

УДК 621.396.96

DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-1-53-64

## К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММЫ СОВМЕСТНОЙ ПОДГОТОВКИ (ПЕРЕПОДГОТОВКИ) АВИАДИСПЕТЧЕРОВ И ПИЛОТОВ

А.И. СТЕПНОВА<sup>1</sup>, В.И. КОЧЕРГИН<sup>1</sup>, С.М. СТЕПАНОВ<sup>1</sup>, В.А. БОРСОЕВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ульяновский институт гражданской авиации

имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, г. Ульяновск, Россия

<sup>2</sup>Институт аэронавигации, г. Москва, Россия

Целью статьи является проведение статистического анализа данных, полученных в результате экспериментального исследования. Экспериментальное исследование заключается в проверке уровня знаний обучаемых до и после применения предложенного метода совместной подготовки (переподготовки) авиадиспетчеров и пилотов. Как известно, прогресс в авиации шагнул далеко вперед. Появились воздушные суда четвертого, пятого и шестого поколений. Самолеты и автоматизированные системы стали цифровыми. В целях разработки и внедрения систем АТМ ИКАО определила три основополагающие концепции, которые позволят повысить надежность человека-оператора в будущем. Одной из концепций является автоматизация, ориентированная на человека. Автоматизация подразумевает переход от аналоговых бортовых и наземных систем к цифровым системам. В конечном результате бортовые и наземные системы после модернизации получают аббревиатуру пятого и шестого поколения. Вследствие чего будет необходим новый подход к подготовке (переподготовке) авиадиспетчеров и пилотов по обслуживанию этих систем. Для решения этой задачи необходимо изменить концепцию подготовки летного и диспетчерского состава. В статье дана оценка предложенного нового метода совместной подготовки (переподготовки) авиадиспетчеров и пилотов посредством проведения статистического анализа полученных экспериментальным путем данных. Предложенный метод подготовки позволит улучшить качество обучения, уменьшить количество ошибок авиадиспетчеров и пилотов, что является основными принципами концепции ИКАО. В статье проведен статистический анализ данных по t-критерию Стьюдента и по закону распределения случайных величин, который позволит сделать вывод об эффективности предложенного метода подготовки специалистов.

**Ключевые слова:** авиадиспетчер, пилот, статистический анализ, совместная подготовка, тренажерная подготовка.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во всем мире выражена явная тенденция улучшения развития воздушного транспорта, эффективность которого способствует экономическому прогрессу [1]. Однако такой рост может иметь и противоположный аспект. С одной стороны, это повышение уровня жизни, социальной мобильности и общего благосостояния. С другой стороны, неуправляемые темпы роста воздушного движения могут привести к повышению риска безопасности полетов [2]. Это может произойти в том случае, когда они будут опережать темпы роста нормативных и инфраструктурных процессов, необходимых для их поддержки<sup>1</sup>.

Для предотвращения негативных последствий для авиации международная организация гражданской авиации разрабатывает стратегический подход, предусматривающий взаимосвязь темпов роста в обеих областях [3]. В настоящее время это позволит государствам и заинтересованным сторонам воспользоваться преимуществами безопасного устойчивого роста, повышением эффективности и ответственным подходом к охране окружающей среды, в которых мировое общество и экономика нуждаются в настоящее время.

Международной организацией гражданской авиации был разработан глобальный аэронавигационный план на 2016–2030 гг. Авиационные специалисты играют важную роль для его успешной реализации [4].

<sup>1</sup> Doc 9750-AN/963: Глобальный аэронавигационный план // ИКАО, 2013. 147 с.

При этом важную роль играет подготовка и переподготовка авиационных специалистов, поскольку человеческий фактор влияет на систему организации воздушного движения.

В статье С. Головнина, Г. Дмитриенко «Риски авиатранспортной системы при профессиональной подготовке пилотов диспетчеров» была рассмотрена проблема профессиональной подготовки и возможность появления рисков в процессе подготовки специалистов [5]. Однако в ней не описан риск неправильного взаимодействия. В связи с чем на практике возникают ошибки, влияющие на безопасность полетов. Риск, связанный с отсутствием совместной практики ведения фразеологии с диспетчером в статье имеет критический индекс риска. Однако не только отсутствие совместной практики ведения фразеологии, но и отсутствие совместной отработки навыков решения поставленных задач оказывает существенное влияние на безопасность полетов. Данный риск также может иметь критический индекс риска.

