

Научная статья
УДК 656.7.052.4



<https://doi.org/10.35266/1999-7604-2025-2-4>

Методика оценки натренированности пилотов с учетом показателей качества техники пилотирования

Виктор Владимирович Кашковский¹, Владимир Валентинович Устинов²✉

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

²Иркутский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации, Иркутск, Россия

Аннотация. Целью работы является снижение трудозатрат и исключение субъективизма оценки уровня натренированности летного состава с учетом качества техники пилотирования при выполнении упражнений, заданных программами летной подготовки и учетом перерывов в полетах по заданному упражнению. Автоматизация процессов построения плановых таблиц полетов и оценки качества техники пилотирования воздушного судна летчиками, позволит исключить ошибки планирования летной подготовки и достоверно проводить оценивание качества выполнения полетного задания. Автоматизация также позволит создавать прогнозные модели для оптимизации летной подготовки и, как следствие, повысить безопасность полетов и исключить выпуск в очередной полет неподготовленного летчика. В данной работе представлен анализ предметной области, концепция ее дальнейшего развития и результаты применения разработанных программных модулей для оценки уровня подготовки пилотов. Практика показала, что комплексы объективно и достоверно выявляют летчиков, которым необходимы дополнительные тренировочные или контрольные полеты, а также тренажерная подготовка. Предложенные решения могут быть реализованы в качестве отдельных программных модулей для наземных устройств обработки полетной информации и внедрены в эксплуатацию.

Ключевые слова: безопасность полетов, статистика, техника пилотирования, натренированность, программы подготовки, критерии оценивания, планирование летной подготовки

Для цитирования: Кашковский В. В., Устинов В. В. Методика оценки натренированности пилотов с учетом показателей качества техники пилотирования // Вестник кибернетики. 2025. Т. 24, № 2. С. 30–37. <https://doi.org/10.35266/1999-7604-2025-2-4>.

Original article

Assessment methods for pilot proficiency considering quality indicators of flight technique

Viktor V. Kashkovsky¹, Vladimir V. Ustinov²✉

¹Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

²Irkutsk Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, Irkutsk, Russia

Abstract. The aim of the study is to reduce workload and exclude subjectivity in assessing the level of flight crew's proficiency. Assessment is based on the quality of flight technique while performing exercises specified by flight training programs and with consideration of pauses in flights for a given exercise. Automation of flight schedule and flight technique quality assessment processes allows to exclude errors in flight training planning and reliably assess the quality of flight task execution. Automation also enables the creation of predictive models to optimize flight training and, consequently to enhance flight safety and to prevent sending an untrained pilot on the next flight. This article presents an analysis of the subject area, the concept of its further development and the results of the developed software modules' implementation for pilot proficiency assessment. Practice proved that the complexes objectively and reliably identify pilots who need additional training

or check flights, as well as simulator training. The proposed solutions can be implemented as separate software modules for ground-based flight data processing devices and put into practice.

Keywords: flight safety, statistics, flight technique, proficiency, training programs, evaluation criteria, flight training planning

For citation: Kashkovsky V. V., Ustinov V. V. Assessment methods for pilot proficiency considering quality indicators of flight technique. *Proceedings in Cybernetics*. 2025;24(2):30–37. <https://doi.org/10.35266/1999-7604-2025-2-4>.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из наиболее важных и сложных задач является подготовка летного состава. От решения этой задачи напрямую зависит безопасность полетов. Непрерывное повышение квалификации летного персонала поможет предупредить и исключить появление ошибок в технике пилотирования, предотвратить допуск к выполнению очередного полетного задания неподготовленного пилота, построить объективные и оптимальные планы подготовок.

Для повышения оперативности, достоверности, снижения трудозатрат и исключения субъективизма оценивания уровня натренированности пилотов с учетом качества выполнения полетных заданий явно напрашивается вывод об автоматизации этого процесса путем разработки программных модулей, которые могут быть использованы как отдельные модули в наземных устройствах обработки полетной информации, например, «RRJ-Экспресс», «Топаз-ГА», «Монстр-2012» и др. [1–3].

Работа посвящена разработке математического и программного обеспечения, определения уровня натренированности летного состава с учетом качества техники пилотирования, что позволит руководителю (инструктору летного обучения) качественно и объективно планировать летную подготовку, проводить коррекцию программ подготовки, дополнительно назначать тренировочные и контрольные полеты или тренажерную подготовку.

