 видов сообщений для различных ситуаций.

В целом, OLDI является ключевым элементом современной системы УВД, обеспечивающим быстрый, стандартизированный и надёжный обмен данными между диспетчерскими пунктами. Его использование снижает нагрузку на персонал, уменьшает количество ошибок и повышает безопасность полётов.

В случае отказа OLDI диспетчеру УВД придётся использовать голосовую координацию. Алгоритм передачи данных о воздушных судах между смежными диспетчерскими пунктами представлен на рис. 1.

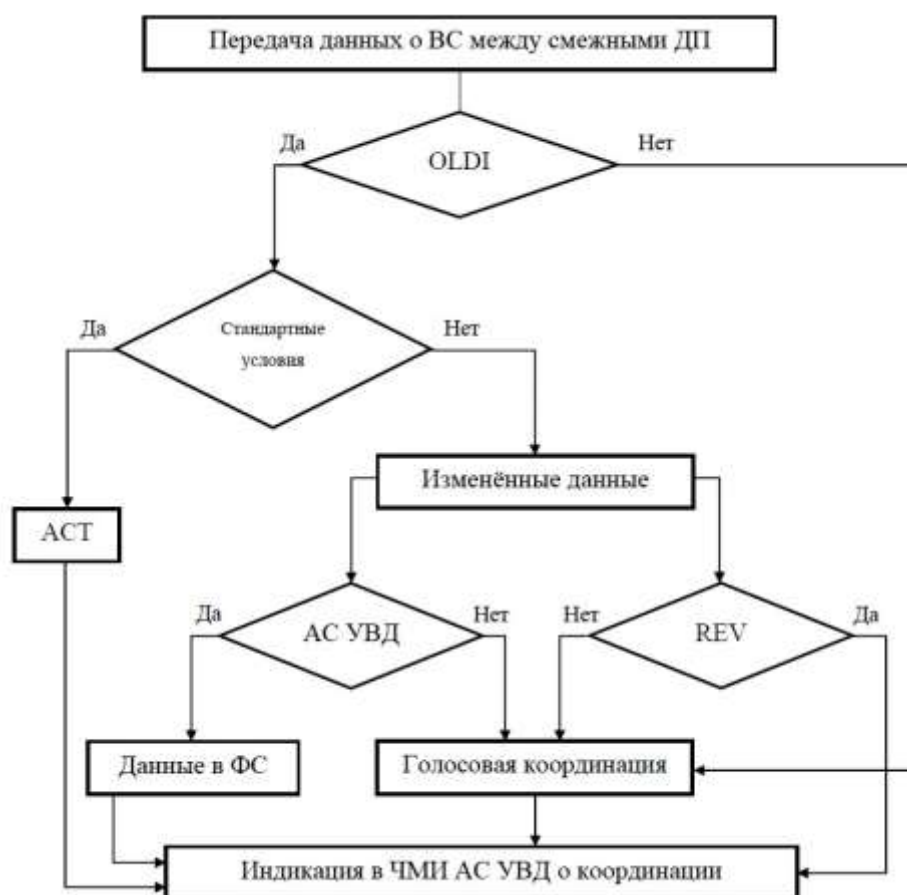


Рисунок 1 – Алгоритм передачи данных:

ДП – диспетчерский пункт, АСТ – стандартное сообщение OLDI о выполненной координации, REV – стандартное сообщение OLDI об изменении условий координации, ФС – формуляр сопровождения, ЧМИ – человеко-машинный интерфейс

Figure 1 – Data transfer algorithm:

ATC – control center, ACT – standard OLDI message about completed coordination, REV – standard OLDI message about change in coordination conditions, FS – support form, HMI – human-machine interface

Каждый диспетчер УВД – это профессионал своего дела и способен обслуживать большое количество ВС, однако АС УВД призвана помогать диспетчеру и увеличивать его персональную пропускную способность, т.е.

количество ВС, которое может обслуживать конкретный диспетчер. Для оказания помощи в АС УВД интегрирована система предотвращения опасных сближений (СПОС).

Данная система в режиме реального времени анализирует динамическую воздушную обстановку (ДВО) в зоне ответственности, чтобы сформировать для диспетчера подсказку, будут ли нарушены минимальные интервалы эшелонирования⁷. На основе анализа траекторий движения ВС, их скоростей и высот система формирует индикацию различных цветов (жёлтый – потенциально конфликтная ситуация (ПКС), когда интервалы будут нарушены через 5 минут, и красный – конфликтная ситуация (КС), когда интервалы уже нарушены). Система выделяет цветом пару ВС, которая конфликтует, и на основании этой подсказки диспетчер будет принимать решение по обеспечению безопасных интервалов эшелонирования.

Порядок действий при работе диспетчера с использованием данной системы описан в Технологиях работы, которые составлены в соответствии с Регламентирующими документами⁸. Несмотря на наличие данной системы, диспетчер обязан самостоятельно анализировать ДВО, экстраполировать ситуацию, чтобы выдавать своевременные указания.

Одним из важнейших факторов для осуществления полётов является метеорологическая информация. Порядок предоставления такой информации строго регламентирован⁹. АС УВД интегрирована с сервером метеорологической информации, чтобы у диспетчера была возможность ознакомиться и подготовить для экипажа ВС необходимую актуальную метеорологическую обстановку. АС УВД предоставляет диспетчеру возможность просмотреть фактическую (METAR, SPECI) и прогнозируемую (TAF) погоду на различных аэродромах, прогнозы по району полётов (GAMET), сводки об опасных метеоявлениях (SIGMET, AIRMET). Данные сводки предоставляются в кодированном виде, а диспетчер должен расшифровать эти данные в соответствии с инструкцией¹⁰ для предоставления этой информации на борт экипажу ВС в дешифрованном виде.

Текущую метеорологическую информацию по аэродрому диспетчер может наблюдать на специальном индикаторе системы КРАМС [КРАМС-4..., б.г.]. Данное оборудование обрабатывает сигналы с датчиков на аэродроме, которые измеряют метеорологические величины по заданным алгоритмам, и

⁷ Постановление Правительства РФ от 11.03.2011 г. № 138 «Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации» // [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/197839/> (дата обращения: 26.01.2026).