В статье С.М. Головнина «Подготовка пилотов и диспетчеров в виртуальной среде пилотирования и управления воздушным движением» дана оценка проблеме отсутствия взаимодействия пилотов и диспетчеров в период обучения в учебных заведениях [6]. Однако в ней не описан вариант решения данной проблемы.

Предложенная в статье программа совместной подготовки позволит улучшить качество обучения и минимизировать влияние риска неправильного взаимодействия на безопасность полетов.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В процессе научного исследования была разработана компьютерная программа совместной подготовки авиадиспетчеров и пилотов [7]. Она представляет собой рабочее место авиадиспетчера и пилота, которые одновременно имеют возможность выполнять свои технологические операции [8]. Программа создана на основе разработанного алгоритма, который включает базу данных бинарных отношений ошибок [9].

Авиадиспетчерам и пилотам предложено пройти тест на знание специфики работы смежной специальности. Для авиадиспетчеров это вопросы, касающиеся пилотирования воздушного судна [10, 11], для пилотов это принцип управления воздушным движением [12, 13]. Первоначальный тест имел упрощенную форму (вопросы низкого уровня сложности), последующий – усложненную форму (вопросы высокого уровня сложности). Перечень вопросов составлен путем привлечения четырех экспертов, двух действующих диспетчеров и двух действующих пилотов.

В табл. 1 приведены данные после первоначального опроса авиадиспетчеров до совместной тренажерной подготовки.

В опросе авиадиспетчеров принимало участие 84 человека. В первой и третьей группе по 27 человек. Во второй 30 человек. Нолями в таблице отмечены отсутствующие курсанты по списку обучаемых.

Для проверки уровня знаний произведен суммарный подсчет верных ответов. Определен процент верного выполнения теста и выставлены оценки.

Таблица 1  
Table 1

Опрос авиадиспетчеров до прохождения совместной тренажерной подготовки  
The survey of air traffic controllers prior to the joint simulation training

№ п/п	Д-15-1			Д-15-2			Д-15-3		
	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка
1	28	93	5	25	83	4	13	43	2
2	20	67	3	24	80	4	13	43	2

Продолжение таблицы 1  
Continuation of Table 1

№ п/п	Д-15-1			Д-15-2			Д-15-3		
	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка
3	24	80	4	28	93	5	20	67	3
4	20	67	3	25	83	4	19	63	3
5	25	83	4	24	80	4	15	50	3
6	24	80	4	24	80	4	13	43	2
7	23	76	4	24	80	4	13	43	2
8	24	80	4	23	77	4	0	0	0
9	0	0	0	25	83	4	0	0	0
10	20	67	3	16	53	3	24	80	4
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
30	23	77	4	26	87	4	25	83	4

В табл. 2 приведены данные после первоначального опроса пилотов до совместной тренажерной подготовки. В опросе принимал участие 81 человек. В первой группе 27 человек, во второй 24 человека, в третьей 30 человек.

Таблица 2  
Table 2

Опрос пилотов до прохождения совместной подготовки  
The survey of pilots prior to the joint simulation training

№ п/п	П-15-1			П-15-2			П-15-3		
	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка
1	16	53	3	14	47	2	25	83	4
2	12	40	2	25	83	4	24	80	4
3	12	40	2	20	67	3	10	53	3
4	24	80	4	20	67	3	25	83	4
5	15	50	3	0	0	0	16	53	3
6	16	53	3	0	0	0	24	80	4
7	16	53	3	19	63	3	16	53	3
8	16	53	3	18	60	3	23	77	4
9	20	67	3	14	47	2	20	67	3
10	15	50	3	15	50	3	16	53	3
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
30	20	67	3	14	47	2	26	87	4

В табл. 3 приведены данные повторного опроса авиадиспетчеров после совместной тренажерной подготовки. В опросе принимало участие 84 человека.

Таблица 3  
Table 3

Опрос авиадиспетчеров после прохождения совместной подготовки  
The survey of air traffic controllers after receiving the joint simulation training

№ п/п	Д-15-1			Д-15-2			Д-15-3		
	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка
1	29	97	5	24	80	4	27	90	5
2	22	73	4	27	90	5	28	93	5
3	24	80	4	29	97	5	17	57	3
4	26	87	4	28	93	5	22	73	4
5	22	73	4	15	50	3	19	63	3
6	28	93	5	27	90	5	16	53	3
7	28	93	5	27	90	5	24	80	4
8	24	80	4	27	90	5	0	0	0
9	0	0	0	28	93	5	0	0	0
10	28	93	5	22	73	4	25	83	4
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
30	27	93	5	22	73	4	27	90	5

В табл. 4 приведены данные повторного опроса пилотов после совместной тренажерной подготовки. В опросе принимал участие 81 человек.

