

УДК 629.7.073

DOI 10.51955/23121327_2022_3_20

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НА ВОЗДУШНЫХ СУДАХ ПОСЛЕДНЕГО ПОКОЛЕНИЯ

*Иван Станиславович Муравьев,
orcid.org/0000-0003-0448-4703,
кандидат технических наук, командир воздушного судна
в/ч 61332, г. Ахтубинск-7,
Астраханская область, 416507, Россия
mantus87@mail.ru*

Аннотация. Современный автоматизированный самолет является системой с высокой информативностью параметров его работы. Двигательно-моторный навык пилота на режимах управления полетом с помощью автопилота и автомата тяги остается невостребованным на таких типах воздушных судов. Это приводит к недостатку информации о состоянии воздушного судна в полете и повышает риск развития аварийной ситуации. Для решения этой проблемы авторами был разработан новый метод, позволяющий пилотам оценивать функционирование сложных систем, управляющих самолетом, основанный на формировании интегрированного навыка по совмещению статических и динамических параметров от различных источников информации, находящихся в кабине пилотов. Такой метод основан на математической модели оценки эффективности деятельности оператора и позволяет сформировать методику обучения пилотов по оценке функционирования автоматизированных систем воздушного судна и состояния самого воздушного судна в полете. Метод заключается в том, что при выполнении полета в полуавтоматическом режиме управления самолетом пилот частично должен замещать работу автопилота ручным пилотированием. Выполняя команды, задаваемые на панели управления режимами полета, пилот находится в частичной зависимости от условий работы автоматики, которая осталась включенной в работу. Теоретический расчет показал, что полет необходимо разделить на характерные этапы, а параметры источников информации, предъявляемых пилоту в полете, на статические и динамические. При выполнении обучения необходимо ступенчато увеличивать информационную нагрузку на пилота через статические параметры источников информации, требуя от обучаемого выдерживать их посредством влияния на динамические параметры. Также необходимо постепенно изменять уровень автоматизации режима пилотирования.

Результаты эксперимента позволили определить, что участники экспериментальной группы на 24% эффективнее справились с выполнением полета при переходе от полета с высокой степенью автоматизации к полету с минимальной степенью автоматизации. Обработка результатов эксперимента показала, что при применении предложенного метода подготовки статистически достоверно была повышена эффективность оценки функционирования автоматизированных систем воздушного судна (ВС).

Ключевые слова: информация, эффективность, оценка функционирования, пилотирование, метод, эксперимент.

EXPERIMENTAL TEST OF THE METHOD FOR EVALUATING THE FUNCTIONING OF AUTOMATED SYSTEMS ON LATEST-GENERATION AIRCRAFT

*Ivan Stanislavovich Murav'ev,
orcid.org/ 000-0003-0448-4703,
Candidate of Technical Sciences
military unit 61332, Akhtubinsk-7,
Astrakhan region, 416507, Russia
mantus87@mail.ru*

Abstract. Modern automated aircraft is a system with high information value of its operation parameters. The motor skill of the pilot in the flight control modes using autopilot and auto-throttle remains untapped on such types of aircraft. This leads to a lack of information about the aircraft state in flight and increases the risk of an emergency. To solve this problem, the authors developed a new method that allows pilots to evaluate the functioning of complex control systems, based on the formation of an integrated skill in combining static and dynamic parameters from various sources of information located in the cockpit. This method is based on a mathematical model for assessing the effectiveness of the operator's activities and allows developing a methodology for training pilots to assess the functioning of automated aircraft systems and the state of the aircraft itself in flight.

The method consists in the fact that when performing a flight in the semi-automatic control mode, the pilot must partially replace the autopilot with manual piloting. By executing the commands set on the flight mode control panel, the pilot is partially dependent on the operating conditions of the automatics involved in operation. The theoretical calculation shows that the flight should be divided into specific stages, and the parameters of the information sources presented to the pilot in flight should be divided into static and dynamic ones. When training, it is necessary to stepwise increase the information load on the pilot through the static parameters of the information sources, requiring the student to withstand them by influencing the dynamic parameters. It is also necessary to gradually change the level of automation of the piloting mode.

