

Научно-исследовательский журнал «Вестник педагогических наук / Bulletin of Pedagogical Sciences»

<https://vpn-journal.ru>

2025, № 7 / 2025, Iss. 7 <https://vpn-journal.ru/archives/category/publications>

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности: 5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания (педагогические науки)

УДК 656.7.08

¹ Леонидов К.А.

¹ Акционерное общество «ВьетДжет Авиэйшн»

Психологические и когнитивные нагрузки в обучении пилотов: оценка и методы снижения

Аннотация: в статье рассматриваются психологические и когнитивные нагрузки, возникающие в процессе подготовки пилотов, и предлагается методика их оценки и снижения. Обсуждается ограниченность когнитивных ресурсов человека-оператора и влияние чрезмерной ментальной нагрузки на качество выполнения полетных заданий. Приведена оригинальная авторская методика тренировки устойчивости к высоким когнитивным нагрузкам, включающая этапы диагностирования нагрузки и поэтапные упражнения, приближенные к условиям эксплуатации современных воздушных судов Airbus и Boeing. Методика рассчитана как на курсантов, так и на действующих пилотов. Формализовано понятие рабочей нагрузки пилота, представлены используемые формулы оценок (в том числе индекс нагрузки NASA-TLX) с пояснениями. Полученные результаты указывают на достоверное снижение субъективной и объективной ментальной нагрузки у пилотов после применения методики. В результатах приведены обобщенные данные тренировочного эксперимента (таблицы и графики), демонстрирующие уменьшение показателей нагрузки (NASA-TLX, частота сердечных сокращений и число ошибок) и улучшение показателей деятельности. В разделе обсуждения проведено сравнение предложенного подхода с существующими программами подготовки (включая Evidence-Based Training и практики управления нагрузкой на рабочем месте экипажа). Сделан вывод о том, что систематическая работа по оценке и снижению когнитивных и психологических нагрузок должна стать неотъемлемой частью обучения пилотов для повышения безопасности полетов.

Ключевые слова: когнитивная нагрузка, психологический стресс, подготовка пилотов, рабочая нагрузка, NASA-TLX, Evidence-Based Training, тренировка стрессоустойчивости

Для цитирования: Леонидов К.А. Психологические и когнитивные нагрузки в обучении пилотов: оценка и методы снижения // Вестник педагогических наук. 2025. № 7. С. 289 – 297.

Поступила в редакцию: 18 апреля 2025 г.; Одобрена после рецензирования: 21 мая 2025 г.; Принята к публикации: 19 июня 2025 г.

¹ Leonidov K.A.

¹ VietJet Aviation Joint Stock Company

Psychological and cognitive workload in pilot training: assessment and mitigation methods

Abstract: this article presents a scientific methodology for assessing and mitigating psychological and cognitive workload during pilot training, applicable to both ab initio and experienced airline pilots. It addresses the effects of mental overload, stress, and information saturation on pilot performance and decision-making. The study includes a modular training program developed for Airbus and Boeing flight operations, with clearly structured exercises focused on tolerance to overload, situational awareness, and multitasking under pressure. Cognitive load is measured using validated indicators such as the NASA-TLX index, heart rate variability (HRV), and the original CLI formula. The effectiveness of the method is confirmed through simulated training sessions involving student and professional pilots. Results demonstrate significant reductions in cognitive load and stress, along with improvements in flight accuracy and task performance. The method is recommended for integration into initial training programs and recurrent simulator sessions to strengthen resilience and prevent human factor-related inci-

dents.

Keywords: cognitive load, mental workload, psychological stress, pilot training, NASA-TLX, workload management, situational awareness, CLI index

For citation: Leonidov K.A. Psychological and cognitive workload in pilot training: assessment and mitigation methods. Bulletin of Pedagogical Sciences. 2025. 7. P. 289 – 297.

The article was submitted: April 18, 2025; Accepted after reviewing: May 21, 2025; Accepted for publication: June 19, 2025.

Введение

Безопасность полётов и эффективность деятельности пилотов в значительной мере зависят от их способности справляться с высоким уровнем психологической и когнитивной нагрузки. Когнитивная нагрузка определяется как объем когнитивных ресурсов, требуемых для восприятия, обработки информации, принятия решений и выполнения действий в единицу времени. Рабочая память пилота имеет ограниченную емкость, поэтому с ростом сложности задачи или объема поступающей информации потребление ресурсов увеличивается и может возникнуть перегрузка. Избыточная когнитивная нагрузка способна приводить к пропуску важной информации и ошибкам пилотирования [1]. Показателен случай катастрофы рейса AirAsia 8501, когда перегрузка во время маневра разворота привела к ошибочному восприятию пространственного положения самолёта и потере контроля [2]. С другой стороны, недостаточная загруженность (монотонность) также негативно сказывается на внимании и реакции пилота. Таким образом, оптимальный уровень ментальной нагрузки лежит в определённом диапазоне, превышение которого ведёт к стрессу и ошибкам, а понижение – к снижению бдительности.