Таблица 4  
Table 4

Опрос пилотов после прохождения совместной подготовки  
The survey of pilots after receiving the joint simulation training

№ п/п	П-15-1			П-15-2			П-15-3		
	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка	Верных ответов	Процент выполнения	Оценка
1	20	67	3	26	87	4	27	90	5
2	27	90	5	22	73	4	27	90	5
3	28	93	5	24	80	4	22	73	4
4	22	73	4	27	90	5	22	73	4
5	25	83	4	0	0	0	21	70	3
6	24	80	4	0	0	0	19	63	3
7	27	90	5	23	77	4	26	87	4
8	21	70	3	24	80	4	22	73	4
9	19	63	3	22	73	4	24	80	4
10	25	83	4	12	40	2	20	67	3
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
30	27	90	5	28	93	5	15	50	3

Для оценки полученных результатов был проведен статистический анализ данных [14, 15]. Был применен t-критерий Стьюдента для сравнения средних значений двух зависимых выборок [16].

В табл. 5 приведены исходные данные для расчета эмпирического значения критерия.

**Таблица 5**  
**Table 5**

Исходные данные для расчета эмпирического значения критерия Стьюдента  
Initial data for calculating the empirical value of the Student criterion

$n$	$x_1$	$x_2$	$d_i = x_1 - x_2$	$d_i - M_d$	$(d_i - M_d)^2$
1	3,9	4,5	-0,6	0,283	0,08
2	3,9	4,5	-0,6	0,283	0,08
3	3,1	4	-0,9	-0,017	0,0003
4	2,5	4	-1,5	-0,617	0,38
5	2,9	4	-1,1	-0,217	0,047
6	3,5	4,1	-0,6	0,283	0,08
$\Sigma$	19,8	25,1	-5,3	-	0,67

**Примечание.**  $n$  – количество выборок,  $x_1$  – средний балл до тренажерной подготовки,  $x_2$  – средний балл после тренажерной подготовки,  $d_i$  – разница среднего балла до и после тренажерной подготовки.

Для расчета эмпирического значения критерия найдем среднюю разность:

$$M_d = \frac{\sum d_i}{n} = -\frac{5,3}{6} = -0,883, \quad (1)$$

где  $M_d$  – эмпирическое значение критерия,  $\sum d_i$  – сумма разницы среднего балла до и после тренажерной подготовки,  $n$  – количество выборок.

Стандартное отклонение рассчитываем по формуле

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum (x_i - M_d)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,67}{5}} = \sqrt{0,133} = 0,365. \quad (2)$$

Эмпирическое значение рассчитываем по формуле

$$t_{\text{эмп}} = \frac{M_d}{\sigma_d / \sqrt{n}} = -\frac{0,883}{0,365 / \sqrt{6}} = -\frac{0,883}{0,149} = -5,93. \quad (3)$$

Критическое значение t-критерия Стьюдента для  $df = 5 (n - 1)$  находится между критическими значениями для вероятностей  $p = 0,01$  и  $p = 0,001$ . Следовательно, вероятность  $p < 0,01$ .

Статистическая гипотеза о равенстве средних значений отклоняется.

Можно сделать вывод о том, что показатель уровня знаний после предложенного метода обучения увеличился статистически достоверно ( $p < 0,01$ ).

Для проверки эффективности программы совместного обучения целесообразно также применить закон распределения случайных величин [17]. В нашем случае оценки, полученные экспериментальным путем, являются случайными величинами. Они дискретны, поэтому закон распределения случайных величин можно представить в виде многоугольника, а не функции распределения.

Проводим расчет частоты (вероятности) событий:

$$p = \frac{m}{n}, \quad (4)$$

где  $p$  – частота (вероятность) события,  $m$  – количество человек, получивших выбранную оценку,  $n$  – количество человек в выбранной группе.

В табл. 6 представлены значения частоты событий до совместной подготовки.

