

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 331.101.1

doi: 10.30987/2658-4026-2025-2-244-254

Двигательная асимметрия функций рук у летного и инженерно-технического состава авиационных систем

Илья Александрович Таратонов¹, Аркадий Павлович Козловский², Александр Васильевич Чунтул^{3✉}
^{1,2,3} ООО «Корпорация Русская эргономика и интеллектуальные системы», Россия
¹ creiscorp@yandex.ru;

Аннотация.

Целью данной работы явилось определение различий в показателях теста простой сенсомоторной реакции (ПСР) на звуковой сигнал и их значимости для выполнения управляющих действий правой и левой рукой представителями летного и инженерно-технического состава (ИТС).

Актуальность работы связана с тем, что при решении многих эргономических задач постоянно поднимается вопрос, какие органы управления технической системой размещать для правой руки, а какие - для левой? Данная проблема особенно актуальна в случае асимметрии функциональных возможностей человека по параметрам двигательной реакции в контуре управления в авиационных системах.

Сделан вывод о необходимости учёта количественных показателей простой сенсомоторной реакции (ПСР), установленных в данной работе, в целях оценки психофизиологических параметров, как на этапах отбора претендентов, так и в системе медицинского обеспечения в процессе авиационной деятельности представителей различных авиационных специальностей, а также при обосновании эргономических требований к перспективным информационным моделям обеспечения полётов.

Ключевые слова: авиационные системы, беспилотные комплексы, вертолеты, летчики, двигательные акты, инженерно-технический состав, контур управления, органы управления, простая сенсомоторная реакция, функциональная асимметрия

Для цитирования: Таратонов И.А., Козловский А.П., Чунтул А.В. Двигательная асимметрия функций рук у летного и инженерно-технического состава авиационных систем // Эргодизайн. 2025. №2 (28). С. 244-254. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2025-2-244-254>.

Original article

Open access article

Motor Asymmetry of Hand Functions in Flight Crew and Maintenance Personnel of Aviation Systems

Ilya A. Taratonov¹, Arkadiy P. Kozlovskiy², Alexander V. Chuntul^{3✉}
^{1,2,3} LLC Russian Ergonomics Corporation and Intelligent Systems, Russia
¹ creiscorp@yandex.ru

Abstract.

The aim of this study is to identify differences in performance indicators of simple sensorimotor reaction (SSR) to sound signals and assess their significance for performing control actions with right and left hands among flight crewmembers and maintenance personnel (MP).

The relevance of this work lies in the fact that many ergonomic tasks raise questions regarding where to place controls for right-hand use versus left-hand use in technical systems. This issue becomes especially important when functional asymmetries exist in human motor responses within aircraft control loops.

Based on findings, the paper concludes that quantitative measures of simple sensorimotor reactions (SSR) established in this study should be taken into account for assessing psychophysiological parameters during selection processes and medical support throughout aviation careers across different specialties. These data can also justify ergonomic requirements for prospective flight-supporting information models.

Keywords: aviation systems, unmanned complexes, helicopters, pilots, motor acts, maintenance personnel, control loop, controls, simple sensorimotor reaction, functional asymmetry

Введение

В современных и перспективных авиационных системах летчики вертолетов и операторы беспилотных комплексов, для решения задач пилотирования, обеспечения полетного задания и безопасности полетов, воздействуют на объекты управления посредством двигательных актов включающих: перемещение органов управления (рычагов, ручек, рукояток, педалей, кнопок, индексов на сенсорных экранах и др.) по направлениям вперед - назад, «от себя», «на себя»; «вверх-вниз»; нажатие; вращение, перемещение и др. [11], [13].

При этом, в процессе такого управления, зачастую необходимо выполнять управляющие движения всеми органами управления одновременно. Например, летчик вертолета для пилотирования использует рычаг общего шага винта, ручку циклического шага и педали одновременно не снимая рук и ног с органов управления. Установлено также, что на наиболее ответственных этапах полета летчик вертолета выполняет до 40% движений одновременно двумя органами управления и 20% тремя органами. При этом, как показано в исследованиях [15], общее количество управляющих движений на посадке вертолета достигает в среднем до 90 в одну минуту. В свою очередь, безопасное пилотирование вертолета вблизи земли достигается увеличением количества управляющих движений до 200 в одну минуту.