Для решения поставленной цели необходимо последовательно решить целый ряд задач, которые образуют комплексную систему: сбор статистики по реализациям конкретных маневров или фигур пилотажа; разработку

методики, алгоритма и критерия оценивания качества техники пилотирования; разработку методики и алгоритма оценивания уровня натренированности летного состава; разработку программных комплексов для практической реализации предложенных методик.

Степень натренированности определяется по отработанным упражнениям, входящим в программу подготовки [4]. Максимальные перерывы между полетами при обучении (переучивании) летчиков определяются решением руководителя (инструктора) и не должны превышать предельного периода, определенного в руководствах по летной подготовке.

Для апробации работы по оценке техники пилотирования были выбраны 200 реализаций выполнения предпосадочного маневра и посадки среднемагистрального воздушного судна (ВС). Описание алгоритмов и критериев оценки техники пилотирования представлены в работах [5, 6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе предлагаются к рассмотрению два основных подхода для решения задачи оценки уровня натренированности летного состава. Выбор методики остается за командиром (инструктором летного обучения).

Для решения первой задачи оценки уровня натренированности наиболее приемлемым является экспоненциальный закон, заданный в виде функции распределения случайной величины [4, 7]:

$$K_n = 1 - e^{-aQ_n}, \quad (1)$$

где:

K_n – коэффициент уровня натренированности;

Q – балльные оценки за качество выполнения заданного упражнения;

n – количество повторов заданного упражнения по программе летной подготовки;

a – масштабный коэффициент, который рассчитывается по количеству повторов заданного упражнения, выполненных на оценку «отлично». Методика расчета коэффициента a подробно описана в работе [8].

Данная методика может быть использована только для начинающих летчиков (курсантов летных училищ), не имеющих первичных навыков летной подготовки.

Для летчиков, ранее проходивших летную подготовку, например в летном училище или при переучивании на другой тип ВС, дополнительно в формулу (1) вводится поправочный коэффициент начальной подготовки K_0 . Тогда формула (1) примет вид (2):

$$K_n = K_0 + e^{-aQn}. \quad (2)$$

В этом случае производится пересчет коэффициента a в зависимости от повторов выполняемого упражнения.

При оценке натренированности необходимо учитывать также потерю навыков при перерывах в летной подготовке. Тогда значение уровня натренированности будет снижаться по следующему алгоритму (3) [4]:

$$K_n(t) = K_n(t_0)e^{-b(t-t_0)}, \quad (3)$$

где:

$t - t_0$ – время перерыва между вылетами при выполнении заданного упражнения;

$K_n(t_0)$ – уровень натренированности на время выполнения очередного вылета, вычисленный по формуле (2);

b – масштабный коэффициент, рассчитываемый от максимально допустимых перерывов между вылетами по заданному упражнению [4].

В данной работе также предложен альтернативный программный комплекс оценки уровня натренированности, который позволяет выставлять интегрированную оценку и зависит от количества повторов выполненного упражнения, оценок за их выполнение, перерывов в летной подготовке и начальной натренированности. Используются не отно-

сительные, а абсолютные значения уровня натренированности и учета балльных оценок за технику пилотирования, что позволит более наглядно отслеживать изменение коэффициента натренированности, который примет вид (4):

$$K_n = K_{nn} + \sum_{i=1}^n (AK_{B_i}e^{-\frac{t_i}{T}} + BK_{B_i} + C), \quad (4)$$

где:

K_{nn} – начальная натренированность с учетом имеющегося у летчика опыта летной работы и тренажерной подготовки;

A – весовой коэффициент натренированности за один балл оценки, отражающий способность летчика сохранять полученные навыки в течение короткого отрезка времени;

B – весовой коэффициент остатка натренированности за один балл оценки, отражающий способность летчика сохранять полученные навыки в течение долгого времени;

C – нерасходуемый остаток натренированности, используемый для оценки уровня натренированности летчиков, которые проходят переподготовку и у которых имеется опыт полетов;

K_{B_i} – оценка за i -й полет;

t_i – текущее значение перерыва в летной подготовке (сутки);

T – максимально допустимое значение перерыва в летной подготовке для заданного упражнения (сутки).

Весовой коэффициент натренированности за один балл оценки A – это кратковременная память, способность мозга хранить информацию в течение короткого отрезка времени.

Весовой коэффициент остатка натренированности за один балл оценки B – долговременная память.

Нерасходуемый остаток натренированности C используется для летчиков, которые проходят переподготовку и имеют опыт полетов.