Таблица 6  
Table 6

Значения частоты событий для выбранных групп до совместной подготовки  
Values of events frequency for the selected groups prior to the joint simulation training

Частота событий	Д-15-1	Д-15-2	Д-15-3	П-15-1	П-15-2	П-15-3
$p_2$	0	0	0,22	0,44	0,29	0,03
$p_3$	0,26	0,7	0,44	0,52	0,5	0,4
$p_4$	0,63	0,73	0,3	0,03	0,21	0,56
$p_5$	0,11	0,1	0,03	0	0	0

**Примечание.**  $p_2$  – частота (вероятность) получения оценки 2,  $p_3$  – частота (вероятность) получения оценки 3,  $p_4$  – частота (вероятность) получения оценки 4,  $p_5$  – частота (вероятность) получения оценки 5.

События несовместимы и образуют полную группу, поэтому сумма всех вероятностей  $p_i$  будет равна единице.

Единица распределена между возможными значениями случайной величины. На рис. 1 представлен многоугольник распределения до совместной подготовки.

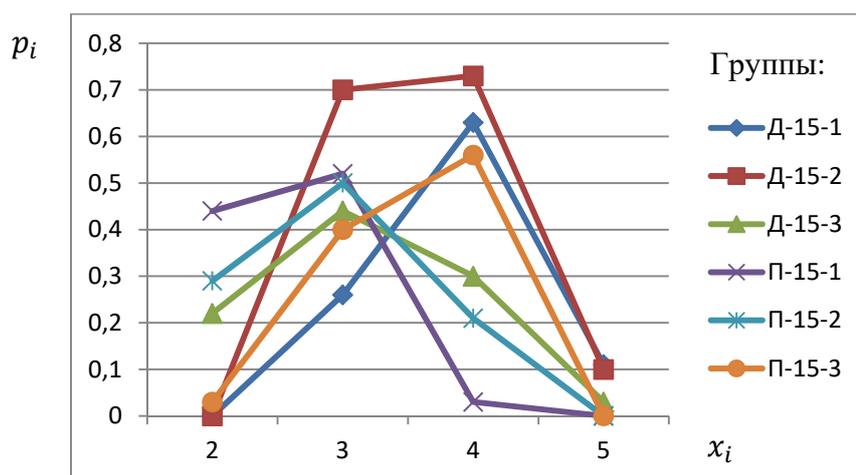


Рис. 1. Многоугольник распределения до совместной подготовки  
Fig. 1. Distribution polygon prior to the joint simulation training

В табл. 7 представлены значения частоты событий после совместной подготовки.

Таблица 7  
Table 7

Значения частоты событий для выбранных групп после совместной подготовки  
Values of events frequency for the selected groups after the joint simulation training

Частота событий	Д-15-1	Д-15-2	Д-15-3	П-15-1	П-15-2	П-15-3
$p_2$	0	0	0	0,07	0,08	0
$p_3$	0	0,1	0,3	0,18	0,08	0,23
$p_4$	0,52	0,33	0,44	0,44	0,62	0,4
$p_5$	0,48	0,57	0,26	0,29	0,21	0,37

На рис. 2 представлен многоугольник распределения после совместной подготовки.

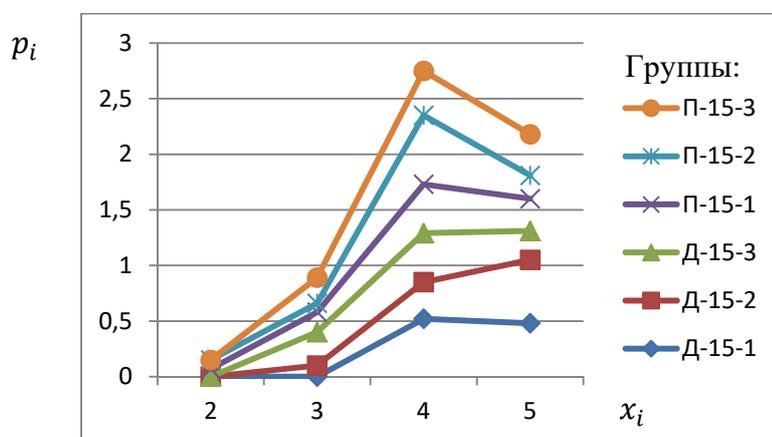


Рис. 2. Многоугольник распределения после совместной подготовки  
Fig. 2. Distribution polygon after the joint simulation training

Таким образом, проводя сравнительный анализ получившихся многоугольников распределения, видим, что распределение вероятностей изменилось значительно. Что, несомненно, говорит об эффективности предложенного метода совместной подготовки авиадиспетчеров и пилотов [18, 19].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результат проведенного статистического анализа путем применения t-критерия Стьюдента показал, что статистическая гипотеза о равенстве средних значений не верна, это позволяет сделать вывод о том, что показатель уровня знаний после применения предложенного метода обучения увеличился статистически достоверно ( $p < 0,01$ ) [20].