The results of the experiment made it possible to determine that the participants of the experimental group were 24% more effective in performing the flight when moving from a flight with a high degree of automation to a flight with a minimum degree of automation. The processing of the experiment results showed that using the proposed preparation method when evaluating the functioning of automated aircraft systems provided the statistically significant efficiency.

Keywords: information, efficiency, evaluation of functioning, piloting, method, experiment.

Introduction (Введение)

Процесс чрезмерного увеличения информации на зрительный и слуховой каналы восприятия пилотов привел в современной практике летной эксплуатации к проблеме, связанной в первую очередь с ограниченным объемом оперативной памяти человека [Fishburn, 1970; Величковский, 2006; Коваленко и др., 2018a]. Эта проблема потребовала развития новых методов формирования навыка обработки информации как в процессе выполнения полетов в автоматических режимах, так и в процессе обучения и переучивания летного состава. Каждый этап полета характерен изменением определенных параметров. Эти параметры характеризуют как состояние воздушного судна (ВС) в пространстве относительно степеней свободы и вектора скорости, так и состояние автоматизированных систем, управляющих воздушным судном. Следовательно, объем информации, который необходимо обрабатывать пилоту

на протяжении каждого этапа полета, зависит от режима полета, этапа полета и способа пилотирования. Успешность выполнения полета при прочих равных условиях зависит от степени сформированности навыка пилота по оценке состояния автоматизированных систем, управляющих полетом воздушного судна [Коваленко и др., 2018б]. Существующие методы и методики подготовки летного состава не формируют навык, который позволял бы пилоту эффективно оценивать функционирование автоматизированных систем, управляющих ВС последнего поколения при значительном снижении двигательной деятельности [Коваленко, 1996; Latash, 2016; АОМ 320, 2008]. Исходя из объема обрабатываемой информации пилотом в полете, а также объема информации, которую пилот способен обработать в полете по условиям его психофизиологических ограничений с учетом применения когнитивно-информационных алгоритмов деятельности пилота [Муравьев, 2022; Муравьев и др., 2021], был разработан метод оценки функционирования автоматизированных систем ВС последнего поколения. Метод основан на использовании пилотом взаимосвязи статических и динамических параметров функционирования автопилотов и параметров полета, которая позволяет выделять группу источников информации, наиболее достоверно отображающую состояние автоматики и воздушного судна в полете. Это достигается за счет использования математической модели оценки эффективности деятельности оператора, которая позволила выполнить расчет количественной и качественной составляющей предъявляемой пилоту информации, а также расчет порядка предъявляемой информации и ее вида (со статическими или динамическими параметрами) на различных этапах выполнения полета. Подставляя в модель различные отношения между той информацией, которую пилот может видеть, и между той информацией, которую пилот должен видеть на данном этапе полета, а также изменяя объем и качество этой информации на каждом выделенном режиме полета, можно найти такое взаимное расположение и порядок предъявления этой информации, что будет наблюдаться уменьшение вероятности ошибочных действий пилота по оценке состояния ВС в полете и по оценке функционирования управляющих автоматизированных систем. Такой результат достигается за счет совмещения источников информации как со статическими параметрами, так и с динамическими параметрами. Что в свою очередь позволяет у обучаемого пилота формировать интегрированный навык по обработке информации различного качества.

С целью проверки разработанного метода был проведен эксперимент. Обработка данных эксперимента показала, что вероятность успешного выполнения полета при переходе пилотов от пилотирования с высокой степенью автоматизации к ручному пилотированию повысилась на 24%. Следовательно, можно утверждать, что повысилась эффективность оценки пилотом функционирования управляющих самолетом автоматизированных систем в процессе принятия решения в полете при автоматическом режиме пилотирования.

Materials and methods (Материалы и методы)

Суть метода состоит в предварительном расчете количества информации, предъявляемой пилоту в процессе тренировок в полете, а также качества этой информации. Расчет состоит в следующем. Полет разделяется на характерные участки, на которых пилот будет выдерживать один или более параметров полета при помощи штурвала или рычагов управления двигателями, а другие параметры будет выдерживать автопилот или автомат тяги двигателей. При этом параметры, которые необходимо выдерживать пилоту при помощи органов управления, пилот-инструктор будет устанавливать на панели управления режимами полета MCP (Mode Control Panel). Определяется порядок пилотирования ВС на каждом выделенном участке полета: полуавтоматическое или ручное. Таким образом, задача пилота состоит в том, чтобы частично управлять воздушным судном вместо автоматической системы, выдерживая при этом значения параметров полета, указанные на MCP.