Значения коэффициентов A , B и остаточного уровня коэффициента натренированности C задаются оператором с учетом мнений опытных инструкторов по летной подготовке.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В работе были разработаны методики, алгоритмы и программные модули для решения поставленных выше задач [4].

Для реализации алгоритма оценивания уровня натренированности летного состава по относительным показателям (формулы (1)–(3)) была разработана программа, фрагмент результатов работы которой показан на рис. 1.

В программном комплексе для наглядного представления уровня подготовки летчиков результаты можно выводить в графическом виде, показанном на рис. 2 в их относительном представлении от значений: 0 – нулевой уровень подготовки, 1 – полное освоение программы по заданному упражнению программы подготовки. Черными полосами выделены претенденты на первоочередное планирование выполнения заданного упражнения.

В работе также был предложен альтернативный вариант решения задачи оценки уровня натренированности пилотов по алгоритму формулы (4).

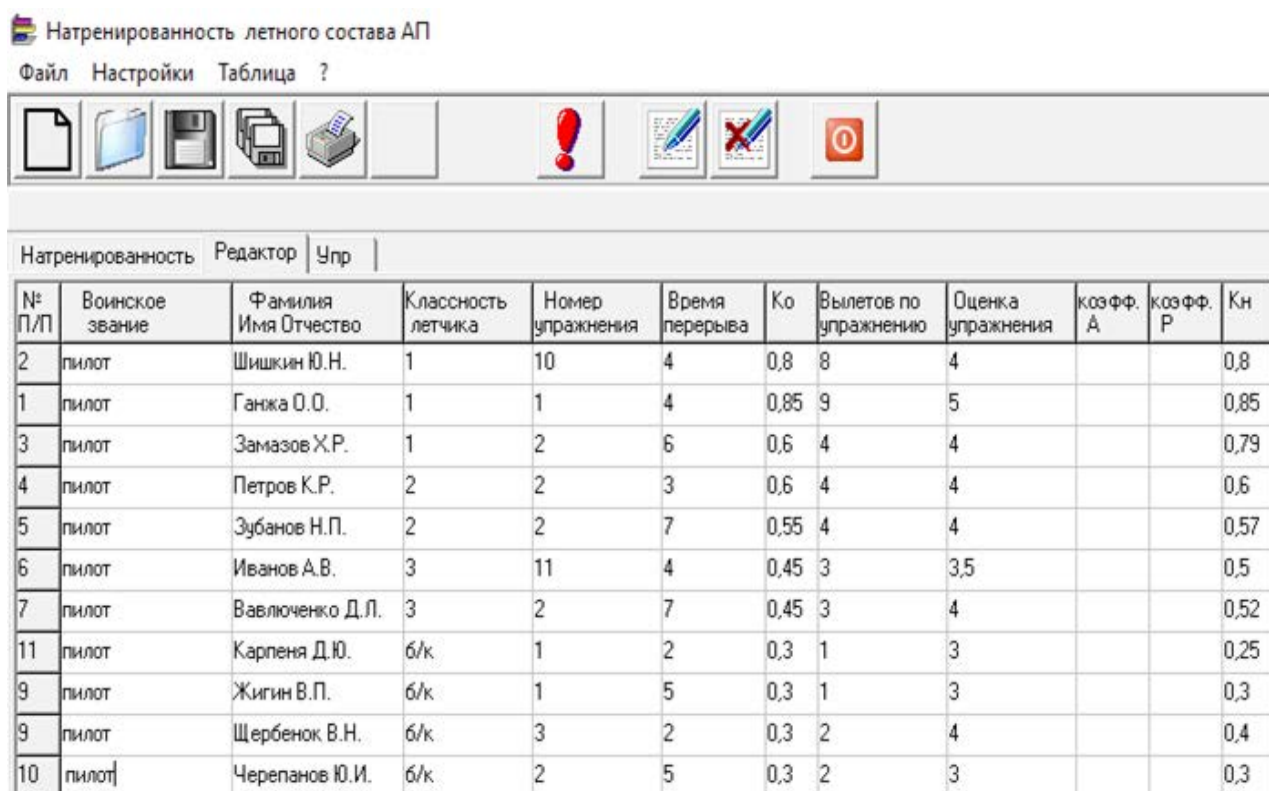
В программе предусмотрена опция просмотра полетного задания (содержание, цель, последовательность элементов, условия выполнения и количество повторов для полного усвоения летных навыков).