В современной кабине пилота возрастающая автоматизация (автопилоты, электронные системы и т.д.) привела к тому, что характер нагрузки сместился от физической к когнитивной. Авиационные психологи отмечают: «нагрузка – это требования, предъявляемые к ментальным ресурсам оператора для поддержания внимания, восприятия, принятия решений и действий» [3]. Если требуемые ресурсы превышают доступные, возникают ошибки и сбои, что чревато критическими последствиями для безопасности [1]. Формально нагрузку пилота можно описать через отношение $K = R_t / R_h$, где R_t – требуемые ресурсы для текущей задачи, а R_h – доступные ресурсы человека. При $K > 1$ имеет место перегрузка, при $K \approx 1$ – нагрузка близка к предельной, а при $K < 1$ – ресурсы достаточны или избыточны (недогрузка). Индивидуальные различия пилотов (опыт, тренировка, уровень навыков) определяют величину R_h , поэтому одна и та же задача вызывает разный уровень нагрузки у разных людей. Кроме того, психологическое состояние (усталость, стресс) влияет на доступные ресурсы, изменяя способность справляться с нагрузкой в конкретный момент.

Психологическая нагрузка включает также эмоциональные факторы и стресс. Пилот в сложной ситуации испытывает не только когнитивное напряжение, но и психологический стресс, связанный с ответственностью за безопасность, временем на принятие решения и возможными непредвиденными ситуациями. Хронический стресс и усталость пилотов признаны одними из главных угроз безопасности: они ухудшают время реакции, память и другие когнитивные функции [4]. Исследования показывают, что физиологические проявления нагрузки – учащение сердечного ритма, изменения вариабельности сердечного ритма (ВСР), показатели электроэнцефалограммы (ЭЭГ) – хорошо коррелируют с уровнем ментального напряжения пилота [5]. Например, частота сердечных сокращений и ВСР применяются для объективного контроля рабочей нагрузки в реальных и имитационных полётах [5]. Развитие методов нейромониторинга (ЭЭГ, функциональная НИРС) позволяет дополнять субъективные оценки пилотов объективными показателями их когнитивного состояния.

Проблема управления рабочей нагрузкой приобрела актуальность в связи с ростом комплексности современных самолетов. В отчётах Международной организации гражданской авиации (ИКАО) отмечается, что более 70% авиационных инцидентов связано с человеческим фактором и ошибками пилотов, нередко вызванными высоким уровнем нагрузки и снижением ситуационной осведомленности. В ответ на эти вызовы в последние годы внедряются новые подходы к подготовке пилотов, такие как концепция Evidence-Based Training (EBT) – тренировки на основе доказательств. Одним из ключевых навыков в EBT выделяется управление нагрузкой (Workload Management) – умение пилота эффективно распределять ресурсы, планировать и приоритизировать задачи в полёте. Руководство ИКАО Doc 9995 по внедрению EBT рекомендует уделять особое внимание развитию у пилотов стрессоустойчивости и способности сохранять ра-

ботоспособность при высоких когнитивных нагрузках [6]. Тем не менее, практические методики тренировки этих аспектов требуют дальнейшей конкретизации и исследований.

Цель данной работы – разработать и описать комплексную методику оценки и снижения когнитивных и психологических нагрузок у пилотов гражданской авиации, применимую в рамках как начальной летной подготовки курсантов, так и периодической тренировки действующих пилотов. В задачи исследования входили: (1) анализ существующих подходов к оценке рабочей нагрузки пилотов (субъективных и объективных методов); (2) формирование поэтапной программы тренировки, направленной на повышение толерантности к нагрузкам и развитие навыков управления ментальной нагрузкой в кабине; (3) экспериментальная апробация элементов методики на авиационном тренажёре с участием групп курсантов и пилотов, сравнение их показателей до и после тренировки; (4) разработка рекомендаций по интеграции методики в систему подготовки пилотов Airbus и Boeing. Настоящая статья представляет результаты выполненного исследования, включая описание авторской методики, данные её оценки и обсуждение эффекта от её применения с точки зрения повышения безопасности полётов.