По известной модели [Sheridan et al., 1974] производится расчет вероятности эффективной оценки пилотом состояния воздушного судна в полете при пилотировании в зависимости от различных условий:

$$E = p(T)[p(t|T)V_t - p(f|T)C_f] + p(F)[p(f|F)V_f - p(t|F)C_t], \quad (1)$$

где $p(T)$ – априорная вероятность того, что ВС будет находиться в правильном состоянии, т.е. не в том состоянии, которое задал пилот через автоматику; $p(F)$ – априорная вероятность того, что ВС будет находиться в неправильном состоянии, т.е. в том состоянии, которое задал пилот через автоматику; $p(t|T)$, $p(f|T)$, $p(f|F)$, $p(t|F)$ – условные вероятности f (о вмешательстве в управление) и t (о невмешательстве в управление) пилотов при соответствующих состояниях воздушного судна F (отличающемся от заданного состояния воздушного судна) и T (заданном состоянии); V_t – выигрыш при правильном бездействии пилота в текущей ситуации пилотирования; V_f – выигрыш в случае необходимого вмешательства в управление в текущей ситуации пилотирования; C_f – проигрыш в случае ненужного вмешательства в управление в текущей ситуации пилотирования; C_t – проигрыш в бездействии пилота, в случае, когда необходимо вмешаться в управление.

Порядок вычисления следующий. Находятся условные вероятности $p(f|T)$, $p(f|F)$, которые выражаются отношением количества информации, которую пилот должен оценивать на рассматриваемом участке полета к той информации, которая находится в поле зрения пилота в пределах его психофизиологических ограничений. Далее эти соотношения для каждого этапа полета приводятся к общему знаменателю и выполняется деление числителей $p(f|T)$ на числители $p(f|F)$ соответственно для каждого выделенного этапа полета. Отношения этих числителей есть так называемый срез $L(x)$. Следующим этапом является поиск значений критерия отношения правдоподобия «К». Для этого необходимо знать априорные вероятности $p(T)$, $p(F)$, а также выигрыши и проигрыши V_t , V_f , C_f , C_t . Поскольку до проведения

каких-либо действий неизвестно поведение пилота, то предполагается, что $p(T) = p(F) = 0.5$. А выигрыши и проигрыши распределяются из условий безопасности полета для каждого конкретного этапа полета. Значение критерия «К» в соответствии с [Sheridan et al., 1974] является следующим:

$$K = \frac{p(T)}{p(F)} \times \frac{V_t + C_f}{V_f + C_t}$$

Далее следует определение значений $p(t|T)$, $p(f|T)$, $p(f|F)$, $p(t|F)$:

$$\begin{aligned} p(f|F) &= \frac{\sum p(x|F)}{g}, \\ p(f|T) &= \frac{\sum p(x|T)}{g}, \\ p(t|T) &= 1 - p(f|T), \\ p(t|F) &= 1 - p(f|F). \end{aligned}$$

Здесь необходимо отметить, что сумма всех значений $\sum p(x|F)$ и $\sum p(x|T)$, которые находятся в числителе, должна соответствовать только тем величинам среза $L(x) = \frac{P(x|F)}{P(x|T)}$, которые больше или равны величине критерия «К».

После того, как найдены все переменные значения, определяется эффективность оценки состояния пилотом воздушного судна при выполнении полета в автоматическом режиме по формуле (1). Подобным образом производятся расчеты для оценки эффективности пилотом функционирования автоматизированных систем ВС, а также для оценки пилотом состояния ВС в зависимости от заданных параметров полета. Для этого используются два подхода. Первый подход заключается в том, что пилоту необходимо оценивать источники информации, которые не меняют свои параметры с течением времени, а в основном задаются самими пилотами для ограничения работы автоматизированных систем, так называемые статические параметры. Вторым подходом является то, что пилоту необходимо анализировать источники информации, имеющие динамические параметры, это в основном пилотажно-навигационные параметры полета на индикаторе основных пилотажных параметров полета PFD (Primary Flight Display).