Для решения второй задачи разработан программный модуль, позволяющий оператору провести анализ оценки уровня натренированности для построения объективных плановых таблиц прохождения программ подготовки. Фрагмент результатов вычислений оценки уровня натренированности представлен на рис. 3.

Для более удобного просмотра информации по программе прохождения летной подготовки целесообразно представить графическое изображение результатов расчетов.

Натренированность летного состава АП

Файл Настройки Таблица ?



№ П/П	Воинское звание	Фамилия Имя Отчество	Классность летчика	Номер упражнения	Время перерыва	Ко	Вылетов по упражнению	Оценка упражнения	коэфф. А	коэфф. Р	Кн
2	пилот	Шишкин Ю.Н.	1	10	4	0,8	8	4			0,8
1	пилот	Ганжа О.О.	1	1	4	0,85	9	5			0,85
3	пилот	Замазов Х.Р.	1	2	6	0,6	4	4			0,79
4	пилот	Петров К.Р.	2	2	3	0,6	4	4			0,6
5	пилот	Зубанов Н.П.	2	2	7	0,55	4	4			0,57
6	пилот	Иванов А.В.	3	11	4	0,45	3	3,5			0,5
7	пилот	Вавлюченко Д.Л.	3	2	7	0,45	3	4			0,52
11	пилот	Карпеня Д.Ю.	б/к	1	2	0,3	1	3			0,25
9	пилот	Жигин В.П.	б/к	1	5	0,3	1	3			0,3
9	пилот	Щербенок В.Н.	б/к	3	2	0,3	2	4			0,4
10	пилот	Черепанов Ю.И.	б/к	2	5	0,3	2	3			0,3

Рис. 1. Фрагмент результатов расчета оценки уровня натренированности

Примечание: составлено авторами на основании данных, полученных в исследованиях.

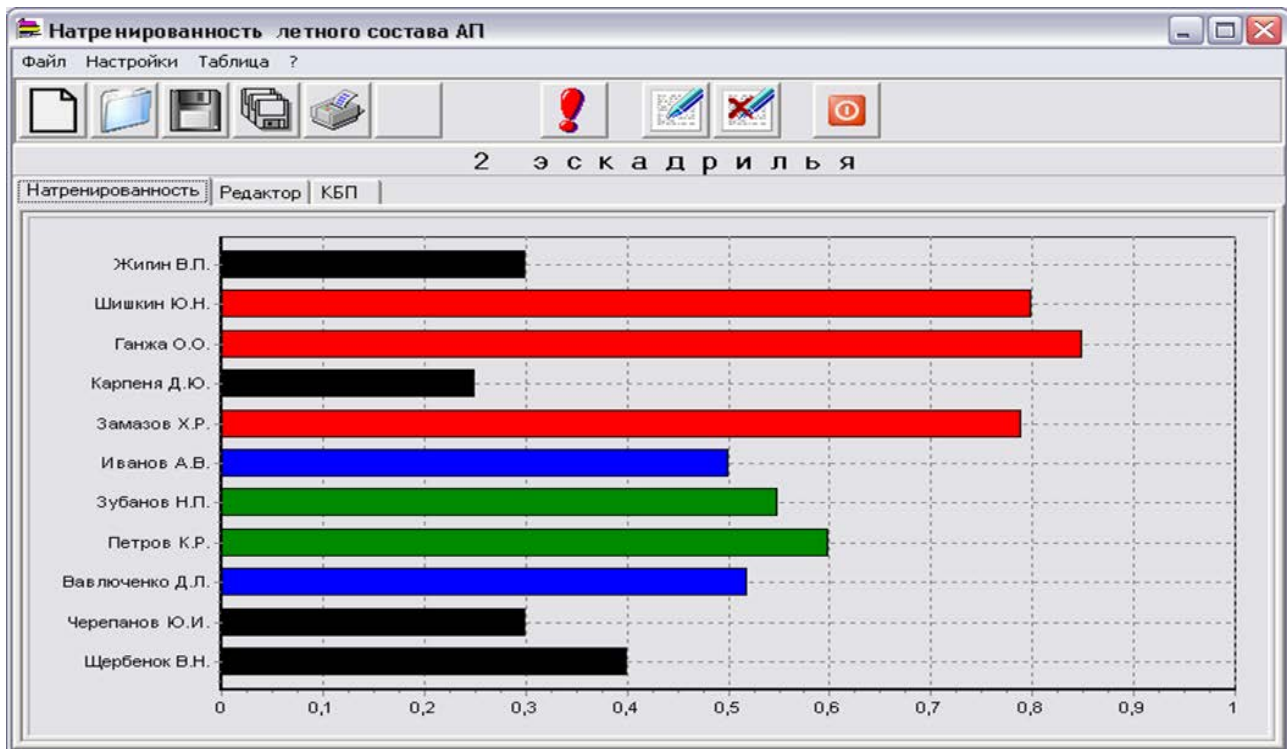


Рис. 2. Графический пример оценки значения уровня натренированности
 Примечание: составлено авторами на основании данных, полученных в исследованиях.