Материалы и методы исследований

Общая концепция методики: Предлагаемая методика основана на принципе сочетания оценки нагрузки и адаптивной тренировки для её снижения. Обучение разбито на два основных этапа: диагностический и тренировочный. На диагностическом этапе производится количественная оценка исходного уровня когнитивной нагрузки у пилота при выполнении типовых полетных задач. Для этого используются субъективные шкалы и объективные психофизиологические измерения. В частности, применяется многомерная шкала NASA-TLX (Task Load Index), широко используемая в авиации для субъективной оценки рабочей нагрузки по шести параметрам: ментальное напряжение, физическое напряжение, временное давление, усилие, эффективность и фрустрация [7]. Пилоту после выполнения задания предлагается оценить каждую составляющую по 100-балльной линии (от “минимально” до “максимально”) с последующим вычислением интегрального индекса нагрузки. Индекс NASA-TLX (TLX) может рассчитываться как средневзвешенное значение по шести шкалам: $TLX = (\sum_{i=1}^6 [w_i R_i]) / (\sum_{i=1}^6 w_i)$, где R_i – рейтинг по i -й субшкале, w_i – весовой коэффициент значимости этой субшкалы для выполняемой задачи (определяется в предварительном опросе пилота). Если веса не используются, интегральный индекс определяют как среднее арифметическое $TLX = 1/6 \sum_{i=1}^6 R_i$. Значения TLX интерпретируются как уровень субъективно воспринимаемой нагрузки (например, >70 – очень высокая, 40–70 – умеренная, <40 – низкая нагрузка). Помимо субъективных данных, регистрируются объективные показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС) и вариабельность сердечного ритма (BCP) пилота с помощью нагрудного датчика или смарт-браслета, а также выполняется регистрация поведенческих показателей (точность выполнения задания, число допущенных ошибок, время реакции на критические события). Для исследования мозговой активности при наличии соответствующего оборудования может привлекаться портативный ЭЭГ-шлем: например, в работах показана информативность показателей ЭЭГ для отслеживания динамики когнитивного состояния пилота при изменении сложности задач [8, 9]. На основе комплексной оценки (NASA-TLX, физиология, ошибки) определяется исходный профиль нагрузки для каждого испытуемого.

На тренировочном этапе реализуется серия упражнений, направленных на снижение субъективно воспринимаемой нагрузки и развитие навыков ее саморегуляции. Важным принципом является постепенное наращивание сложности задач, имитирующих реальные условия эксплуатации Airbus и Boeing, с параллельным обучением пилотов методам совладания со стрессом и перераспределения внимания. Программа упражнений разработана с учётом типичных когнитивных вызовов, встречающихся в полётах: высокое временное давление (дефицит времени на решение), многозадачность (необходимость следить за параметрами, вести радиообмен и управлять самолетом одновременно), неожиданное возникновение неполадок и отказов систем, перегрузка информацией (множественные сигналы и предупреждения). Упражнения проводятся на сертифицированном пилотажном тренажере типа FNPT II/MCC с высокоуровневой имитацией кабины самолёта. В части сессий используется конфигурация Airbus A320 (боковая ручка управления, компьютеризированные системы управления полётом, законы управления «fly-by-wire»), в других – Boeing 737NG (центральный штурвал, более прямое управление без ограничителей). Это позволяет обучающимся приобрести опыт в обеих философиях пилотирования, учитывая, что Airbus ориентирован на снижение нагрузки через автоматизацию, тогда как Boeing оставляет пилоту больше «ручного» контроля.

Модуль 1: Базовые манёвры с повышением нагрузки. Пилот выполняет стандартные упражнения (например, горизонтальный полет, развороты, набор и снижение высоты) сначала в спокойных условиях,

затем с постепенным усложнением: увеличивается скоростной режим, вводятся дополнительные радио-обмены от диспетчера, имитируются умеренные возмущения (турбулентность). Цель – адаптировать пилота к нарастающему темпу работы и обучить сохранять спокойствие при увеличении количества одновременно выполняемых задач. На данном этапе инструктор напоминает о методах саморегуляции: размеренное дыхание, проговаривание действий вслух (метод «self-talk» для структурирования мыслей), приоритизация – умение выделить главную задачу в моменте.

Модуль 2: Непредвиденные ситуации и отказ оборудования. В ходе сценария полёта инструктор вводит неисправность или нештатную ситуацию – например, отказ одного из приборов, сигнализацию FIRE (пожар) или внезапный уход на второй круг при заходе на посадку. Пилот должен выполнить контрольную карту (QRH) по устранению неисправности или процедуру ухода, одновременно поддерживая связь с землёй и контролируя параметры. Такая тренировка развивает устойчивость к стрессу и навыки управления вниманием в условиях информационной перегрузки. В методике делается акцент на том, чтобы пилот не «зацикливался» на одной проблеме (известное явление *fixation*), а распределял внимание и по необходимости делегировал задачи второму пилоту (в сессиях с двумя пилотами). После упражнения проводится разбор: инструктор указывает, какие признаки надвигающейся перегрузки наблюдались (например, ухудшение поддержания высоты, задержка ответа на радиовызов) и обсуждает с пилотом, как можно было перераспределить ресурсы или воспользоваться автоматическими системами, чтобы снизить нагрузку.