Такой процесс пилотирования сопровождается большой двигательной нагрузкой, требует формирования сложно координированных навыков одновременного управления правой и левой рукой и постоянной концентрации внимания по контролю ответных реакций, характеризующих изменения пространственного положения вертолета [14].

В тоже время, в связи с техническим совершенствованием и автоматизацией систем управления существенно изменяются требования к временной моторике двигательных актов. Изменяется содержание двигательных задач, которые сводятся к нажатию кнопок, включению тумблеров, повороту рукояток и др. [5]. Вся сложность управления перемещается с исполнительными частями двигательных актов на центральные механизмы их регуляции [1], [2], [16], [17], [18]. Одновременно, в соответствии с

алгоритмами организации деятельности в сложных и особых ситуациях полета от летчика или оператора беспилотного комплекса, требуется выполнение управляющих действий за короткий промежуток времени, зачастую за секунды и доли секунд [9]. Результаты такой переработки оперативно реализуются в последующих двигательных актах [3]. Таким образом, в авиационных системах, фактор времени выполнения двигательных актов играет важную роль в профессиональной деятельности человека, обеспечивает выживание в особых ситуациях, решении задач, которые требуют не только сложной предварительной обработки большого объема информации, но и быстрой и точной реализации этих движений [7].

Например, экстренное включение системы пожаротушения; отключение топливных кранов; выключение двигателей; нажатие кнопок аварийного сброса груза и приведения к горизонту и др.

Поэтому, при разработке новых органов управления закономерно возникают вопросы, определяющие временные компоненты эффективности двигательных актов и поиск средств и способов, обеспечивающих быстрое и правильное их выполнение [6], [12].

Материалы, модели, эксперименты и методы

Исследование проводили на базе «Национального центра вертолетостроения Миль и Камов», включая региональные вертолетные подразделения.

Для реализации теста ПСР использовали Устройство психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 «Психофизиолог» с модулем психомоторных тестов.

В исследованиях приняла участие группа лётного состава, включая летчиков и штурманов вертолётов, в количестве 30 человек с правой доминирующей рукой возрастом от 34 до 55 лет и 48 специалистов ИТС обоего пола возрастом от 23 до 41 года также с правой доминирующей рукой.

С каждым участником провели по 60 замеров ПСР, включая 30 правой и 30 левой рукой. Итого вся серия составила 4680 замеров теста ПСР.

Полученные данные обработали методами вариационной статистики с помощью пакета Statistic-10 в 4 этапа. Первый – обзорный анализ. Второй – анализ данных лётного состава. Третий – анализ данных ИТС.

Четвертый – сравнительный межгрупповой анализ.

Результаты

Полученные показатели ПСР по своему типу относятся к количественным непрерывным данным, измеренным с точностью до третьего знака в мс. Полученные выборки в пределах каждой группы являются связанными, поскольку состоят из наблюдений, включающих ПСР правой и левой руки одного и того же человека. Межгрупповые показатели относятся к независимым выборкам.

Статистические показатели на звуковой сигнал левой и правой рукой у летного состава и ИТС для обеих рук различаются у летного и инженерно-технического состава, составляя диапазон от 128 до 184 мс и от 139 до 272 мс соответственно.

На рис. 1 приведены усредненные показатели ПСР для правой и левой руки в обеих группах наблюдения. Они наглядно демонстрируют указанные выше различия. Очевидна закономерность увеличения времени ПСР левой рукой по сравнению с правой в обеих группах при более высоких временных показателях в группе ИТС.