Дата расчёта: 30.05.2023 Упражнение: Упражнение № 10 Обрабатываемый файл: 356 группа 10 упражнение.pdf Дата выполнения расчёта: 30.05.2023

Группа: 356 Набор даты полёта для вставки: 12.05.2023 Добавить дату полёта лётчику: 1. Громов И.Ю. Добавленная дата: 12.05.2023

Сортировка A-Z: Номер по порядку Сортировка Z-A: Номер по порядку

№ л/п	Особые отметки	Фамилия Имя, Отчество	Классность лётчика	Даты полётов	Оценки за полёты	Перерывы полётов по упражнению	Всего вылетов по упражнению	Начальная натренированность	Натренированность
1	мл. сержант	Громов И.Ю.	б/к	05.04.2023 08.04.2023 12.04.2023 19.04.2023 24.04.2023	4 5 3 4 4	3 4 7 5 3 6	5	10,00	24,61
2	курсант	Карацуба В.И.	б/к	22.03.2023 25.03.2023 28.03.2023	4 3 4	3 3 6 3	3	7,93	15,84
3	сержант	Оленев М.В.	б/к	12.04.2023	4	48	1	2,13	4,13
4	курсант	Петров К.Р.	б/к	12.04.2023	3	48	1	1,60	3,10
5	курсант	Ленех Ю.Н.	б/к	12.04.2023	4	48	1	2,13	4,13
6	мл. сержант	Таржиев Р.М.	б/к	12.04.2023	5	48	1	2,66	5,17
7	курсант	Щербенок В.Н.	б/к	12.04.2023	3	48	1	1,60	3,10
8	мл. сержант	Щиренгаев Р.В.	б/к	12.04.2023	3	48	1	1,60	3,10
9	мл. сержант	Терешков А.В.	б/к	12.04.2023	5	48	1	2,66	5,17

Рис. 3. Расчетные значения показателя натренированности
 Примечание: составлено авторами на основании данных, полученных в исследованиях.

Результаты работы программы представлены на рис. 4, 5.

На данных рисунках вертикальными линиями показаны балльные оценки за качество выполнения заданного упражнения, а по горизонтали отложено спадание уровня натренированности в зависимости от сроков перерывов в летной подготовке.

Таким образом, в работе предложены два альтернативных варианта оценки уровня натренированности пилотов и отслеживания программы их летной подготовки.

Разница в предложенных методиках заключается в том, что использованы либо относительные показатели, либо абсолютные показатели оценки, а также во второй задаче