В процессе подстановки в модель различного количества информационных источников, которые пилот должен оценивать в процессе полета, и которые пилот может считывать по психофизиологическим ограничениям, было определено, что обучение летного состава необходимо проводить следующим образом. В начале обучения необходимо выполнять полет в ручном режиме пилотирования с постепенным введением режимов автоматического пилотирования. Сначала включается поочередно в работу автопилот AFDS (Autopilot Flight Director System), который выдерживает режимы полета, задаваемые пилотом-инструктором на панели управления режимами полета MCP, а остальные параметры полета выдерживает обучаемый пилот при помощи органов управления полетом. Далее, при отключенном

автопилоте AFDS включается автомат тяги A/THR (Autothrottle), который выдерживает в автоматическом режиме пилотирования заданные на MCP параметры полета, остальные параметры выдерживает обучаемый пилот вручную. После успешного освоения подобных режимов пилотирования обучаемый пилот должен приступить к пилотированию в автоматическом режиме. Расчеты показали, что для того, чтобы достичь максимального эффекта по оценке пилотом функционирования автоматизированных систем в полете, необходимо ступенчатое увеличение информационной нагрузки для пилота в виде добавления источников информации, которую он должен контролировать в ручном режиме пилотирования, а также постепенное увеличение степени автоматизации полета после устойчивого пилотирования в ручном или полуавтоматическом режиме. Это выражается в том, что сначала пилоту необходимо выдерживать один динамически меняющийся параметр с контролем источников информации, имеющих статические параметры (например, подбор угла тангажа, требуемого для выдерживания необходимой заданной на MCP вертикальной скорости снижения). Далее пилоту необходимо контролировать два параметра, относящихся к динамически меняющимся (например, тангаж и скорость полета при заданной и в то же время выдерживаемой автопилотом высоте полета). После того, как пилот освоит пилотирование в ручном режиме при различных условиях, необходимо приступить к полету при максимальной степени автоматизации.

Найденный с помощью математической модели (1) принцип обучения формирует у пилота когнитивно-информационные преобразователи алгоритмов его деятельности. Это позволяет пилоту выделять именно те группы приборов, взаимосвязь которых на текущем этапе полета играет ключевую роль для эффективной оценки функционирования автоматизированных систем и режима полета. Такой результат достигается за счет постепенного увеличения источников информации, параметры которых постоянно могут изменяться в полете (динамические параметры), и различными условиями их взаимосвязи с информационными источниками, параметры которых остаются постоянными (статическими параметрами).

Методика обучения пилота, основанная на разработанном методе, состоит в следующем. При выполнении различных этапов полета на ВС последних поколений обучаемый пилот выполняет полет (сначала) в полуавтоматическом, затем в ручном и в завершение в автоматическом режиме пилотирования. Полуавтоматический режим пилотирования заключается в том, что в работу включен автопилот AFDS (Autopilot Flight Director System) или автомат тяги A/THR (Autothrottle). При этом обучаемый пилот обязан выдерживать заданный на панели управления режимами полета MCP (Mode Control Panel) режим с помощью штурвала и (или) рычагов управления двигателями (РУД). Например, рассмотрим этап снижения. Включен режим FLCH (Flight Level Change), координирующий тангаж и тягу двигателей для достижения заданной на MCP высоты. Двигатели устанавливаются на малый газ. AFDS из работы выключен, а на панели MCP задана скорость, которую необходимо выдержать. Задача обучаемого пилота состоит в выдерживании

заданной скорости полета через установку необходимого угла тангажа на снижении. Эту задачу можно усложнить, задав на панели MCP также и вертикальную скорость снижения. Для другого примера необходимо включить режим V/S (Vertical Speed) при отключенном автомате тяги. Тогда задача пилота будет состоять в выдерживании заданной на MCP скорости полета.