⁸ Приказ Минтранса РФ от 25.11.1997 г. № 293 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Организация воздушного движения в Российской Федерации» // [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70117238/> (дата обращения: 26.01.2026).

⁹ Приказ Минтранса РФ от 03.04.2014 г. № 60 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Предоставление метеорологической информации для обеспечения полётов воздушных судов» // [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70747808/> (дата обращения: 26.01.2026).

¹⁰ Приказ Росгидромета от 05.03.2015 г. № 115 «Об утверждении и введении в действие Инструктивного материала по кодам METAR, SPECI, TAF» // [Электронный ресурс]. URL: http://metavia2.ru/help/instruction_METAR_SPECI_TAF.pdf (дата обращения: 26.01.2026).

формирует информацию на дисплей. Пример такого дисплея изображён на рис. 2.

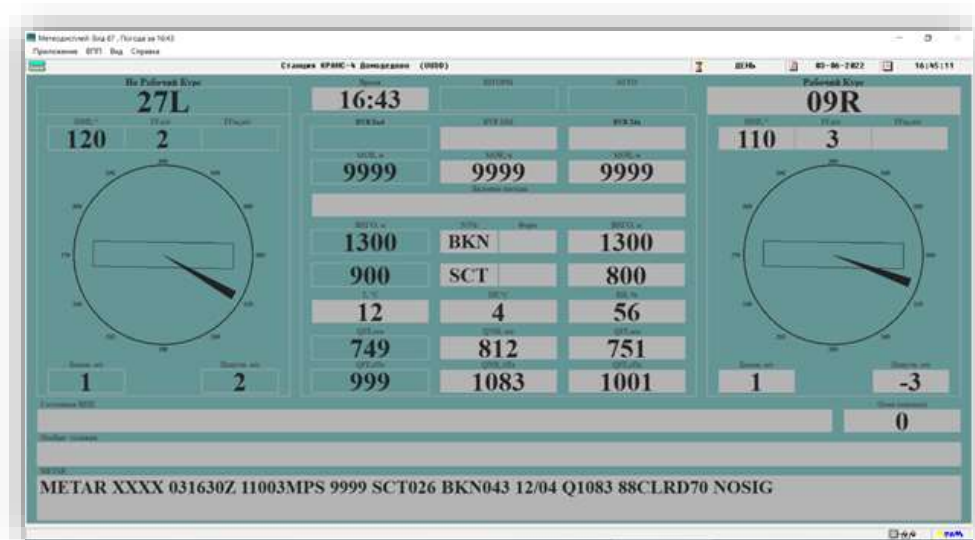


Рисунок 2 – Окно КРАМС-4
Figure 2 – KRAMS-4 window

Диспетчер всегда должен следить за изменением метеорологической обстановки, чтобы предоставлять качественное и своевременное полётно-информационное обслуживание. Сложные метеоусловия не раз становились причиной катастроф, как, например, крушение Boeing 737-800 авиакомпании Fly Dubai в Ростове-на-Дону [Отчёт по результатам..., 2018], поэтому своевременное, корректное и оперативное предоставление информации – это не только обязанность диспетчера, но и критически важный фактор для каждого экипажа ВС.

В качестве дополнительного средства автоматизации и помощи диспетчеру было предложено внедрить систему поддержки принятия решений (ППР), разработанную авторами [Кривогузов и др., 2025б]. Разработанная система помогает диспетчеру принимать решение при вертикальном маневрировании ВС с пересечением встречного эшелона, занятого другим ВС. Алгоритм основан на анализе данных о воздушной обстановке, прогнозировании конфликтных ситуаций и генерации рекомендаций для диспетчера.

При запросе экипажа ВС на смену эшелона диспетчер вводит данный параметр в формуляр сопровождения, после чего система подсказывает диспетчеру возможность безопасного манёвра и выдаёт рекомендации: какие эшелоны может занимать ВС в данном положении. Всё выделяется контрастным цветом, что позволяет визуализировать подсказку. Перспектива системы состоит в том, что она сможет визуализировать и изменять параметры подсказки в режиме реального времени, постоянно обновляя данные о возможности совершения манёвра, требуемой вертикальной скорости и рубежах начала манёвра.

Описаны четыре основных типа автоматизации для диспетчера УВД. Всё это оборудование помогает оперативно принимать решения и качественно предоставлять информацию, однако стоит отметить, что любая автоматизация носит в себе потенциальные угрозы с точки зрения навыков диспетчера УВД в случае полного или частичного отказа средств автоматизации.

Среди основных рисков можно выделить следующие:

1. **Снижение чувства осведомлённости.** Диспетчер превращается в «наблюдателя», теряя способность комплексной оценки динамической воздушной обстановки.

2. **Эрозия навыков базового управления.** В случае отказа индикатора воздушной обстановки диспетчер может полностью потерять контроль над ситуацией. Утраченные навыки в нештатной ситуации невозможно применить.

3. **Автоматизированная беспечность.** Человек с точки зрения психологии склонен доверять и переоценивать надёжность системы [Клир, 2020], поэтому некорректная работа системы может быть вовсе не обнаружена.

4. **Отсутствие фантазии.** Средства автоматизации не дают человеку применить свой интеллект нестандартно, креативно.

Как следствие, можно сделать вывод, что потенциальные риски – это не проблема автоматизации, а проблема подхода человека к её использованию.

Результаты (Results)

Для построения математической модели регресса навыков был использован метод экспертных оценок [Гуцыкова, 2019]. Для получения первичных субъективных результатов был проведён опрос диспетчеров-инструкторов с различным опытом работы, которые проводят стажировку персонала и могут проследить динамику роста или спада навыков у диспетчеров УВД.

Экспертам предлагалось оценить несколько этапов профессионального роста специалиста, который получил высшее образование в России в течение 5 лет:

1. Первые два года обучения в учебном заведении (студент не знаком с принципами работы диспетчера УВД, не занимается на тренажёре, начинает узнавать профессию путём изучения нормативной базы).