Для проверки эффективности программы совместного обучения также был применен закон распределения случайных величин. Были построены два многоугольника распределения до и после совместного обучения. Вероятности были подвержены явному изменению. Показатель изменился в сторону увеличения положительных оценок и снизился в сторону отрицательных оценок.

В результате проведенного статистического анализа можно сделать вывод о целесообразности применения программы совместной подготовки авиадиспетчеров и пилотов [21]. До применения программы совместного обучения тест показал низкий уровень знания специфики

работы специалистов смежной специальности. После прохождения совместной подготовки значение среднего балла было увеличено, несмотря на изменения уровня сложности пройденного теста.

Такой метод подготовки целесообразно использовать как в учебных заведениях, так и на авиационных предприятиях, поскольку наличие одновременно двух специалистов при выполнении упражнений не является необходимым условием.

Программа позволяет произвести выбор количества обучаемых [22]. Обосновано это тем, что на авиационных предприятиях нет возможности привлечения одновременно авиадиспетчеров и пилотов в силу большого количественного состава и разбросанности авиационных предприятий. Данное экспериментальное исследование было проведено в учебном заведении, поскольку это отличная возможность привлечения большого количества экзаменуемых авиадиспетчеров и пилотов. Предложенный метод подготовки позволяет уменьшить влияние человеческого фактора [23], сократив количество ошибок, связанных с непониманием особенностей работы специалиста смежной специальности [24, 25].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Михайлов Н.А.** Воздушная навигация. Международные полеты: учеб. пособие. 1-е изд. Новосибирск: Бэсттек-Авиа, 2000. 169 с.
2. **Казаков В.А.** Системы CNS/ATM: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Ульяновск: УВАУ ГА, 2008. 103 с.
3. **Чехов И.А.** Пути развития систем навигации в рамках внедрения концепции CNS/ATM // Научный Вестник МГТУ ГА. 2017. Т. 20, № 4. С. 98–106. DOI: 10.26467/2079-0619-2017-20-4-98-106
4. **Сладь Г.В., Шанин А.В.** Российский аспект концепции CNS/ATM ICAO, проблемы и решения // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2011. № 1 (312). С. 201–207.
5. **Головнин С.М.** Риски авиатранспортной системы при профессиональной подготовке пилотов диспетчеров [Электронный ресурс] // Blogspot.com. 2018. URL: <http://sergegolovnin.blogspot.com/?m=0> (дата обращения: 28.10.2021).
6. **Головнин С.М.** Подготовка пилотов и диспетчеров в виртуальной среде пилотирования и управления воздушным движением [Электронный ресурс] // Blogspot.com. 2016. URL: <http://sergegolovnin.blogspot.com/2016/02/blog-post.html?m=0> (дата обращения: 28.10.2021).
7. **Степнова А.И.** Анализ эффективности программы совместной тренажерной подготовки авиадиспетчеров и пилотов / А.И. Степнова, С.М. Степанов, В.В. Борсоева, В.А. Борсоев // Научный Вестник МГТУ ГА. 2019. Т. 22, № 5. С. 32–42. DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-5-32-42
8. **Степнова А.И.** Разработка модели взаимодействия авиадиспетчеров и пилотов с использованием методов дискретной математики / А.И. Степнова, В.И. Кочергин, С.М. Степанов, В.А. Борсоев // Научный Вестник МГТУ ГА. 2020. Т. 23, № 4. С. 72–83. DOI: 10.26467/2079-0619-2020-23-4-72-83
9. **Горбатов В.А., Горбатов А.В., Горбатова М.В.** Дискретная математика: учебник для студентов вузов. М.: АСТ: Астрель, 2003. 447 с.
10. **Конотоп В.И.** Психологический анализ ошибочных действий летчиков при выполнении полетов / В.И. Конотоп, Г.И. Захаренко, А.В. Захарин, С.А. Бевераки // Гуманитарные проблемы военного дела. 2017. № 3 (12). С. 193–196.
11. **Щетинина Н.А.** Типичные ошибки пилотов при восприятии сообщений радиобмена гражданской авиации // Молодой ученый. 2012. № 2. С. 192–195.