Модуль 3: Многозадачная деятельность и CRM. Пилот отрабатывает одновременное выполнение нескольких когнитивных задач. Например, ему даётся задание пролететь заданный маршрут по приборам, в ходе которого необходимо вычислить параметры (топливо, время) и устно доложить их диспетчеру, а также ответить на непредвиденный вопрос (имитация внештатного запроса от службы движения). Такое упражнение имитирует плотную загрузку работой в реальном рейсе. Пилот учится поддерживать эффективность в условиях многозадачности, применяя принципы Cockpit Resource Management (CRM) – распределение задач между членами экипажа, использование чек-листов, автоматизация части процессов. Например, в условиях высокой загрузки рекомендуется задействовать автопилот для частичной разгрузки (если это не противоречит требованиям упражнения), что соответствует реальной практике: пилот «пользуется технологиями для снижения рабочей нагрузки», как отмечено в ряде руководств.

Модуль 4: Тренинг стрессоустойчивости (Stress Exposure Training). Включает элементы целенаправленной тренировки устойчивости к стрессу. Согласно результатам исследований, введение контролируемого стрессора во время обучения летным навыкам может улучшить последующую работу пилота в реальных стрессовых условиях. В методике для группы обучаемых проводятся специальные занятия: например, пилоты выполняют упражнение на тренажере после физической нагрузки (короткие интенсивные упражнения вне кабины для учащения пульса) либо с искусственным стрессором (фоновый шум, усложнённые погодные условия на тренажере). Одновременно их обучают техникам управления стрессом: концентрация на дыхании, ментальные подсказки («остаться в собранном состоянии»), рациональная саморегуляция (мыслительные установки о приоритетности задач). Цель – сформировать у пилотов навык поддержания производительности под давлением. По окончании упражнения сравниваются параметры: удаётся ли пилоту, прошедшему через такие тренировки, сохранить более стабильное управление (по траектории, высоте) и физиологические показатели (меньший рост ЧСС) по сравнению с состоянием до тренинга. Данный подход базируется на концепции «stress inoculation» – постепенного прививания устойчивости к стрессовым факторам. Предыдущие исследования показали эффективность подобного обучения: пилоты, получившие тренировку совладания со стрессом, выполняли полётные задания значительно лучше и ровнее, чем не обучавшиеся этому контролы.

Каждый модуль включает несколько сессий с возрастанием сложности. Продолжительность одной сессии на тренажере ~40–60 минут, после чего обязательно проводится дебрифинг – совместный разбор полёта с инструктором, обсуждение ошибок и возникших трудностей. Пилоты заполняют форму NASA-TLX после ключевых упражнений, что позволяет отслеживать динамику их субъективной нагрузки от сессии к сессии. Также ведётся запись объективных показателей (ЧСС, ошибки). Тренировочный курс по методике рассчитан, к примеру, на 4 тренажёрные сессии в течение 2–3 недель с интервалами, достаточными для усвоения навыков и восстановления (не ежедневно, чтобы избежать накопления усталости).

Методы анализа данных: Эффективность воздействия тренировок оценивается сравнением показателей до и после прохождения курса. Для статистического анализа используется критерий Стьюдента для парных выборок (или непараметрические аналоги при отклонении от нормальности распределений) – с целью проверить гипотезу о снижении уровня нагрузки. Сравниваются средние значения индекса NASA-TLX, ЧСС в сходных задачах, количество допущенных ошибок и время реакции на стандартные события

до тренировки и после неё. Кроме того, сравниваются группы курсантов и опытных пилотов, чтобы выявить отличия в динамике: предполагалось, что у курсантов исходные нагрузки выше, но и улучшение будет более заметным благодаря обучению, тогда как у действующих пилотов базовый уровень стрессоустойчивости выше. В ходе эксперимента приняли участие 12 человек: 6 курсантов выпускного курса лётного училища (налёт на тренажёре ~50 часов) и 6 линейных пилотов коммерческих авиакомпаний (средний налёт ~3000 часов). Все участники дали информированное согласие; эксперимент проводился на учебном тренажере Airbus A320/Boeing 737NG в учебном центре при авиационном вузе.

Результаты и обсуждения

Исходный уровень нагрузки: согласно результатам диагностического этапа, у пилотов разного опыта наблюдался различный исходный профиль когнитивной нагрузки. Средний интегральный индекс NASA-TLX у группы курсантов составил 68 ± 5 баллов (из 100) при выполнении стандартного сценария (имитация полёта по кругу с одним отказом), что соответствует высокому уровню ментальной нагрузки. У опытных пилотов тот же сценарий вызвал существенно меньшую субъективную нагрузку – индекс 52 ± 4 балла, $p < 0.01$ при сравнении с курсантами. Это ожидаемо, так как навыки и автоматизмы, приобретенные в результате реального налёта, снижают требования к когнитивным ресурсам для тех же задач. Объективные показатели также различались: к концу упражнения средняя ЧСС курсантов увеличивалась до 120 уд/мин, тогда как у пилотов – до 105 уд/мин (индивидуальный покойный пульс ~75–80 для всех). Число ошибок (неустранённых неисправностей или нарушений процедуры) в среднем составило 2.3 у курсантов против 0.8 у пилотов за сценарий (то есть некоторые курсанты допускали 2–3 небольшие ошибки, опытные – максимум 1). Эти данные подтверждают, что новички испытывают большую когнитивную нагрузку, и для них особенно важна целевая тренировка нагрузкопереносимости.