2. Период с 3-го по 5-й год обучения (активная тренажёрная подготовка).

3. Стажировка на рабочем месте диспетчером-инструктором (получение квалификации).

4. Становление специалиста (получение классных квалификаций диспетчера УВД 3-го, 2-го и 1-го класса¹¹).

5. Деятельность диспетчера УВД на отметках в 10, 15, 20, 25, 30 и 35 лет стажа.

¹¹ Приказ Минтранса РФ от 12.01.2026 г. № 10 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Требования к специалистам авиационного персонала, осуществляющим деятельность по организации использования воздушного пространства, организации и обслуживанию воздушного движения» // [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/413673172/> (дата обращения: 26.01.2026).

Экспертам необходимо было оценить уровень снижения навыков УВД по шкале от 0 до 100%, где 0% – это отсутствие снижения и абсолютное владение навыком, а 100% – полный спад и отсутствие навыка, а также определить критический уровень регресса.

Полученные экспертные оценки были проанализированы методом регрессионного анализа [Дрейпер и др., 1986] посредством инструментов Excel [Павлов, 2017] и визуализированы на графике, который представлен на рис. 3.

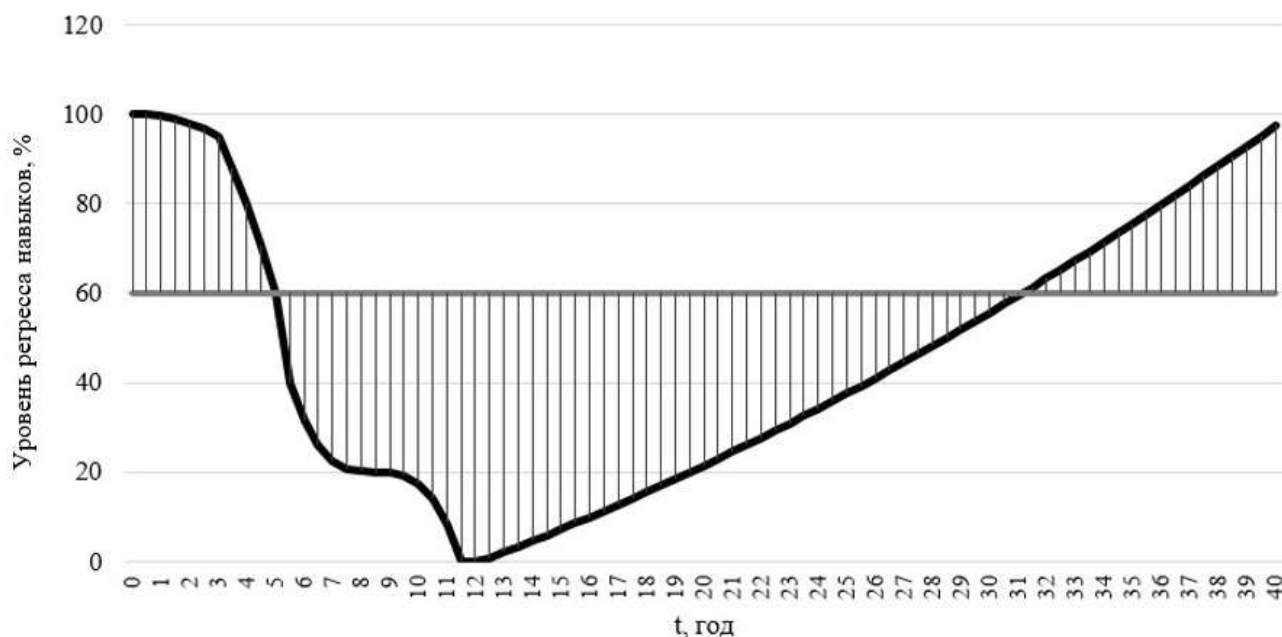


Рисунок 3 – Тенденция регресса навыков диспетчеров УВД
Figure 3 –Regression trend of air traffic controller skills

На графике видно, что как только у студентов начинается тренажёрная подготовка (3-5 лет), происходит первый качественный скачок и рост владения навыками УВД. Следующий качественный скачок происходит во время стажировки на первый сектор и получает 3-й класс (5-5,5 лет). Далее диспетчер УВД начинает самостоятельную работу, получает допуски на последующие сектора, набирается опыта и получает 2-й класс (8,5 лет). Точка перегиба характеризует момент времени, когда диспетчер не изучает ничего нового после получения 2-го класса. Однако, далее вновь происходит качественный рост навыков УВД, поскольку происходит получение оставшихся допусков и получение 1-го класса (8,5-11,5 лет). В этот момент диспетчер УВД перестаёт изучать новую информацию и продолжает работать с помощью отточенных навыков. Но далее график показывает, что постепенно навыки диспетчера УВД начинают теряться, поскольку специалист более не проходит обучение, редко отрабатывает нестандартные ситуации, которые могут возникнуть из-за отказа автоматизированной системы УВД или вовсе не случаются за всю его профессиональную деятельность. Критический уровень снижения навыков

находится на отметке 60%, что соответствует начальному уровню, с которым работник начал свою трудовую деятельность после учебного заведения, поэтому 31,5 года (5 лет обучения, полгода стажировки и 26 лет самостоятельной работы) – это срок качественной работы диспетчера.

Исходя из описания графика, можно выделить следующие профессиональные фазы:

1. **«Шоковое состояние»**. От 0 до 3 лет, когда происходит знакомство с абсолютно новой профессией.

2. **«Пик»**. От 3 до 11 лет, когда происходит активное освоение профессии и автоматизированной системы УВД, которую использует диспетчер в своей работе. Накопление опыта, высокая личная мотивация специалиста.

3. **«Стагнация»**. От 11 до 13 лет, когда процессы рутинизировались, появляются первые признаки профессиональной усталости и снижения интереса.