Расчеты показывают, что обучение необходимо проводить в следующем порядке: поочередное отключение автоматизированных управляющих систем (AFDS и A/THR) с выдерживанием обучаемым пилотом сначала скорости полета, потом скорости и вертикальной скорости снижения или набора высоты с помощью штурвала, далее с помощью РУД. Далее необходимо выполнять полет с переменным профилем до заданной на MCP высоты. После чего изменение профиля полета необходимо сопровождать изменением различных значений вертикальных скоростей или скоростей полета. Все параметры полета необходимо вводить пилоту-инструктору на панели MCP в процессе выполнения упражнения.

Discussion (Дискуссия)

Разработанная методика использовалась для обучения летного состава. Для чего был проведен типологический отбор по методикам, изложенным в [Наследов, 2013], 20 летчиков в экспериментальную группу. Они имели приблизительно одинаковый налет (опыт летной работы), не имели перерывов в летной работе в период последних двух лет, разница в возрасте между самым старшим и самым младшим составляла не более трех лет. Все пилоты являлись командирами, имеющими небольшой опыт эксплуатации ВС последнего поколения с общим налетом на эксплуатируемый тип ВС 1500-2000 часов. Эти пилоты прошли дополнительную подготовку по разработанной методике обучения на следующих режимах полета: а) взлет, б) набор высоты, с) горизонтальный полет по заданному маршруту (2-3 поворотных пункта), д) снижение, е) снижение на посадочном курсе.

Кроме того, была сформирована контрольная группа из 20 человек с учетом тех же типологических характеристик, что и экспериментальная группа, но уже прошедших обучение по существующим программам подготовки.

После прохождения этапа подготовки пилотов экспериментальной группы по разработанной методике был проведен эксперимент.

Эксперимент проводился в два этапа. Целью первого этапа являлась проверка достижения уравнивания опытных групп по типологическим характеристикам. На этом этапе пилоты выполняли по одному полету по маршруту в ручном режиме пилотирования. При этом в кабине находился опытный пилот-инструктор, который фиксировал ошибки в пилотировании или их отсутствие. Результаты выполнения первого этапа эксперимента представлены в таблице 1. Эти результаты показывают, что условия отбора летчиков по выбранным параметрам в основном обеспечили уравнивание групп по типологическим характеристикам.

На втором этапе эксперимента определялось отличие навыков пилотов в оценке функционирования автоматизированных систем и состояния ВС

последнего поколения в полете. А также проверялась гипотеза о том, что контрольная и экспериментальная группы принадлежат к одной генеральной совокупности. В процессе второго этапа эксперимента каждый летчик оценивался в пилотировании ВС при переходе от максимальной степени автоматизации к минимальной степени автоматизации на следующих этапах полета: а) набор высоты с отворотом на заданный курс полета, б) горизонтальный полет по заданному маршруту, с) снижение с отворотом на заданный курс полета, е) снижение на посадочном курсе. На каждом этапе полета испытуемые пилоты оценивались по следующим пяти критериям в соответствии с [Руководство, 2020]: 1) своевременность выполнения операций по управлению ВС в автоматическом режиме пилотирования; 2) безошибочность выполнения операций; выдерживание параметров и режима полета с заданной точностью: 3) по скорости, 4) по тангажу, 5) вертикальной скорости, 6) крену и 7) высоте. Оценка проводилась по баллам.

Таблица 1 – Результаты проведения первого этапа эксперимента

Количество допущенных ошибок	Количество человек, допустивших ошибки в пилотировании	
	Контрольная группа	Экспериментальная группа
0	-	2
3	1	2
5	2	1
7	6	4
9	4	4
11	1	2
13	3	2
15	3	3

Выполнение полета без отклонений от заданных параметров, при безошибочном и своевременном выполнении операций на оценку отлично оценивалось в один балл. Допущение задержки в своевременности выполнения операции, допущение ошибки в выполнении операции, не влияющей на выход параметров полета за пределы установленного режима, а также допущение выхода оцениваемых параметров полета за пределы установленного режима на оценку «хорошо» оценивалось в два балла. Допущение задержки в своевременности выполнения операции, допущение ошибки в выполнении операции, влияющей на выход параметров полета за пределы установленного режима, а также допущение выхода оцениваемых параметров полета за пределы установленного режима на оценку «удовлетворительно» оценивалось в три балла. Невыполнение какой-либо операции, а также допущение выхода оцениваемых параметров полета за пределы установленного режима на оценку «удовлетворительно» оценивалось в четыре балла. В результате эксперимента получены данные, отображенные в таблице 2.