12. **Стионов М.В., Казаков В.А.** Организация системы управления воздушным движением: учеб. пособие. Ульяновск: УВАУ ГА (И), 2010. 68 с.
13. **Филин А.Д., Бестугин А.Р., Санников В.А.** Организация обслуживания воздушного движения: учебник для СПО / Под науч. ред. Ю.Г. Шатракова. М.: Юрайт, 2019. 515 с.
14. **Шорохова И.С., Кисляк Н.В., Мариева О.С.** Статистические методы анализа: учеб. пособие. Екатеринбург: ИПЦ УрФУ, 2015. 300 с.
15. **Рукавишникова Н.Г., Заверткина Е.Г.** Статистический анализ данных и способы представления результатов исследования: учеб.-метод. пособие. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2000. 47 с.
16. **Петров П.К.** Математико-статистическая обработка и графическое представление результатов педагогических исследований с использованием информационных технологий: учеб. пособие. Ижевск: ИД «Удмуртский университет», 2013. 178 с.
17. **Вентцель Е.С.** Теория вероятностей: учебник для вузов. 5-е изд. стер. М.: Высшая школа, 1998. 576 с.
18. **Updegrave J.A., Jafer S.** Optimization of air traffic control training at the Federal Aviation Administration Academy [Электронный ресурс] // Aerospace. 2017. Vol. 4, iss. 4: 50. 12 p. DOI: 10.3390/aerospace4040050 (дата обращения: 20.08.2018).
19. **Артюхович М.В., Феоктистова О.Г.** Роль инженерно-технического персонала в обеспечении безопасности полетов // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 204. С. 39–43.
20. **Зубков Б.В., Рыбалкин В.В.** Человеческий фактор и безопасность полетов: учеб. пособие. М.: МГТУ ГА, 1994. 68 с.
21. **Евстигнеев Д.А.** Подготовка авиационного персонала в области человеческого фактора: учеб.-метод. пособие. Ульяновск: УВАУ ГА, 2009. 65 с.
22. **Kuznetsova N.B.** Transmission of information and communication as a human factor crucial in aircraft maintenance // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2017. № 2. С. 240–246.
23. **Kelly D., Efthymiou M.** An analysis of human factors in fifty controlled flight into terrain aviation accidents from 2007 to 2017 // Journal of Safety Research. 2019. Vol. 69. P. 155–165. DOI: 10.1016/j.jsr.2019.03.009
24. **Moroney W.F., Moreney B.W.** Flight simulation. In: Handbook of aviation human factors, 1999. P. 355–388.
25. **Ellis S., Gerighty T.** English for aviation for pilots and air traffic controllers. Oxford: University Press, 2008. 96 p.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Степнова Анастасия Ивановна**, аспирант кафедры авиационной техники Ульяновского института гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, Nast9679@yandex.ru.

**Кочергин Виктор Иванович**, кандидат технических наук, доцент кафедры авиационной техники Ульяновского института гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, Uvauga-kvs@yandex.ru.

**Степанов Сергей Михайлович**, кандидат технических наук, доцент кафедры авиационной техники Ульяновского института гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, Uvauga-kvs@yandex.ru.

**Борсоев Владимир Александрович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой навигационного обеспечения полетов и аэронавигационной информации Института аэронавигации, Borsoev@aeronav.aero.

## ON THE SUBJECT OF THE EFFECTIVENESS OF THE ATC AND PILOT JOINT SIMULATION TRAINING (RETRAINING) PROGRAM

Anastasia I. Stepanova<sup>1</sup>, Viktor I. Kochergin<sup>1</sup>, Sergei M. Stepanov<sup>1</sup>,  
Vladimir A. Borsoev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Ulyanovsk Civil Aviation Institute named after Air Chief Marshal B.P. Bugaev,  
Ulyanovsk, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Air Navigation, Moscow, Russia*

### ABSTRACT

The purpose of the article is to conduct a statistical data analysis obtained after the experimental study. The experimental research deals with rating the trainees' level of proficiency before and after the proposed method of the ATC and pilot joint training (retraining). It's common knowledge that progress in aviation has moved far forward. The fourth, fifth and sixth-generation aircraft have come into existence. Aircraft and automated systems have become digital. In order to develop and implement ATM systems, ICAO has identified three fundamental concepts that will allow us to enhance human reliability in the future. One of the concepts is human-oriented automation. Automation involves the transition from the analog onboard and ground systems to digital ones. As a result, the onboard and ground systems, after modernization, will receive the fifth and sixth-generation abbreviation. Subsequently, a new approach will be required to train (retrain) air traffic controllers and pilots to operate these systems. To solve this problem, it is necessary to change the concept of training flight and traffic control personnel. The article provides an evaluation of the proposed new technique for the joint training (retraining) of ATC and pilots by conducting a statistical analysis of experimental data. The proposed training method will enable us to improve the quality of training, reduce a number of pilot and ATC errors, which are the underlying principles of the ICAO concept. The article presents the statistical analysis of data based on the Student t-criterion and the law of random variables distribution, which will make it possible to draw a conclusion about the effectiveness of the proposed method for training specialists.