4. **«Цифровой разрыв»**. От 13 до 20 лет, когда технологии уходят вперёд, накопленные паттерны устаревают, а человек даже при отказе автоматизированных систем уже не может мобилизовать полученные навыки. Увеличивается сопротивление нововведениям.

5. **«Инерция опыта»**. От 20 лет, отмечается низкая способность к адаптации, физиологическое снижение когнитивных функций, что выражается в сильной привязанности к устаревшим, но «проверенным» методам, что в критической ситуации может увеличить рост вероятности ошибки.

Можно сделать вывод, что автоматизация процесса УВД позволяет молодому специалисту осваивать методы УВД очень успешно и быстро, однако степень автоматизации такова, что при длительном стаже работы и отказе автоматизации диспетчер не сможет эффективно осуществлять УВД.

На рис. 4 показана линия тренда и её математическая модель, что может считаться усреднённым значением среди всех диспетчеров УВД различного уровня знаний и индивидуальных способностей.

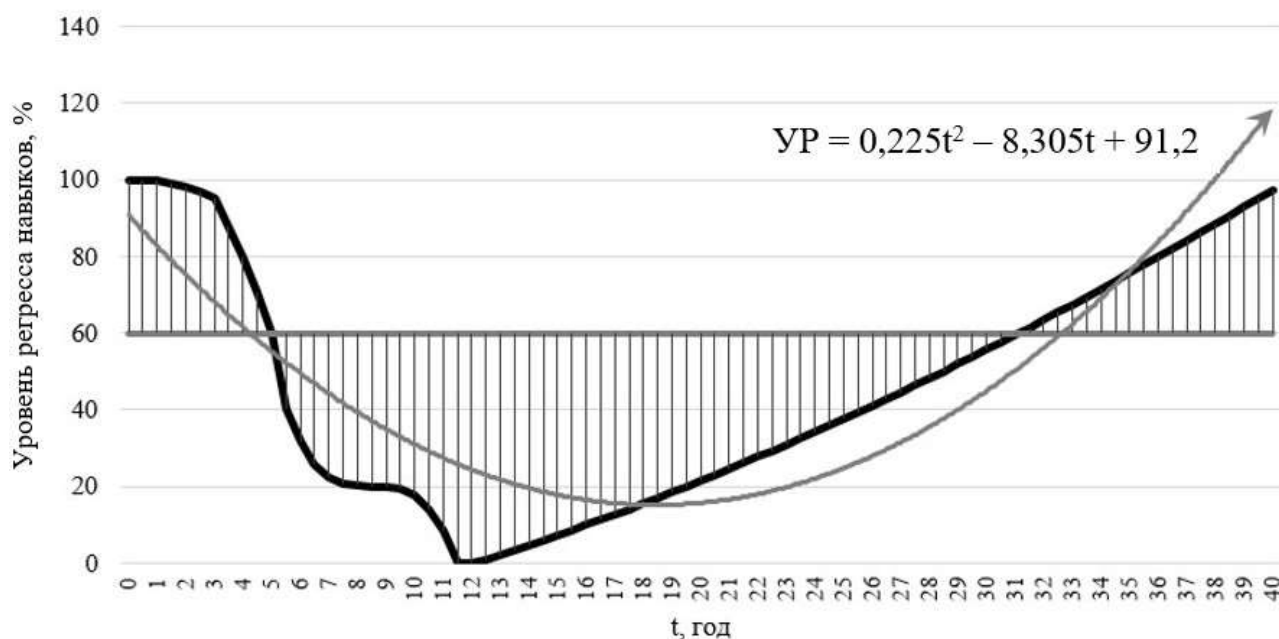


Рисунок 4 – Математическая модель регресса
Figure 4 – Mathematical model of regression

Анализ полученной математической модели с точки зрения коэффициентов и их корреляции со степенью автоматизации выглядит следующим образом:

$$UP = 0,225t^2 - 8,305t + 91,2. \quad (1)$$

Коэффициент при члене во второй степени равен 0,225 – это долгосрочный вред (φ), который приводит к атрофии критически важных навыков. Система настолько эффективно берёт на себя все рутинные и многие нестандартные задачи, что у диспетчера исчезает не только практика, но и сама потребность в самостоятельном глубоком анализе. Формируется системная «мышечная атрофия»: навык теряется не линейно, а с ускорением, потому что каждые новые знания и опыт всё сильнее привязывают специалиста к логике именно этой автоматизации, а не к фундаментальным принципам УВД.

Коэффициент при члене в первой степени равен –8,305 – скорость гиперкомпенсации (ω). В первые годы диспетчер очень быстро наращивает компетенции, снижая спад почти на 8,3% ежегодно. Диспетчер не просто следит, а активно учится у системы, которая выступает как мощный тренер, однако система настолько сложна и требовательна к пониманию, что медленная адаптация невозможна: либо быстро научишься с ней взаимодействовать на глубоком уровне, либо не сможешь работать вообще.

Свободный член данной квадратичной функции равен 91,2 – это начальный уровень регресса (UP_0). Это означает, что автоматизированная система является сложной средой для новичка, поэтому начальная подготовка сфокусирована на интерпретации её выводов, а не на понимании базовых процессов УВД.

Решение квадратного уравнения, где $UP = 60\%$, показывает, что время качественной работы диспетчера УВД ($t_{кр}$) равно 32,67 года или, с учётом пятилетнего обучения, 27 лет и 8 месяцев.

Данные коэффициенты связаны с уровнем автоматизации систем УВД параметром уровня автоматизации системы (A), причём $A \in [0;1]$, где $A = 0$ – полностью базовое управление, а $A = 1$ – гипотетически идеальная автоматизация (автоматика). Для полученной ранее функции (1) необходимо предположить уровень автоматизации, равный A^* . Для оценки зависимости коэффициентов функции (1) от уровня автоматизации системы необходимо определить следующие зависимости: $\varphi(A)$, $\omega(A)$ и $UP_0(A)$.