Results (Результаты)

Для того, чтобы выяснить принадлежность выборок (экспериментальной и контрольной группы) к одной генеральной совокупности, а также с целью проверки эффективности метода обучения, который использовался при подготовке летчиков в экспериментальной группе, были вычислены коэффициенты корреляции r -Пирсона и t -Стьюдента в программе SPSS (см. рис. 1). Вычисления показали, что коэффициент корреляции r -Пирсона имеет устойчивую положительную взаимосвязь между контрольной и экспериментальной группами по шести исследованным признакам (0,971, см. рис. 1, средняя таблица), это дает основания утверждать, что обе выборки можно отнести к одной генеральной совокупности.

Проверка гипотезы об эффективности разработанного метода обучения показала следующие результаты. Эмпирическое значение критерия t -Стьюдента составило 15,96, значимость которого составила $p < 0,01$ (см. рис. 1, нижняя таблица), следовательно, между группами есть различия, и разработанная методика эффективна. На рисунке 2 изображен график зависимости меры сформированности навыка по убыванию у испытуемых пилотов контрольной и экспериментальной групп, который показывает, что навык по оценке функционирования автоматизированных систем ВС в автоматическом режиме пилотирования у экспериментальной группы приблизительно на 24% больше, чем у пилотов контрольной группы.

Таблица 2 – Результаты оценки пилотов при выполнении полетов на втором этапе эксперимента

N п/п	Сумма баллов за все оцениваемые элементы		Мера сформированности навыка
	Контрольная группа	Экспериментальная группа	
1	12	10	1
2	14	11	2
3	14	11	3
4	15	12	4
5	16	13	5
6	16	13	6
7	16	13	7
8	17	14	8
9	17	15	9
10	17	15	10
11	17	16	11
12	18	16	12
13	18	16	13
14	19	16	14
15	19	16	15
16	20	17	16
17	20	18	17

18	21	18	18
19	21	19	19
20	21	20	20

Таким образом, вероятность успешного выполнения полета при переходе от автоматического режима пилотирования к ручному у экспериментальной группы пилотов на 24% больше, чем у пилотов контрольной группы, что является показателем повышения надежности обучения при использовании предложенного метода и разработанной на его основе методике обучения.

Статистика парных выборок

		Среднее	N	Станд. отклонен.	Станд. средняя ошибка
Пара	Контр. группа	17,40	20	2,54	0,57
	Эксперим. группа	14,95	20	2,78	0,62

Корреляции парных выборок

		N	Корреляция	Значимость
Пара	Контр. группа и Эксперим. группа	20	0,971	0,000

Критерий парных выборок

		Парные разности					t	Статистич. связь	Знач. (двухсторонняя)
		Среднее	Станд. отклонения	Станд. средняя ошибка	95% доверительный интервал для разности				
							Нижняя	Верхняя	
Пара	Контр. группа/ Эксперим. группа	2,45	0,69	0,15	2,13	2,77	15,96	19	0,000

Рисунок 1 – Результаты обработки данных эксперимента по критериям г-Пирсона и t-Стьюдента в программе SPSS