Динамика нагрузки в ходе тренировки: на рис. 1 представлено изменение субъективно воспринимаемой рабочей нагрузки (индекс NASA-TLX) от сессии к сессии по мере прохождения тренировочного курса. Уже после 2–3 тренажёрных занятий наблюдается заметное снижение индекса нагрузки как у курсантов, так и у пилотов. У курсантов TLX уменьшился с исходных ~70 до ~55 баллов (падение на ~22%), у действующих пилотов – с ~55 до ~45 баллов (падение на ~18%). К финальной сессии разброс оценок нагрузки сузился, и значения у обеих групп приблизились к умеренному уровню. Статистический анализ подтвердил значимое уменьшение TLX после курса (при $p < 0.05$ для обеих групп). Также субъективно пилоты отмечали, что с каждой сессией чувствовали себя увереннее, меньше спешки и хаотичности в действиях.

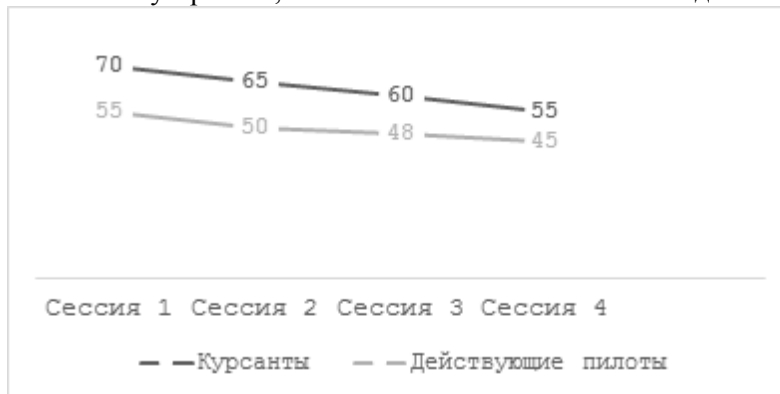


Рис. 1. Динамика среднего интегрального показателя субъективной рабочей нагрузки (NASA-TLX) у курсантов и опытных пилотов в ходе последовательных тренажёрных сессий.

Fig. 1. Dynamics of the average integral indicator of subjective workload (NASA-TLX) in cadets and experienced pilots during successive simulator sessions.

Помимо субъективных оценок, улучшились и объективные показатели. В таблице 1 приведены обобщённые результаты до и после тренировки по ключевым метрикам. У курсантов средняя максимальная ЧСС в стрессовых эпизодах снизилась с 120 до 110 уд/мин, вариабельность сердечного ритма (SDNN, мс) увеличилась с 50 ± 5 до 60 ± 7 , что свидетельствует о большей физиологической устойчивости к нагрузке. Количество допущенных ошибок в сценарии уменьшилось в 2–3 раза. У действующих пилотов, имевших и до тренировки невысокий уровень ошибок, тем не менее наблюдалось сокращение среднего времени реакции на внештатные события: с ~4.5 с до ~3.2 с на реагирование

(например, на загорание сигнала отказа). Эти различия подтверждают эффективность тренировки как для начинающих, так и для опытных авиаторов, хотя степень улучшения более выражена у первых.

Таблица 1

Показатели нагрузки и деятельности пилотов до и после тренировки (усредненные значения по группам).

Table 1

Pilot workload and activity indicators before and after training (average values by group).

Показатель	Курсанты (до)	Курсанты (после)	Действующие пилоты (до)	Действующие пилоты (после)
NASA-TLX индекс, баллы	68 ± 5	55 ± 6 (–19%)	52 ± 4	45 ± 5 (–13%)
Макс. ЧСС в задаче, уд/мин	120 ± 10	110 ± 9	105 ± 8	98 ± 7
SDNN BCP, мс (стабильность ритма)	50 ± 5	60 ± 7	65 ± 6	70 ± 8
Ошибки/отклонения, на упражнение	2.3	0.8	0.8	0.3
Время реакции на сигнал, с	5.0 ± 1.1	3.6 ± 1.0	4.5 ± 1.0	3.2 ± 0.8

Примечание: SDNN – стандартное отклонение интервалов R-R ЭКГ, показатель variability сердечного ритма (выше = лучше регуляция). Падение показателя NASA-TLX и числа ошибок обозначено в процентах в скобках.