Для определения данных функций необходимо ввести определённые логические граничные условия, а именно:

1. Для полностью базовой системы при $A = 0$:

- $\varphi(0) = 0$, поскольку долгосрочного вреда в таком случае не должно быть;
- $\omega(0) = \omega_0$, где $\omega_0 < 0$, это коэффициент обучения в системе с базовым управлением (например, $-0,5$ или 5% в год, т.к. в этом случае известно, что исходная система сколько-то автоматизирована, а $\omega_0 > \omega^*$);
- $UP_0(0) = 0$, поскольку начального регресса в таком случае не должно быть.

2. Для известной системы при $A = A^*$:

- $\varphi(A^*) = 0,225$;
- $\omega(A^*) = -8,305$;
- $UP_0(A^*) = 91,2$.

3. Для автоматики при $A = 1$:

- $\varphi(1) \rightarrow \varphi_{\max}$ (например, $0,5$, при условии, что данный коэффициент растёт экспоненциально, поскольку при данном значении ветви параболы регресса будут уходить вверх с бóльшей скоростью);
- $\omega(1) \rightarrow \omega_{\min}$, где $\omega_{\min} \ll \omega(A^*)$ (например, -15 , при условии, что 15% в год – это самый быстрый регресс навыков диспетчера в условиях полной автоматики);
- $UP_0(1) \rightarrow UP_{\max}$, где $UP_{\max} \approx 100$.

На основе данных граничных условий необходимо выбрать математическую модель, по которой будет описана зависимость коэффициентов функции (1) от уровня автоматизации [Зорич, 2012]. Использование линейной модели в данном случае – это упрощение, что является недопустимым в такой сложной сфере, как УВД, поэтому предлагается выбрать простейшую из нелинейных зависимостей, а именно квадратичную. Она позволит описать

ускоренный рост негативных эффектов после определённого уровня автоматизации. Возможные квадратичные функции каждого коэффициента соответственно можно представить в виде:

$$\varphi(A) = \alpha_2 A^2 + \alpha_1 A + \alpha_0 \quad (2)$$

$$\omega(A) = \beta_2 A^2 + \beta_1 A + \beta_0 \quad (3)$$

$$UP_0(A) = \gamma_2 A^2 + \gamma_1 A + \gamma_0, \quad (4)$$

где α_2 , α_1 , α_0 , β_2 , β_1 , β_0 , γ_2 , γ_1 и γ_0 – искомые коэффициенты математической модели.

При условии, что $A = 0$, формулы (2), (3) и (4) будут иметь вид:

$$\varphi(0) = \alpha_2 \cdot 0^2 + \alpha_1 \cdot 0 + \alpha_0 = \alpha_0 = 0,$$

$$\omega(0) = \beta_2 \cdot 0^2 + \beta_1 \cdot 0 + \beta_0 = \beta_0 = \omega_0 = -0,5,$$

$$UP_0 = \gamma_2 \cdot 0^2 + \gamma_1 \cdot 0 + \gamma_0 = \gamma_0 = 0.$$

Из данных условий были найдены три коэффициента, а именно $\alpha_0 = 0$, $\beta_0 = -0,5$ и $\gamma_0 = 0$.

А при $A = A^*$:

$$\varphi(A^*) = \alpha_2 \cdot A^{*2} + \alpha_1 \cdot A^* = 0,225,$$

$$\omega(A^*) = \beta_2 \cdot A^{*2} + \beta_1 \cdot A^* - 0,5 = -8,305,$$

$$UP_0(A^*) = \gamma_2 \cdot A^{*2} + \gamma_1 \cdot A^* = 91,2.$$

И при $A = 1$:

$$\varphi(1) = \alpha_2 \cdot 1^2 + \alpha_1 \cdot 1 + \alpha_0 = \alpha_2 + \alpha_1 = 0,5,$$

$$\omega(1) = \beta_2 \cdot 1^2 + \beta_1 \cdot 1 + \beta_0 = \beta_2 + \beta_1 - 0,5 = -15,$$

$$UP_0(1) = \gamma_2 \cdot 1^2 + \gamma_1 \cdot 1 + \gamma_0 = \gamma_2 + \gamma_1 = 100.$$

Для того, чтобы найти коэффициенты, необходимо рассчитать уровень автоматизации оцениваемой системы. Итак, в данном контексте уровень автоматизации – это интегральный количественный показатель, характеризующий степень передачи функций УВД от диспетчера к технологической системе. Уровень автоматизации рассчитывается по следующей формуле:

$$A = \frac{N_A}{N}, \quad (5)$$

где N_A – число автоматизированных процессов, N – общее число процессов.

По методу экспертных оценок [Гуцыкова, 2019] была произведена оценка рабочей автоматизированной системы УВД. Что касается исследуемой автоматизированной системы УВД, то уровень её автоматизации $A^* = 0,67$, что является достаточно высоким показателем.

При подстановке данного значения в исходные уравнения получается следующая система уравнений:

$$\begin{cases} \alpha_2 \cdot 0,67^2 + \alpha_1 \cdot 0,67 = 0,225, \\ \beta_2 \cdot 0,67^2 + \beta_1 \cdot 0,67 - 0,5 = -8,305, \\ \gamma_2 \cdot 0,67^2 + \gamma_1 \cdot 0,67 = 91,2, \\ \alpha_2 + \alpha_1 = 0,5, \\ \beta_2 + \beta_1 - 0,5 = -15, \\ \gamma_2 + \gamma_1 = 100. \end{cases} \quad (6)$$

При преобразовании выражений получается следующая система уравнений:

$$\begin{cases} 0,67^2 \cdot \alpha_2 + 0,67 \cdot \alpha_2 + 0,11 = 0, \\ 0,67^2 \cdot \beta_2 + 0,67 \cdot \beta_2 - 6,41 = 0, \\ 0,67^2 \cdot \gamma_2 + 0,67 \cdot \gamma_2 - 24,2 = 0, \\ \alpha_1 = 0,5 - \alpha_2, \\ \beta_1 = -14,5 - \beta_2, \\ \gamma_1 = 100 - \gamma_2. \end{cases} \quad (7)$$