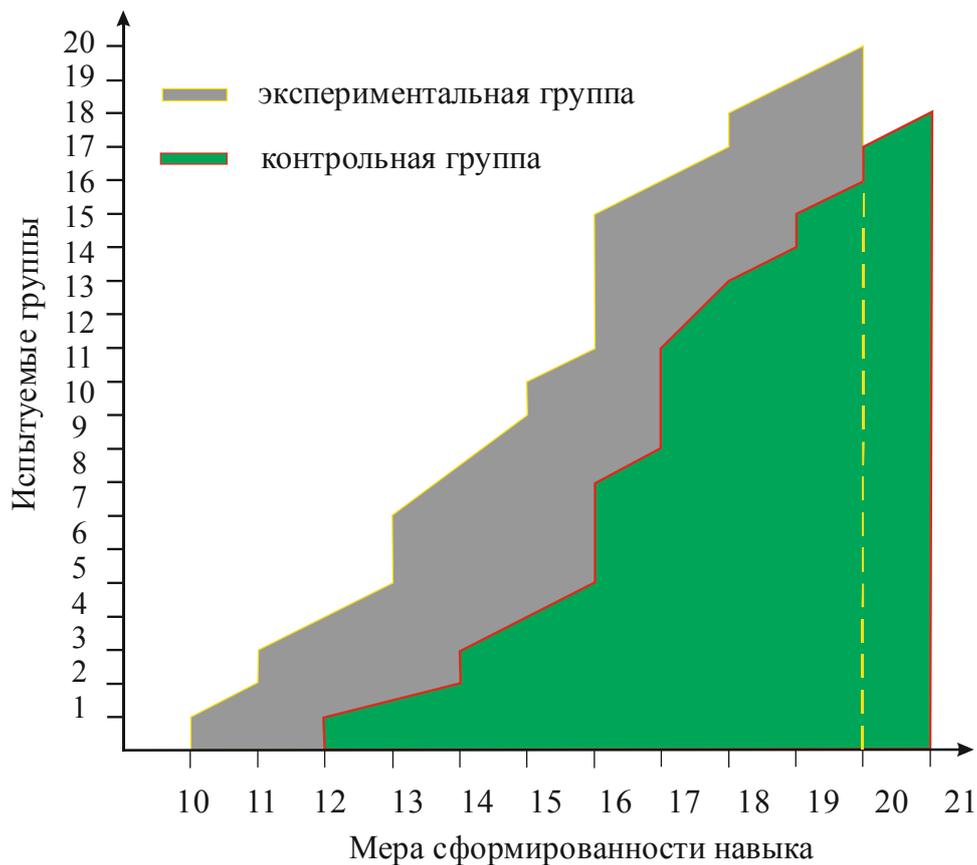


Рисунок 2 – Графическое представление сокращения количества ошибок, допускаемых в экспериментальной группе по сравнению с контрольной

Conclusion (Заключение)

Вероятность успешного выдерживания заданного режима полета при переходе от автоматического режима пилотирования к ручному режиму у экспериментальной группы пилотов на 24% больше, чем у пилотов контрольной группы, что является показателем повышения надежности обучения при использовании предложенного метода и разработанной на его основе методике обучения.

Увеличение надежности обучения летчиков можно объяснить успешным использованием модели (1), которая позволила выполнить расчет количественной и качественной составляющей предъявляемой пилоту информации, а также расчет порядка предъявления этой информации на различных этапах выполнения полета и при различных уровнях автоматизации управления воздушным судном. Методом перебора различного количества источников информации, которое необходимо использовать для оценки функционирования автоматизированных систем, а также для оценки состояния воздушного судна в полете удалось определить такое соотношение количества информации на каждом этапе полета, которое необходимо для наиболее рациональной оценки текущей ситуации.

Это позволило пилоту оценивать не только зависимости показаний между источниками информации со статическими и динамическими параметрами, но и контролировать взаимосвязь между темпом изменения параметров полета воздушного судна. Что в свою очередь позволило задействовать пилотам при

обучении процессы когнитивной привязки к текущей информации и освоить интегрированный навык по совмещению статических и динамических параметров полета для более успешной оценки текущей ситуации.

Библиографический список

Величковский Б. М. Когнитивная наука. Основы психологии познания: в 2 т. Т. 2. М.: Академия, 2006. 432 с.

Коваленко Г. В. Совершенствование профессиональной подготовки летного и диспетчерского составов / Под ред. Г. А. Крыжановского. – М.: Транспорт, 1996. 320 с.

Коваленко Г. В. Расчет количества информации, воспринимаемой пилотом при управлении воздушным судном в автоматическом режиме / Г. В. Коваленко, И. С. Муравьев, В. Е. Чепига, Н. О. Моисеева // Проблемы летной эксплуатации и безопасность полетов. 2018а. № 12. С. 5-13.