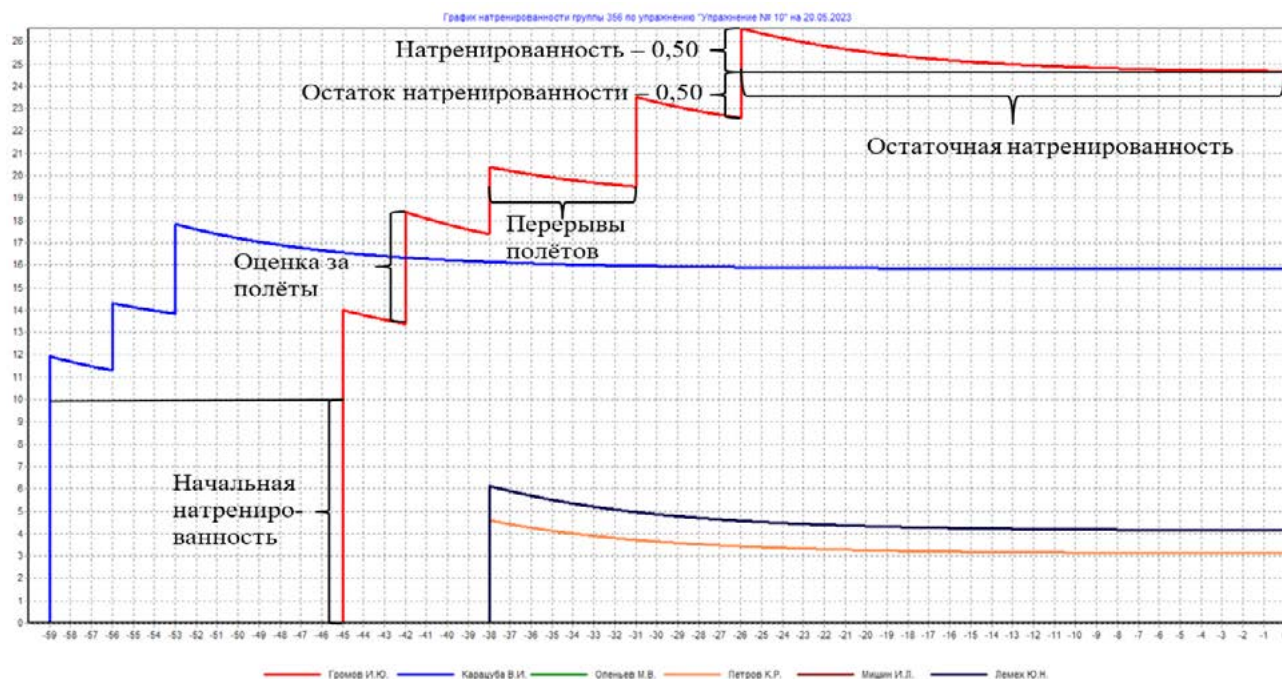


Рис. 4. График расчетных значений показателя натренированности

Примечание: составлено авторами на основании данных, полученных в исследованиях.

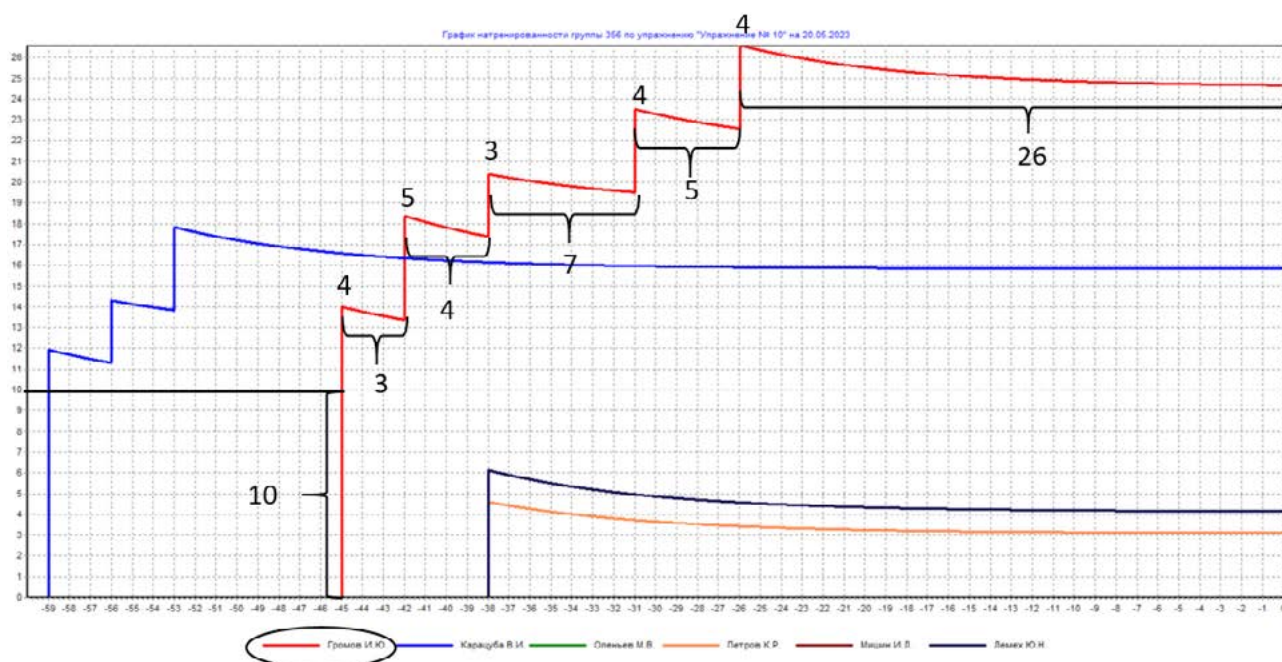


Рис. 5. График оценки уровня натренированности с количественными показателями оценки за полет и перерывов в подготовке

Примечание: составлено авторами на основании данных, полученных в исследованиях.