При решении системы уравнений получают следующие варианты значений коэффициентов:

$$\begin{aligned} &\begin{cases} \alpha_2 = 1,305, \\ \alpha_1 = -0,805. \end{cases} && \begin{cases} \alpha_2 = 0,188, \\ \alpha_1 = 0,312. \end{cases} \\ &\begin{cases} \beta_2 = 4,598, \\ \beta_1 = -19,098. \end{cases} && \begin{cases} \beta_2 = -3,106, \\ \beta_1 = -11,394. \end{cases} \\ &\begin{cases} \gamma_2 = 8,126, \\ \gamma_1 = 91,874. \end{cases} && \begin{cases} \gamma_2 = -6,634, \\ \gamma_1 = 106,634. \end{cases} \end{aligned}$$

или

Параметр A является ключевой независимой переменной, управляющей всеми коэффициентами модели регресса, поэтому, исходя из введённых выше

логических граничных условий, а именно, при $A=1$, следует, что $\varphi'(A) > 0$; $\omega'(A) < 0$ и $UP_0'(A) > 0$.

Итак, основываясь на полученных результатах и условиях, искомые значения коэффициентов соответственно равны:

$$\begin{cases} \alpha_2 = 0,188, \\ \alpha_1 = 0,312. \end{cases} \quad \begin{cases} \beta_2 = 4,598, \\ \beta_1 = -19,098. \end{cases} \quad \begin{cases} \gamma_2 = -6,634, \\ \gamma_1 = 106,634. \end{cases}$$

Полученные значения преобразуют уравнения (2), (3) и (4) следующим образом:

$$\varphi(A) = 0,188 \cdot A^2 + 0,312 \cdot A \quad (8)$$

$$\omega(A) = 4,598 \cdot A^2 - 19,098 \cdot A - 0,5 \quad (9)$$

$$UP_0(A) = -6,634 \cdot A^2 + 106,634 \cdot A \quad (10)$$

Полученные уравнения должны быть подставлены в уравнение (1), причём необходимо учесть, что $UP \geq 0$:

$$UP = (0,188A^2 + 0,312A) \cdot t^2 + (4,598A^2 - 19,098A - 0,5) \cdot t + (-6,634A^2 + 106,634A) \quad (11)$$

Уравнение (11) является искомой математической моделью, которая показывает уровень регресса диспетчера УВД в зависимости от уровня автоматизации системы УВД, причём данная модель не учитывает период обучения специалиста. Изменение уровня автоматизации будет нелинейно менять характер и скорость потери профессиональных навыков диспетчера УВД.

Методика поддержания профессиональных навыков диспетчера в условиях автоматизации процессов

Необходимо визуализировать математическую модель для $A=0,4$, $A=0,5$, $A=0,6$, $A=0,7$, $A=0,8$ и $A=0,9$, чтобы получить график регресса в зависимости от уровня автоматизации. Визуализация представлена на рис. 5.

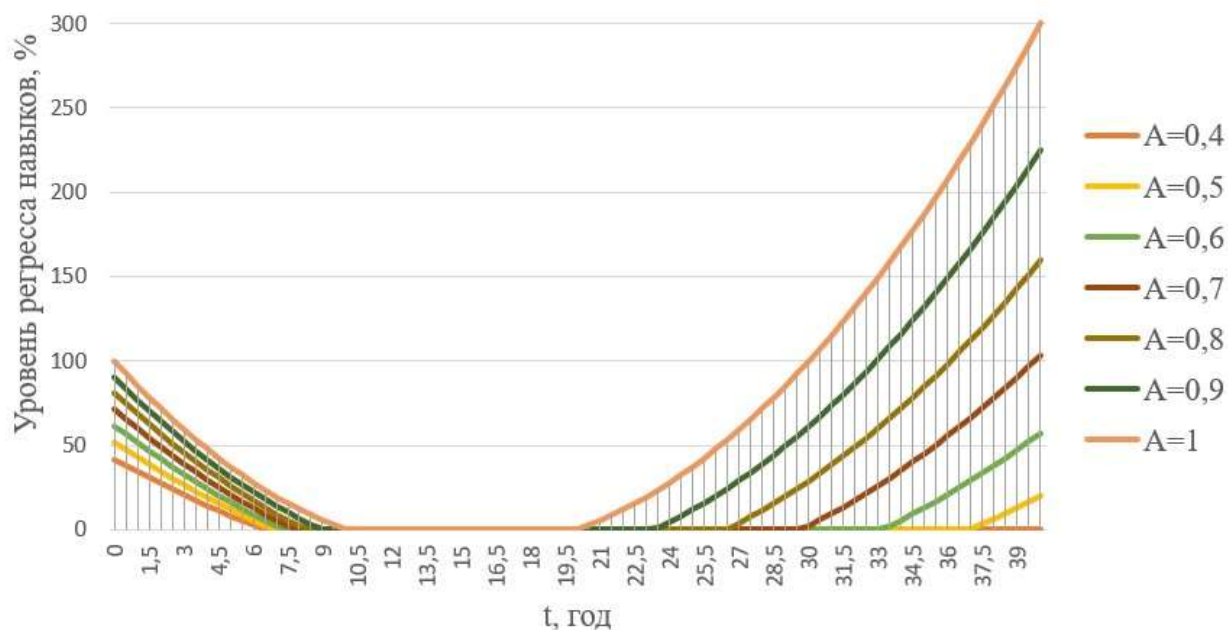


Рисунок 5 – Визуализация модели регресса
Figure 5 – Visualization of the regression model

Горизонтальный участок графика показывает, какой период своей трудовой деятельности в среднем диспетчер находится на пике своей рабочей формы и может использовать все навыки в полном объёме независимо от отказов системы. Также необходимо помнить, что первые 5 лет – это обучение в университете на тренажёрах с такой же системой, на которой специалист будет работать в будущем, то есть освоение средств автоматизации начинается ещё в период обучения.