Коваленко Г. В. Проблемы взаимодействия в системе «экипаж – автоматизированное воздушное судно – среда» / Г. В. Коваленко, И. С. Муравьев // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2018б. № 1(18). С. 5-17.

Муравьев И. С. Способ оценки эффективности пилотирования воздушного судна / И. С. Муравьев, Г. В. Коваленко // Актуальные проблемы защиты и безопасности: Труды XXIV Всероссийской научно-практической конференции РАРАН (1-4 апреля 2021 г.) Т.6. 2021. С. 173-180.

Муравьев И. С. Оценка функционирования системы «экипаж – высокоавтоматизированное воздушное судно – среда» на основе когнитивно-информационных преобразователей алгоритмов деятельности пилотов // Качество и жизнь. 2022. № 1 (33). С. 65-76. DOI: 10.34214/2312-5209-2022-33-1-65-76.

Наследов А. Д. IBM SPSS Statistics 20 и AMOS: профессиональный статистический анализ данных. – СПб.: Питер, 2013. 416 с.

Руководство по производству полетов программы подготовки членов летного экипажа. ОАО «Авиакомпания Ютэйр». – Тюмень, 2020, 154 с.

Fishburn Peter C. Utility Theory for decision making. – New York, London, Sydney, Toronto: Research Analysis Corporation, 1970. 352 p.

Latash Mark L. Biomechanics and motor control. Defining central concepts. – Department of Kinesiology, The Pennsylvania State University, PA, USA: Academic Press, 2016. 426 p. doi. org/10. 1016/C2013-0-18342-0.

Sheridan Thomas B., Ferrell William R. Man-Machine Systems: Information, Control, and Decision Models of Human Performance. – Cambridge, Massachusetts, and London, England: The MIT Press, 1974. 400 p.

The aircraft operations manual A320 (AOM 320). – 2008.

References

Fishburn Peter C. (1970). Utility Theory for decision making. – New York, London, Sydney, Toronto: Research Analysis Corporation, 352 p.

Flight Operations Manual for the Flight Crew Training Program. UTair Airlines. – Tyumen, 2020. (in Russian)

Kovalenko G. V., Murav'ev I. S., Chepiga V. E., Moiseeva N. O. (2018a). Quantitative calculation of the information that the pilot perceives when controlling an automated airplane. *Flight problems and flight safety*. 12: 5-13. (in Russian)

Kovalenko G. V., Muraviev I. S. (2018b). «Crew – automated aircraft – environment» system interaction problems. *Bulletin of the St. Petersburg State University of Civil Aviation*. 1(18): 5-17. (in Russian)

- Kovalenko G. V.* (1996). Improving the professional training of flight and dispatching personnel. Moscow. Transport. 320 p. (in Russian)
- Latash Mark L.* (2016). Biomechanics and motor control. Defining central concepts. – Department of Kinesiology, The Pennsylvania State University, PA, USA: Academic Press. 426 p. doi. org/10.1016/C2013-0-18342-0.
- Murav'ev I. S., Kovalenko G. V.* (2021). Method of assessing the effectiveness of piloting an aircraft //Actual problems of protection and safety: Proceedings of the XXIV All-Russian Scientific and Practical Conference of the Russian Academy of Sciences. 2021. P. 173-180. (in Russian)
- Murav'ev I. S.* (2022). Cognitive Information Converters of Pilot Activity Algorithms in «Crew – Pighly Automated Aircraft – Environment» System. *Quality and life*. 1 (33): 65-76. DOI: 10.34214/2312-5209-2022-33-1-65-76. (in Russian)
- Nasledov A. D.* (2013). IMB SPSS Statistics 20 & AMOS: professional statistical analysis of data. St. Petersburg: Piter. 416 p. (in Russian)
- Sheridan Thomas B., Ferrell William R.* (1974). Man-Machine Systems: Information, Control, and Decision Models of Human Performance. – Cambridge, Massachusetts, and London, England: The MIT Press. 400 p.
- The aircraft operations manual A320 (AOM 320). – 2008.
- Velichkovsky B. M.* (2006). Cognitive science. Fundamentals of the psychology of cognition. In 2 v. V. 2. Moscow. Academy. 432 p. (in Russian)