учитывается степень снижения натренированности с учетом постоянной и оперативной памяти.

В настоящее время авторами был проведен глубокий анализ существующих методик оценки качества техники пилотирования ВС

летчиками, определены их недостатки [9], [10] и предложены новые оригинальные решения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующая методика оценки уровня натренированности летного состава содержит

много факторов, которые трудно или невозможно учесть при ручной обработке данных для расчета. Например, вручную практически невозможно учесть текущий экспоненциальный уровень потерь навыков, отложившихся в кратковременной памяти.

Предлагаемый программный продукт позволяет вычислить оценку уровня натренированности летного состава с учетом всех составляющих навыков с весовыми коэффициентами A , B и C . Возможен прогноз уровня натренированности на заданную дату. Это позволяет оптимизировать программу летной подготовки для каждой группы летчиков с максимальным учетом их индивидуальности.

Предлагаемые методики и алгоритмы в отличие от существующих методов позволяют перейти к другому, более высокому уровню оценивания качества пилотирования летчиком и повысить его объективность для широкого класса воздушных судов; автоматизировать

оценку уровня натренированности с учетом качества техники пилотирования; строить прогнозные модели для оптимизации летной подготовки.

Предложенные методики оценивания уровня натренированности и качества техники пилотирования не противоречат друг другу, а, наоборот, дополняют материал и дают право выбора руководителю на принятие решения о выборе.

В результате выполнения работы разработаны алгоритмическое и программное обеспечение для обработки полетной информации, регистрируемой штатными устройствами на борту воздушного судна, дополняющее и повышающее эффективность существующей системы объективного контроля действий летчика. Результаты могут быть использованы для разработки и внедрения отдельного программного модуля для наземных комплексов обработки полетной информации.

Список источников

1. Руководство по организации сбора, обработки и использования полетной информации в авиапредприятиях гражданской авиации Российской Федерации (утв. Росавиацией 30.04.2020). Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
2. Специальное программное обеспечение «RRJ-Экспресс» RRJ0000-IN-055-180 rev. F : руководство пользователя. М. : Региональные самолеты, 2021. 123 с.
3. Устинов В. В., Кашковский В. В. Методика построения программ летной подготовки с учетом количественных показателей оценки уровня натренированности // Актуальные вопросы обеспечения комплексной безопасности на транспорте : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 12–15 ноября 2024 г., г. Санкт-Петербург. СПб. : Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации им. главного маршала авиации А. А. Новикова, 2025. С. 127–132.
4. Устинов В. В., Назаров П. С. Один из подходов к планированию подготовки курсантов летных училищ с учетом уровня натренированности и качества выполнения полетного задания // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2020. № 1. С. 74–88.
5. Вставский С. А., Гайсенек А. В., Устинов В. В. Методика автоматизации процесса разработки планов подготовки летного состава с учетом количественных показателей уровня натренированности и балльного оценивания качества техники пилотирования // Актуальные проблемы развития авиационной

References

1. Guidelines for the organization of collection, processing and use of flight information in civil aviation enterprises of the Russian Federation (approved by Rosaviatsia on April 30, 2020). Accessed through Law assistance system "Consultant Plus". (In Russ.).
2. Spetsialnoe programmnnoe obespechenie "RRJ-Ekspress" RRJ0000-IN-055-180 rev. F: user manual. Moscow: Regionalnye samolety; 2021. 123 p. (In Russ.).
3. Ustinov V. V., Kashkovsky V. V. Method of constructing flight training programs taking into account quantitative indicators for assessing the level of training. In: *Proceedings of International Research-to-Practice Conference "Aktualnye voprosy obespecheniya kompleksnoy bezopasnosti na transporte"*, November 12–15, 2024, Saint Petersburg. St. Petersburg: Saint-Petersburg State University of Civil Aviation named in honor of Air Chief Marshal A. A. Novikov; 2025. p. 127–132. (In Russ.).
4. Ustinov V. V., Nazarov P. S. One of the approaches to designing training for flight students based on the proficiency level and the performance of the flight task. *Crede Experto: Transport, Society, Education, Language*. 2020;(1):74–88. (In Russ.).
5. Vstavskiy S. A., Gaisenenok A. V., Ustinov V. V. Metodika avtomatizatsii protsessa razrabotki planov podgotovki letnogo sostava s uchotom kolichestvennykh pokazateley urovnya natrenirovannosti i ballnogo otsenivaniya kachestva tekhniki pilotirovaniya. In: *Proceedings of All-Russian Research-to-Practice Conference of Students and Postgraduates "Aktualnye problem razvitiya*