Чем выше степень автоматизации, тем короче период пика рабочей формы диспетчера УВД, что является проблемой, поскольку рост автоматизации неизбежен. Однако стоит отметить, что становление диспетчера УВД как специалиста требует огромных ресурсов на его обучение, стажировку, получение допусков, классных квалификаций и т.п. Для увеличения фазы «пика» диспетчера, чтобы не растратить все вложенные в специалиста ресурсы, предлагается использовать следующую *методику поддержания профессиональных навыков*:

1. Тренировка внимания и памяти. Применение упражнений для улучшения способности быстро анализировать и запоминать информацию.
2. Курсы по работе с новыми технологиями. Качественное и своевременное обучение использованию обновлений автоматизированной системы и её новым возможностям.
3. Регулярные тренировки на диспетчерском тренажёре. Тренировки в условиях полной автоматизации, частичного отказа автоматизации и полного отказа автоматизации.

4. Применение адаптивного обучения [Кривогузов, 2026]. Разработка персонализированных программ обучения, учитывающих уровень автоматизации конкретного рабочего места и индивидуальные способности диспетчера УВД.

5. Оценка навыков [Кривогузов и др., 2025б]. Регулярная комплексная оценка профессиональных навыков диспетчеров с использованием объективных метрик, учитывающих влияние автоматизации.

6. Психологическая поддержка [Винс, 2025]. Применение современных психологических методик для предотвращения профессионального выгорания и усталости.

7. Обмен опытом. Проведение семинаров и конференций для обсуждения лучших практик по недопущению снижения уровня владения навыками, в том числе международных.

8. Самообразование. Самостоятельное совершенствование навыков путём использования онлайн-курсов, мобильных приложений и других современных инструментов.

Данная методика направлена на развитие ключевых компетенций диспетчеров УВД в эпоху автоматизации, а именно:

1. Когнитивная гибкость. Способность быстро переключаться между автоматизированными и базовыми условиями работы.

2. Прогнозирование и оценка рисков. Предвидение конфликтных ситуаций, несмотря на возможные ошибочные подсказки системы или ее некорректную работу.

3. Принятие решений. Уверенные действия в стандартных и нестандартных ситуациях.

Научная новизна проведённого исследования заключается в том, что данная методика предлагается впервые. С прикладной точки зрения методика выгодно отличается тем, что обеспечивает более эффективное формирование профессиональных навыков диспетчера УВД и увеличивает продолжительность периода его стабильной высококвалифицированной деятельности.

Заключение (Conclusion)

Проведённое исследование подтверждает, что технический прогресс и автоматизация рабочих процессов, повышая эффективность системы УВД, формируют латентный риск спада ключевых профессиональных компетенций диспетчера. Разработанная математическая модель регресса навыков, связанная с оценкой уровня автоматизации, позволила перейти от констатации данной проблемы к её количественному анализу и прогнозированию.

Предложенная методика поддержания навыков представляет собой практический инструмент для сохранения человеческого фактора как гаранта безопасности. Её внедрение позволяет трансформировать роль диспетчера из оператора автоматизированной системы в активного пользователя, чьи

экспертные навыки не атрофируются, а целенаправленно развиваются в симбиозе с технологиями.

Таким образом, реализация данной методики в системе непрерывной профессиональной подготовки является необходимым условием для обеспечения устойчивой и безопасной работы современной высокоавтоматизированной системы УВД. Дальнейшие исследования могут быть направлены на цифровизацию и интеграцию модели в тренажёрные комплексы для персонализированного формирования тренировочных сценариев.

Список литературы

Анализ безопасности полётов при АНО в ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» в 2022 году. М.: ФГУП «Госкорпорация по ОрВД», 2023. 46 с.

Винс К. Иммуниет к выгоранию. Эмоциональный интеллект для продуктивной работы без срывов / пер. с англ. А. Захарова. М.: МИФ, 2025. 352 с.

Вьюгин В. В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования: Электронное издание. М.: МЦНМО, 2014. 306 с.

Гуцыкова С. В. Метод экспертных оценок: теория и практика. 2-е изд. М.: Издательство «Институт психологии РАН», 2019. 144 с.

Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ: в 2-х кн. Кн. 1 / Н. Дрейпер, Г. Смит; пер. с англ. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 1986. 366 с.

Зорич В. А. Математический анализ. 6-е изд., дополн. М.: МЦНМО, 2012. Ч.1. 702 с.

Клир Д. Атомные привычки. Как приобрести хорошие привычки и избавиться от плохих / пер. с англ. СПб: ООО Издательство «Питер», 2020. 158 с.

КРАМС-4 для аэродромов // [Электронный ресурс] – URL: <https://iram.ru/products/krams4-aerodrome/> (дата обращения: 26.01.2026).

Кривогузов И. А. Алгоритм поддержки принятия решения диспетчером управления воздушным движением при вертикальном маневрировании воздушных судов / И. А. Кривогузов, А. Ю. Прокопович // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2025. № 53. С. 60-70. EDN MRRHVY.

Кривогузов И. А. Алгоритм создания адаптивных сценариев упражнений на тренажёре с применением динамической сложности для повышения эффективности обучения диспетчеров УВД // Научный вестник МГТУ ГА. 2026. № 30. 12 с.

Кривогузов И. А. Комплексная система оценки компетенции диспетчеров управления воздушным движением при подготовке на тренажёрах / И. А. Кривогузов, А. Ю. Прокопович // Научный вестник МГТУ ГА. 2025. № 28(6). С. 64-76. DOI 10.26467/2079-0619-2025-28-6-64-76. EDN AHFCDC.

Массовая задержка авиарейсов произошла в США из-за технического сбоя // [Электронный ресурс] – 2015. URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/55cf77d79a79477db0cff86b> (дата обращения: 26.01.2026).

Отчёт по результатам расследования авиационного происшествия Боинг 737-800 А6-FDN авиакомпании Fly Dubai 19.03.2016 г. М.: МАК. 2018. 199 с.

Павлов Н. В. Microsoft Excel: Мастер формул. М.: Книга по Требованию, 2017. 240 с.

Статистические методы обработки данных: практикум / И. А. Кацко [и др.]. Краснодар: КубГАУ, 2017. 89 с.