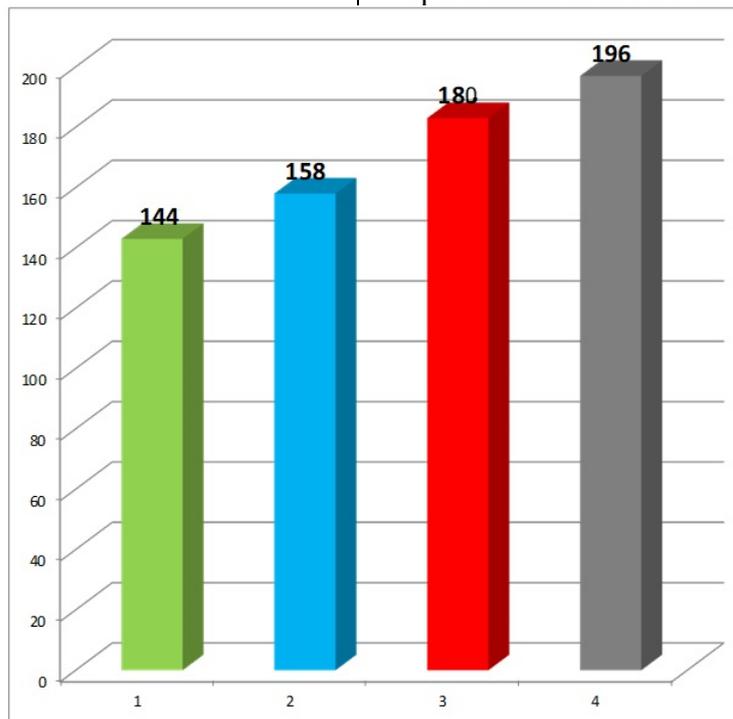


Рис. 1. Усредненные данные по времени ПСР (в мс.) на звуковой сигнал левой и правой рукой у летного состава и ИТС

Fig. 1. Average data on the time of a SSR (in ms) to a sound signal with the left and right hands of flight personnel and MP

Условные обозначения:

по вертикали – ПСР, мс.;

по горизонтали:

1- ПСР правой рукой у летного состава;

2- ПСР левой рукой у летного состава;

3- ПСР правой рукой у ИТС;

ПСР левой рукой у ИТС.

Анализ данных группы летного состава

У лётного состава разница между результатами ПСР правой и левой рукой по усредненным данным составляет 14 мс. В силу важности проблемы именно эта особенность требует более глубокого анализа и прежде всего в группе летного состава.

С этой целью были построены внутригрупповые графики. На рис. 2 представлена гистограмма распределения времени ПСР правой рукой.

Визуальная оценка показывает, что распределение данных явно не описывается кривой Гаусса, соответствующей нормальному распределению. Это подтверждается тестом Колмогорова-Смирнова, который считается не пройденным, поскольку $p < 0,05$ меньше критического значения $p = 0,2$. Такая оценка согласуется со статистическим критерием для малых выборок Шапиро-Уилка, для которого достигнутый уровень значимости $p = 0,00063$

меньше критического $p=0,05$. Другими словами, гипотеза о нормальности распределения показателей ПСР для данной выборки отклоняется. Поэтому в дальнейшем использовали методы непараметрической статистики.

При этом на гистограмме (рис. 2) обращает на себя внимание резкая асимметрия показателей ПСР, характеризующаяся тем, что больше половины наблюдений (19 случаев

- 63,3%) находится в диапазоне от 128 (минимальное время ПСР) до 140 мс, занимая левую часть гистограммы. Это явилось основанием для использования при описании статистических закономерностей не средней арифметической величины, а медианы, которая для данной группы наблюдений составила 138,5 мс, что на 5,83 мс короче, чем усредненная величина ПСР (144,33 мс).