Из таблицы видно, что по всем ключевым метрикам произошли улучшения после прохождения курса. Особого внимания заслуживает сокращение субъективной нагрузки и ошибок у курсантов: это указывает на приобретение ими навыков, позволяющих избежать когнитивного «перегрузочного срыва» (saturation) при выполнении сложных задач. У опытных пилотов динамика менее драматична, но и у них тренировка дала эффект, например, увеличилась variability ритма – признак лучшего управления стрессом. Ни у одного из участников не зафиксировано ухудшения каких-либо показателей после тренировки, что говорит об отсутствии эффекта переутомления или негативного влияния упражнений.

Интересно отметить, что по итогам завершающих проверочных заданий (после курса) различия между курсантами и опытными пилотами по ряду параметров сократились. Хотя уровень мастерства пилотирования, конечно, остался различным, умение управлять нагрузкой у обученных курсантов приблизилось к уровню линейных пилотов. Это выразилось в более эффективном использовании автоматики (курсанты перестали стесняться включать автопилот в сложной обстановке, осознав его пользу), лучшем ведении радиосвязи без заминок и ясном следовании приоритетам безопасности. В финальном сценарии (имитация полёта в сложных метеоусловиях с двумя отказами систем) 5 из 6 курсантов полностью выполнили все требования без критических ошибок; один курсант, допустивший ошибку, сумел своевременно ее исправить после подсказки инструктора.

Таким образом, количественные результаты подтверждают рабочую гипотезу о том, что целенаправленная тренировка по снижению когнитивной нагрузки существенно повышает психофизиологическую устойчивость пилотов. Разработанная методика продемонстрировала эффективность как средство обучения курсантов справляться с высокой нагрузкой и стрессом, а также как средство поддержания и улучшения навыков действующих пилотов в части CRM и менеджмента нагрузки.

Результаты данного исследования согласуются с данными предыдущих работ о том, что тренировка умения действовать под нагрузкой и стрессом положительно сказывается на летной работе. В частности, наше наблюдение о более плавном пилотировании и меньшем количестве ошибок после обучения методом стресс-менеджмента подтверждается экспериментом McClernon и соавт. (2011) [10]: они показали, что включение элементов стрессовой тренировки (например, холодового стрессора) во время обучения полётам улучшает последующее выполнение заданий в реальном полёте. В нашем случае применялись несколько иные методы (физическая нагрузка, шум), однако общий принцип «стресс-прививки» доказал свою эффективность. Существенное снижение субъективной нагрузки у курсантов (на ~20%) свидетельствует о том, что часть ранее занимавших их умственных ресурсов была освобождена благодаря приобретению навыков. По сути, тренировка способствовала автоматизации некоторых операций и развитию устойчивых стереотипов реагирования на внештатные ситуации. Это перекликается с классической теорией когнитивной нагрузки Дж. Свеллера: уменьшение избыточной (внешней) нагрузки и оптимизация внутренней (связанной с самой задачей) ведёт к высвобождению ресурсов для так называемой учебной (germane) нагрузки – в нашем случае для решения основной летной задачи.

Интересно отметить роль тренировки в контексте различных философий пилотирования Airbus vs Boeing. Как известно, в самолётах Airbus широко реализован принцип защиты автоматизации, чтобы сни-

зять нагрузку на пилотов, тогда как Boeing придерживается идеи большего контроля человеком. Наша методика, будучи опробована на обоих типах, показала, что, независимо от дизайна авионики, ключевым фактором остаётся подготовленность экипажа к правильному распределению внимания и приоритетов. В упражнениях на Airbus курсанты учились доверять автоматике (например, задействовать режимы управления полётом для удержания высоты при решении задачи с неисправностью), в то время как на Boeing – наоборот, сохранять ручные навыки, не допуская перегрузки из-за отсутствия некоторых автоматических ограничений. Обе ситуации требуют сознательных тренировок: как отмечают исследователи, комбинирование автоматизации и ручного управления должно быть сбалансировано и отработано в учебном процессе. В противном случае, перегрузка либо, напротив, потеря навыков могут привести к опасным последствиям. Таким образом, авторы считают, что методика универсальна для разных типов воздушных судов, поскольку фокусируется на человеческом факторе, а не специфике самолёта.

С практической точки зрения, предложенная программа может быть встроена в существующие курсы подготовки и тренажёрные сессии. Например, элементы модулей 2 и 3 (непредвиденные ситуации и многозадачность) хорошо сочетаются с концепцией Line-Oriented Flight Training (LOFT) – полноформатных сценариев на тренажёре, приближенных к реальным полётам. В рамках LOFT можно акцентировать внимание на управлении нагрузкой: ставить экипаж в сложные, но реалистичные условия и затем разбирать, как они распределяли обязанности, где возникла перегрузка и как её можно было смягчить. Руководства Федерального управления гражданской авиации (FAA) по LOFT и Crew Resource Management прямо указывают на важность отработки навыков предотвращения перегрузки и поддержания ситуационной осведомленности в кабине. Наши данные количественно демонстрируют, что такие тренировки приносят измеримую пользу.