Commission regulation (EC) № 1032/2006 // [Электронный ресурс]. – 2006. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32006R1032> (дата обращения: 26.01.2026).

Endsley M. R. Designing for situation awareness: An approach to user-centered design. 2nd ed. / M. R. Endsley, D. G. Jones. Boca Raton: CRC Press, 2011. 396 p.

Engineering psychology and human performance. 4th ed / C. D. Wickens, J. G. Hollands, S. Banbury, R. Parasuraman. New York: Psychology Press, 2013. 544 p.

Salas E. Human factors in aviation. 2nd ed. / E. Salas, D. Maurino. New York: Academic Press, 2010. 744 p.

Specification for On-line Data Interchange (OLDI) // [Электронный ресурс]. – 2023. URL: <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-specification-line-data-interchange-oldi> (дата обращения: 26.01.2026).

The future of air traffic control: Human operators and automation / National Research Council. Washington D. C.: National Academies Press, 1998. 336 p.

References

Commission regulation (EC) № 1032/2006 (2006). Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32006R1032> (accessed 26 January 2026).

Endsley M. R., Jones D. G. (2011). Designing for situation awareness: An approach to user-centered design. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. 396 p.

Flight safety analysis of air navigation services at the Federal State Unitary Enterprise «State Air Traffic Management Corporation» in 2022. Moscow: FSUE «State Air Traffic Management Corporation», 2023. 46 p.

Gutsykova S. V. (2019). Method of expert assessments: theory and practice. 2nd ed. Moscow: Publishing house "Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences", 2019. 144 p.

Draper N., Smith G. (1986). Applied Regression Analysis: In 2 books. Book 1 / Translated from English. 2nd ed., revised and enlarged. Moscow: Finance and Statistics, 1986. 366 p.

Katsko I. A. [et al.]. (2017). Statistical methods of data processing: practical training. Krasnodar: KubSAU, 2017. 89 p.

Klier D. (2020). Atomic habits. How to develop good habits and break bad ones / translated from English. St. Petersburg: Publishing House «Piter», 2020. 158 p.

KRAMS-4 for airfields. Available at: <https://iram.ru/products/krams4-aerodrome/> (accessed 26 January 2026).

Krivoguzov I. A. (2026). An algorithm for creating adaptive simulator exercise scenarios using dynamic complexity to improve the effectiveness of ATC training. *Scientific Bulletin of Moscow State University of Civil Aviation*. (30): 12 p.

Krivoguzov I. A., Prokopovich A. Yu (2025). An algorithm for creating adaptive simulator exercise scenarios using dynamic complexity to improve the effectiveness of ATC training. *Scientific Bulletin of State Research Institute of Civil Aviation*. (53): 60-70.

Krivoguzov I. A., Prokopovich A. Yu (2025). Comprehensive competency assessment system for air traffic controllers during simulator training. *Scientific Bulletin of Moscow State University of Civil Aviation*. 28(6): 64-76.

Massive flight delays occurred in the USA due to a technical glitch (2015). Available at: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/55cf77d79a79477db0cff86b> (accessed 26 January 2026).

Pavlov N. V. (2017). Microsoft Excel: Formula Wizard. Moscow: Book on Demand, 2017. 240 p.

Report on the investigation results of the Air Accident of Boeing 737-800 A6-FDN Fly Dubai in 19 March 2016. Moscow: Interstate Aviation Committee, 2018. 199 p.

Salas E., Maurino D. (2010). Human factors in aviation. 2nd ed. New York: Academic Press, 2010. 744 p.

Specification for On-line Data Interchange (OLDI) (2023). Available at: <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-specification-line-data-interchange-oldi> (accessed 26 January 2026).

The future of air traffic control: Human operators and automation / National Research Council. Washington D. C.: National Academies Press, 1998. 336 p.

Vince K. (2025). Immunity to burnout. Emotional intelligence for productive work without breakdowns / translated from English by A. Zakharova. Moscow: MIF, 2025. 352 p.

Vyugin V. V. (2014). Mathematical foundations of machine learning and forecasting: Electronic publication. Moscow: MCNMO, 2014. 306 p.

Wickens C. D., Hollands J. G., Banbury S., Parasuraman R. (2013). Engineering psychology and human performance. 4th ed. New York: Psychology Press, 2013. 544 p.

Zorich V. A. (2012). Mathematical analysis. 6th ed., supplemented. Moscow: MCNMO, 2012. Part 1, 702 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кривогузов Иван Александрович – диспетчер осуществляющий непосредственное управление воздушным движением районного диспетчерского центра, Региональный центр ЕС ОрВД (Санкт-Петербург), ул. Взлётная, 10, Санкт-Петербург, 196210, Россия;
orcid.org/0009-0009-7900-4349; e-mail: krivoguzov78@yandex.ru

Прокопович Артемий Юрьевич – диспетчер осуществляющий непосредственное управление воздушным движением районного диспетчерского центра, Региональный центр ЕС ОрВД (Санкт-Петербург), ул. Взлётная, 10, Санкт-Петербург, 196210, Россия;
orcid.org/0009-0003-6073-7602; e-mail: procopovitch-artyom@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ivan A. Krivoguzov, Executive Air Traffic Controller of Area Center, Regional Center of the Unified Air Traffic Management System (Saint Petersburg), 10 Vzlyotnaya St., Saint Petersburg, 196210, Russia;
orcid.org/0009-0009-7900-4349; e-mail: krivoguzov78@yandex.ru

Artemii Yu. Prokopovich, Executive Air Traffic Controller of Area Center, Regional Center of the Unified Air Traffic Management System (Saint Petersburg), 10 Vzlyotnaya St., Saint Petersburg, 196210, Russia;
orcid.org/0009-0003-6073-7602; e-mail: procopovitch-artyom@mail.ru

Поступила в редакцию
Принята в печать
Опубликована

24.02.2026
26.05.2026
15.09.2026

Received
Accepted for publication
Published

24 February 2026
26 May 2026
15 September 2026