- техники и методов ее эксплуатации – 2024 : сб. тр. XVII Всерос. науч.-практ. конф. студентов и аспирантов, 05–06 декабря 2024 г., г. Иркутск. Иркутск : Иркутский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МГТУ ГА», 2025. Т. 1. С. 127–134.
6. Чобанян Л. Г., Назаров П. С. Методика, алгоритм и критерий количественного оценивания качества выполнения маневров и фигур пилотажа по данным средств объективного контроля // Актуальные проблемы развития авиационной техники и методов ее эксплуатации – 2021 : сб. тр. XIV Всерос. науч.-практ. конф. студентов и аспирантов, 09–10 февраля 2022 г., г. Иркутск. Иркутск : Иркутский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации», 2022. Т. 1. С. 51–72.
 7. Устинов В. В., Кашковский В. В., Чобанян Л. Г. Методика, алгоритм и критерий количественного оценивания качества выполнения маневра захода на посадку и посадки среднемагистрального воздушного судна по данным средств объективного контроля // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2022. № 1. С. 51–72.
 8. Назаров П. С., Устинов В. В. Методика расчета весовых коэффициентов при реализации алгоритмов оценки уровня натренированности курсантов летных училищ // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2020. № 4. С. 80–92.
 9. Бутырин О. А., Кleshchenko С. В. Методика количественной оценки качества техники пилотирования летчика в рейсовых условиях // Проблемы безопасности полетов. 2008. № 9. С. 17–30.
 10. Бутырин О. А., Кleshchenko С. В. Методика оптимального полета // Проблемы безопасности полетов. 2008. № 10. С. 23–30.
 - aviatsionnoy tekhniki i metodov yeyo ekspluatatsii”, December 5–6, 2024, Irkutsk. Irkutsk: Irkutsk Branch of Moscow State Technical University of Civil Aviation; 2025. Vol. 1. p. 127–134. (In Russ.).
 6. Chobanyan L. G., Nazarov P. S. Metodika, algoritm i kriterii kolichestvennogo otsenivaniya kachestva vypolneniya manevrov i figur pilotazha po dannym sredstv obiekktivnogo kontrolya. In: *Collection of articles of the 14th All-Russian Research-to-Practice conference of students and postgraduates “Aktualnye problemy razvitiia aviatsionnoi tekhniki i metodov ee ekspluatatsii-2021”*, February 9–10, 2022, Irkutsk. Irkutsk: Irkutsk branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation; 2022. Vol. 1. p. 51–72. (In Russ.).
 7. Ustinov V. V., Kashkovsky V. V., Chobanyan L. G. The methodology, algorithm and criterion of quantitative evaluation of the quality of the landing approach maneuver and landing of a medium-haul aircraft according to the data of objective control means. *Crede Experto: Transport, Society, Education, Language*. 2022;(1):51–72. (In Russ.).
 8. Nazarov P. S., Ustinov V. V. Methods of calculation of weight coefficients at implementation of level estimation algorithms of flight school cadets training. *Crede Experto: Transport, Society, Education, Language*. 2020;(4):80–92. (In Russ.).
 9. Butyrin O. A., Kleshchenko S. V. Metodika kolichestvennoi otsenki kachestva tekhniki pilotirovaniya letchika v reisovykh usloviyakh. *Problemy bezopasnosti poletov*. 2008;(9):17–30. (In Russ.).
 10. Butyrin O. A., Kleshchenko S. V. Metodika optimalnogo poleta. *Problemy bezopasnosti poletov*. 2008;(10):23–30. (In Russ.).

Информация об авторах

В. В. Кашковский – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Академии инженерных наук имени А. Н. Прохорова; <https://orcid.org/0000-0002-2865-2129>, viktor.kashkovskij@mail.ru

В. В. Устинов – старший преподаватель, аспирант; <https://orcid.org/0000-0002-3399-6671>, ustinov_1956@mail.ru✉

About the authors

V. V. Kashkovsky – Doctor of Sciences (Engineering), Corresponding Member of Academy of Engineering Sciences named after A. N. Prokhorov; <https://orcid.org/0000-0002-2865-2129>, viktor.kashkovskij@mail.ru

V. V. Ustinov – Senior Lecturer, Postgraduate; <https://orcid.org/0000-0002-3399-6671>, ustinov_1956@mail.ru✉