**Key words:** air traffic controller, pilot, statistical analysis, joint training, simulation training.

### REFERENCES

1. **Mikhaylov, N.A.** (2000). *Vozdushnaya navigatsia. Mezhdunarodnyye polety: uchebnoye posobiye* [Air navigation. International flights: Tutorial]. Novosibirsk: Besttek-Avia, 169 p. (in Russian)
2. **Kazakov, V.A.** (2008). *Sistemy CNS/ATM: uchebnoye posobiye* [CNS/ATM systems: Tutorial]. 2nd ed., pererab. i dop. Ulyanovsk: UVAU GA, 103 p. (in Russian)
3. **Chekhov, I.A.** (2017). *Ways of navigation systems development within the implementation of the CNS/ATM concept*. Civil Aviation High Technologies, vol. 20, no. 4, p. 98–106. DOI: 10.26467/2079-0619-2017-20-4-98-106 (in Russian)
4. **Slad, G.W. and Shanin, A.V.** (2011). *The Russian aspekt of the ICAO CNS/ATM concept, problems and resolutions*. Scientific Bulletin of the State Scientific Research Institute of Civil Aviation (GosNII GA), no. 1 (312), p. 201–207. (in Russian)
5. **Golovin, S.M.** (2018). *Riski aviatsionnoy sistemy pri professionalnoy podgotovke pilotov i dispatcherov* [Risks in the air transport system during professional training of pilots and ATC]. Blogspot.com. Available at: <http://sergegolovnin.blogspot.com/?m=0> (accessed: 28.10.2021). (in Russian)
6. **Golovin, S.M.** (2016). *Podgotovka pilotov i dispatcherov v virtualnoy srede pilotirovaniya i upravleniya vozdushnym dvizheniyem* [Training of pilots and ATC in a virtual environment of piloting and air traffic control]. Blogspot.com. Available at: <http://sergegolovnin.blogspot.com/2016/02/blog-post.html?m=0> (accessed: 28.10.2021). (in Russian)
7. **Stepanova, A.I., Stepanov, S.M., Borsoeva, V.V. and Borsoev, V.A.** (2019). *Analysis of the effectiveness of the joint training program for air traffic controllers and pilots*. Civil Aviation High Technologies, no. 5, p. 32–42. DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-5-32-42 (in Russian)