Следует отметить и значимость психологической подготовки пилотов, на которую делает упор наша методика. Традиционно программа подготовки пилотов больше ориентирована на технические навыки и процедуры, однако после ряда авиационных происшествий, связанных с человеческим фактором, регуляторы усилили внимание к психологической составляющей. Например, ИКАО и Международная ассоциация воздушного транспорта (IATA) в рамках инициатив по сохранению психического здоровья пилотов рекомендуют вводить занятия по стресс-менеджменту и развитию устойчивости (resilience) в тренинги пилотов. Наш подход конкретизирует эти рекомендации, предлагая понятный инструментарий (упражнения на тренажере с усложнениями + специальные приёмы совладания). Пилоты-испытатели методики дали положительные отзывы, отмечая, что обычно тренажёрные проверки концентрируются на навыках, и редко кто учит «как не нервничать и не теряться» – этот пробел методика успешно восполняет.

Отдельно стоит обсудить возможность мониторинга когнитивной нагрузки в реальном времени для адаптации обучения. Современные исследования в области авиационных человеческих факторов активно разрабатывают системы, способные следить за состоянием пилота во время полёта и предупреждать о перегрузке. Так, применяются портативные датчики ЭЭГ и алгоритмы машинного обучения, которые с точностью ~85% различают уровни рабочей нагрузки у пилотов прямо в реальных условиях [9]. В перспективе интеграция таких систем в учебный процесс могла бы позволить динамически изменять сценарии: видя, что пилот справляется слишком легко (недогрузка) или, наоборот, близок к насыщению, инструктор мог бы усложнить либо упростить задание на лету. В нашей работе объективные данные использовались постфактум для оценки прогресса, но в будущем возможно создание «умного тренажера», реагирующего на текущее состояние обучаемого.

Несмотря на полученные положительные результаты, имеются ограничения исследования. Размер выборки (12 человек) относительно невелик, хотя и позволил выявить статистически значимые эффекты. В дальнейшем планируется расширить выборку и проверить методику на разных категориях пилотов (например, сравнить пилотов-первых офицеров и командиров). Кроме того, наше исследование сфокусировано на краткосрочном эффекте – сразу после курса. Остаётся открытым вопрос о долговременном сохранении приобретённых навыков: через несколько месяцев без подкрепления эффект может частично снизиться. Литература по навыкам пилотирования указывает на явление деградации навыков (skill decay) со временем без практики. Поэтому авторы предполагают, что для поддержания устойчивости к нагрузкам необходимы регулярные тренировки, возможно, в облегчённом формате (короткие сессии раз в полгода). Также интересным направлением для будущих исследований является исследование индивидуальных различий: почему одни пилоты изначально более стрессоустойчивы, чем другие, и как адаптировать программу под конкретного человека (концепция personalized training). Вероятно, учитывая личностные факторы и когнитивный стиль пилота, можно добиваться ещё большей эффективности.

Выводы

Выполненное исследование показало, что целенаправленная работа по оценке и снижению когнитивных и психологических нагрузок в обучении пилотов приносит ощутимые результаты. Разработанная авторская методика, включающая диагностику с использованием NASA-TLX и физиологических показателей, а также поэтапные тренажёрные упражнения, приближенные к реалистичным условиям эксплуатации Airbus и Boeing, продемонстрировала эффективность в повышении устойчивости пилотов к высоким нагрузкам. Курсанты, прошедшие курс, существенно улучшили способность справляться с многозадачностью и стрессом, а действующие пилоты отточили навыки управления рабочей нагрузкой и взаимодействия в экипаже.

Практическая ценность работы заключается в том, что предложенная методика может быть внедрена в программы подготовки пилотов авиационных учебных центров и авиакомпаний. Она не требует сложного оборудования (достаточно стандартного Full Flight Simulator или даже FNPT-тренажера) и вписывается в регулярные тренировочные сессии. Главное – выделить время не только на отработку процедур, но и на развитие метакогнитивных навыков пилота: осознание своего состояния, применение стратегий снижения нагрузки (автоматизация, делегирование, приоритизация) и поддержание психологической устойчивости.

С научной точки зрения, работа вносит вклад в область авиационной эргономики и психологии труда, предлагая количественные подтверждения возможности тренировки когнитивной выносливости. Полученные данные дополняют существующие модели рабочей нагрузки пилота, показывая, что тренинг способен сдвигать порог наступления перегрузки, фактически расширяя рабочий диапазон пилота. В условиях постоянно растущей автоматизации и усложнения воздушного движения такая адаптивность человека-оператора приобретает стратегическое значение.

Рекомендуется авиационным учебным заведениям и авиапредприятиям рассмотреть включение элементов описанной методики в учебные планы. В перспективе, комбинация регулярных тренировок управления нагрузкой и мониторинга состояния пилотов (например, в программах управления рисками) позволит значительно повысить общую психофизиологическую готовность пилотов к нестандартным ситуациям. Это, в свою очередь, будет способствовать повышению безопасности полетов за счет снижения вероятности человеческих ошибок, вызванных перегрузкой или стрессом.