8. **Stepnova, A.I., Kochergin, V.I., Stepanov, S.M. and Borsoev, V.A.** (2020). *Razrabotka modeli vzaimodeystvia aviadispatcherov i pilotov s ispolzovaniyem metodov diskretnoy matematiki*. Civil Aviation High Technologies, no. 4, p. 72–83. DOI: 10.26467/2079-0619-2020-23-4-72-83 (in Russian)
9. **Gorbatov, V.A., Gorbatov, A.V. and Gorbatov, M.V.** (2003). *Diskretnaya matematika. Uchebnik dlya vuzov* [Discrete mathematics: Textbook for Universities]. Moscow: AST: Astrel, 447 p. (in Russian)
10. **Konotop, B.I., Zaharenko, G.I., Zaharin, A.V. and Beveraki, S.A.** (2017). *Psychological analysis of erroneous actions of pilots when flying*. Gumanitarnyye problemy voyennogo dela, no. 3 (12), p. 193–196. (in Russian)
11. **Shchetinina, N.A.** (2012). *Tipichnyye oshibki pilotov pri vospriyatii soobshcheniy radioobmena grazhdanskoy aviatsii* [Typical pilot errors in the perception of civil aviation radio messages]. Molodoy uchenyy, no. 2, p. 192–195. (in Russian)
12. **Stionov, M.V. and Kazakov, V.A.** (2010). *Organizatsia sistemy upravleniya vozdushnym dvizheniyem: uchebnoye posobiye* [Organization of the air traffic control system: Tutorial]. Ulyanovsk: UVAU GA (I), p. 68. (in Russian)
13. **Filin, A.D., Bestugin, A.R. and Sannikov, V.A.** (2019). *Organizatsia obsluzhivaniya vozdushnogo dvizheniya: uchebnik dlya srednego spetsialnogo obrazovaniya* [Organization of air transport services: Textbook for secondary specialized education], in Yu.G. Shatrakov (Ed.). Moscow: Yurayt, p. 515. (in Russian)
14. **Shorohova, I.S., Kislyak, N.V. and Mariev, O.S.** (2015). *Statisticheskkiye metody analiza: uchebnoye posobiye* [Statistical methods of analysis: Tutorial]. Ekaterinburg: IPTs UrFU, 300 p. (in Russian)
15. **Rukavishnikova, N.G. and Zaverkina, E.G.** (2000). *Statisticheskyy analiz dannykh i sposoby predstavleniya rezultatov issledovaniya* [Statistical analysis of data and ways to present research results]. Yaroslavl: Izdatelstvo YaGPU, 47 p. (in Russian)
16. **Petrov, P.K.** (2013). *Matematiko-statisticheskaiya obrabotka i graficheskoye predstavleniye rezultatov pedagogicheskikh issledovaniy s ispolzovaniyem informatsionnykh tehnologiy: uchebnoye posobiye* [Mathematical and statistical processing and graphical representation of the pedagogical research results using IT: Tutorial]. Izhevsk: ID "Udmurtskiy universitet", 178 p. (in Russian)
17. **Ventsel, E.S.** (1998). *Teoria veroyatnostey: uchebnik dlya vuzov* [Theory of probability: Textbook for Universities]. 5th ed., ster., Moscow: Vysshaya shkola, 576 p. (in Russian)
18. **Updegrove, J.A. and Jafer, S.** (2017). *Optimization of air traffic control training at the Federal Aviation Administration Academy. Aerospace*, vol. 4, issue 4: 50, 12 p. DOI: 10.3390/aerospace4040050 (accessed 20.08.2018). (in Russian)
19. **Artyuhovich, M.V. and Feoktistova, O.G.** (2014). *The role of the technical staff in the flight safety*. Nauchnyy Vestnik MGTU GA, № 204, p. 39–43. (in Russian)
20. **Zubkov, B.V. and Rybalkin, V.V.** (1994). *Chelovecheskiy faktor i bezopasnost poletov: uchebnoye posobiye* [Human factor and flight safety: Tutorial]. Moscow: MGTU GA, 68 p. (in Russian)
21. **Yevstigneyev, D.A.** (2009). *Podgotovka aviatsionnogo personala v oblasti chelovecheskogo faktora: uchebno-metodicheskoye posobiye* [The aviation crew training in human factor: Training manual]. Ulyanovsk: UVAU GA, 65 p. (in Russian)
22. **Kuznetsova, N.B.** (2017). *Transmission of information and communication as a human factor*. Crede Experto: transport, society, education, language, no. 2, p. 240–246. (in Russian)
23. **Kelly, D. and Efthymiou, M.** (2019). *An analysis of human factors in fifty controlled flight into terrain aviation accidents from 2007 to 2017*. Journal of Safety Research, vol. 69, p. 155–165. DOI: 10.1016/j.jsr.2019.03.009

24. **Moroney, W.F. and Moreney, B.W.** (1999). *Flight simulation*. In: handbook of aviation human factors, p. 355–388.

25. **Ellis, S. and Gerighty, T.** (2008). *English for aviation for pilots and air traffic controllers*. Oxford University Press, 96 p.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Anastasia I. Stepnova**, Postgraduate of the Aeronautical Equipment Chair, Ulyanovsk Civil Aviation Institute named after Air Chief Marshal B.P. Bugaev, Nast9679@yandex.ru.

**Viktor I. Kochergin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Aeronautical Equipment Chair, Ulyanovsk Civil Aviation Institute named after Air Chief Marshal B.P. Bugaev, Uvauga kvs@yandex.ru.

**Sergei M. Stepanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Aeronautical Equipment Chair, Ulyanovsk Civil Aviation Institute named after Air Chief Marshal B.P. Bugaev, Uvauga kvs@yandex.ru.

**Vladimir A. Borsoev**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Navigational Support of Flights and Aeronautical Information Chair, Institute of Air Navigation, Borsoev@aeronav.aero.

Поступила в редакцию 01.11.2021  
Принята в печать 25.01.2022

Received 01.11.2021  
Accepted for publication 25.01.2022