Направления дальнейшей работы включают масштабирование эксперимента, долгосрочное отслеживание эффекта (через 6–12 месяцев после тренировки), а также исследование возможности интеграции биометрических систем контроля нагрузки в реальном времени в учебный процесс. Тем не менее уже сейчас ясно, что внимание к когнитивным и психологическим аспектам подготовки летных кадров должно стать неотъемлемой частью современной парадигмы обучения пилотов – наряду с технической и процедурной подготовкой.

Список источников

1. Wickens C.D. Multiple resources and mental workload // *Human Factors*. 2008. Т. 50. № 3. P. 449 – 455.
2. Zhou W.G., Yu P.P., Wu L.H., Cao Y.F., Zhou Y., Yuan J.J. Pilot turning behavior cognitive load analysis in simulated flight // *Frontiers in Neuroscience*. 2024. Vol. 18. Art. 1450416. 7 p.
3. Морозов А.А., Смелянский М.И. Анализ психофизиологической нагрузки пилотов воздушных судов // *Вестник науки*. 2023. Т. 1. № 10 (79). С. 663 – 666.
4. Бодров В.А. Информационный стресс: монография. М.: Ин-т психологии РАН, 2000. 320 с.
5. Mansikka H., Virtanen K., Harris D. Comparison of NASA-TLX, modified Cooper-Harper and heart rate measures of pilot mental workload in simulated flight tasks // *Ergonomics*. 2019. Vol. 62, No. 2. P. 246 – 254.
6. ICAO. Manual of Evidence-Based Training (Doc 9995). 1st ed. International Civil Aviation Organization, Montreal, 2013. 162 p.
7. Hart S.G., Staveland L.E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research // In: *Human Mental Workload* / Ed. by P. Hancock, N. Meshkati. North Holland: Amsterdam, 1988. P. 139 – 183
8. Zhao M., Jia W., Jennings S., Law A., et al. Monitoring pilot trainees' cognitive control under a simulator-based training process with EEG microstate analysis // *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. Art. 24632. P. 3 – 7.
9. Haseeb M., Nadeem R., Sultana N., et al. Monitoring pilots' mental workload in real flight conditions using multinomial logistic regression // *Frontiers in Robotics and AI*. 2025. Vol. 12. Art. 1441801. P. 5 – 8.
10. McClernon C.K., McCauley M.E., O'Connor P.E., Warm J.S. Stress training improves performance during a stressful flight // *Human Factors*. 2011. Vol. 53. No. 3. P. 207 – 218.

References

1. Wickens C.D. Multiple resources and mental workload. *Human Factors*. 2008. Vol. 50. No. 3. P. 449 – 455.
2. Zhou W.G., Yu P.P., Wu L.H., Cao Y.F., Zhou Y., Yuan J.J. Pilot turning behavior cognitive load analysis in simulated flight. *Frontiers in Neuroscience*. 2024. Vol. 18. Art. 1450416. 7 p.
3. Morozov A.A., Smelyansky M.I. Analysis of psychophysiological load of aircraft pilots. *Bulletin of Science*. 2023. Vol. 1. No. 10 (79). P. 663 – 666.
4. Bodrov V.A. Information stress: monograph. M.: Institute of Psychology RAS, 2000. 320 p.
5. Mansikka H., Virtanen K., Harris D. Comparison of NASA-TLX, modified Cooper-Harper and heart rate measures of pilot mental workload in simulated flight tasks. *Ergonomics*. 2019. Vol. 62. No. 2. P. 246 – 254.
6. ICAO. Manual of Evidence-Based Training (Doc 9995). 1st ed. International Civil Aviation Organization, Montreal, 2013. 162 p.
7. Hart S.G., Staveland L.E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In: *Human Mental Workload* / Ed. by P. Hancock, N. Meshkati. North Holland: Amsterdam, 1988. P. 139 – 183.
8. Zhao M., Jia W., Jennings S., Law A., et al. Monitoring pilot trainees' cognitive control under a simulation-based training process with EEG microstate analysis. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. Art. 24632. P. 3 – 7.
9. Haseeb M., Nadeem R., Sultana N., et al. Monitoring pilots' mental workload in real flight conditions using multinomial logistic regression. *Frontiers in Robotics and AI*. 2025. Vol. 12. Art. 1441801. P. 5 – 8.
10. McClernon C.K., McCauley M.E., O'Connor P.E., Warm J.S. Stress training improves performance during a stressful flight. *Human Factors*. 2011. Vol. 53. No. 3. P. 207 – 218.

Информация об авторах

Леонидов К.А., командир воздушного судна А320/321 Акционерное общество «ВьетДжет Авиэйшн», Вьетнам, г. Ханой, улица Ким Ма, 302, kir_leo777@yahoo.com

© Леонидов К.А., 2025