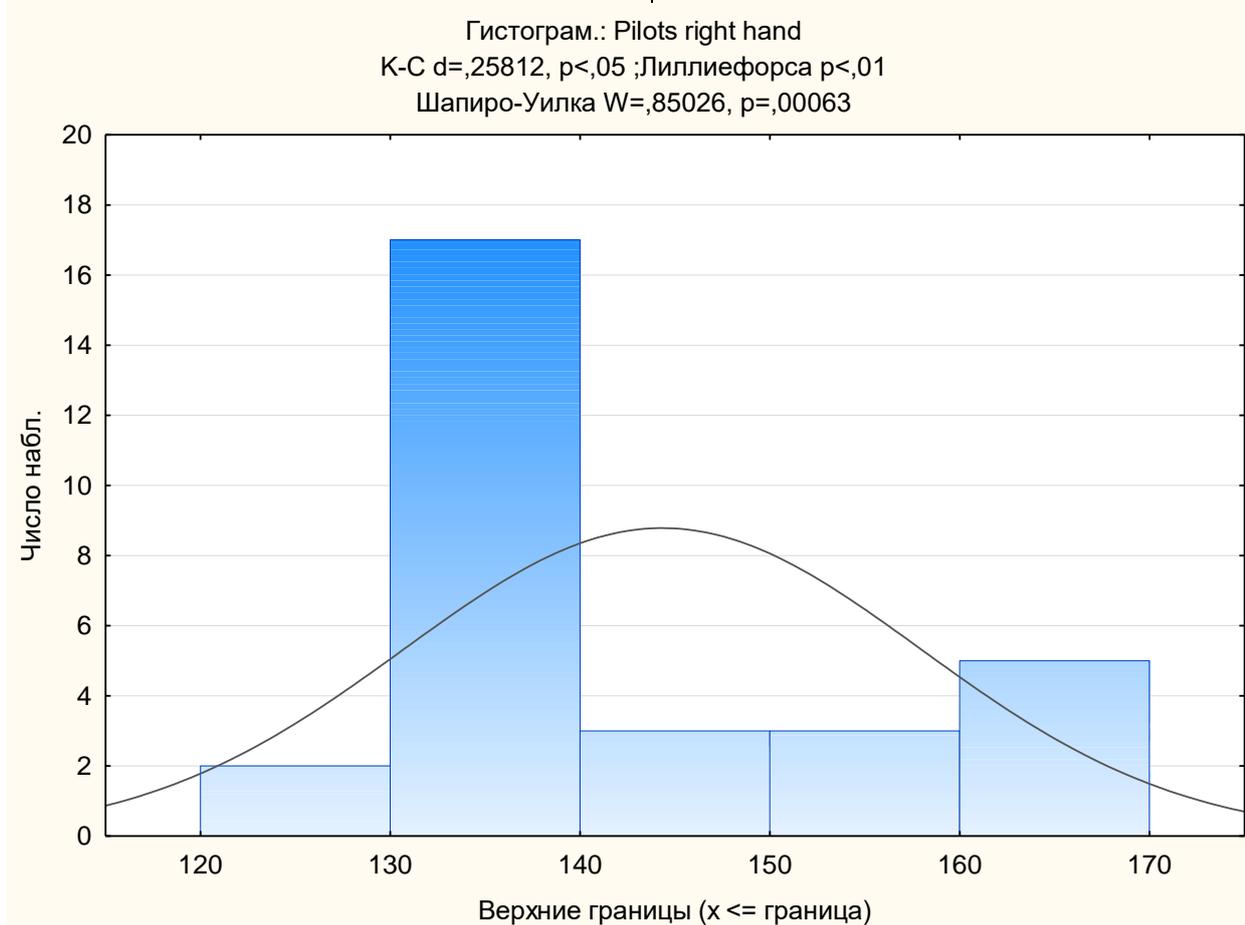


Рис. 2. Гистограмма показателей ПСР правой руки у летного состава
Fig. 2. Histogram of right-hand AKP indicators for flight personnel

По горизонтали: диапазоны времени, мс. Сплошная линия – теоретическая кривая Гаусса.

Логично ожидать, что примерно такая же картина должна иметь место применительно к ПСР левой рукой. Рассмотрим график на рис. 3.

В отличие от асимметричного распределения показателей ПСР для правой руки здесь очевидна близость по критериям Колмогорова-Смирнова ($p>0.2$) и Шапиро-Уилка ($p>0.05$) к кривой нормального распределения.

Диапазон ПСР был в пределах от 138 до 184 мс при среднем значении 158,37 мс. Причём, только в 5 случаях (16,67%) время ПСР левой рукой находилось в диапазоне до 140 мс, в то время как ПСР правой рукой в этом диапазоне было у 63,33% участников, что практически в 4 раза превышает соответствующий показатель для левой руки. Другими словами,

в группе лётного состава все участники испытаний реагировали на звуковой сигнал правой рукой быстрее, чем левой.

Важно оценить достоверность утверждения о величине таких различий. Для этого дополнительно рассмотрим следующее графическое распределение результатов ПСР в группе лётного состава.

По горизонтали: диапазоны времени, мс

Представленные на рис. 4 прямоугольные блоки демонстрируют размах показателей в границах от 25 до 75% процентилей, т.е. отражают 50% общего числа наблюдений для ПСР правой и левой рукой.

Отметим важную особенность диаграммы на рис. 4. Видно, что размеры блоков и уровень их расположения по оси Y (время реакции) существенно различается, а «усь»,

обозначающие общий размах показателей, асимметричны относительно верхней и нижней границы блоков. Это в большей степени характерно для правой руки, что

подтверждает сделанный выше вывод о ненормальности распределения в данной подгруппе.

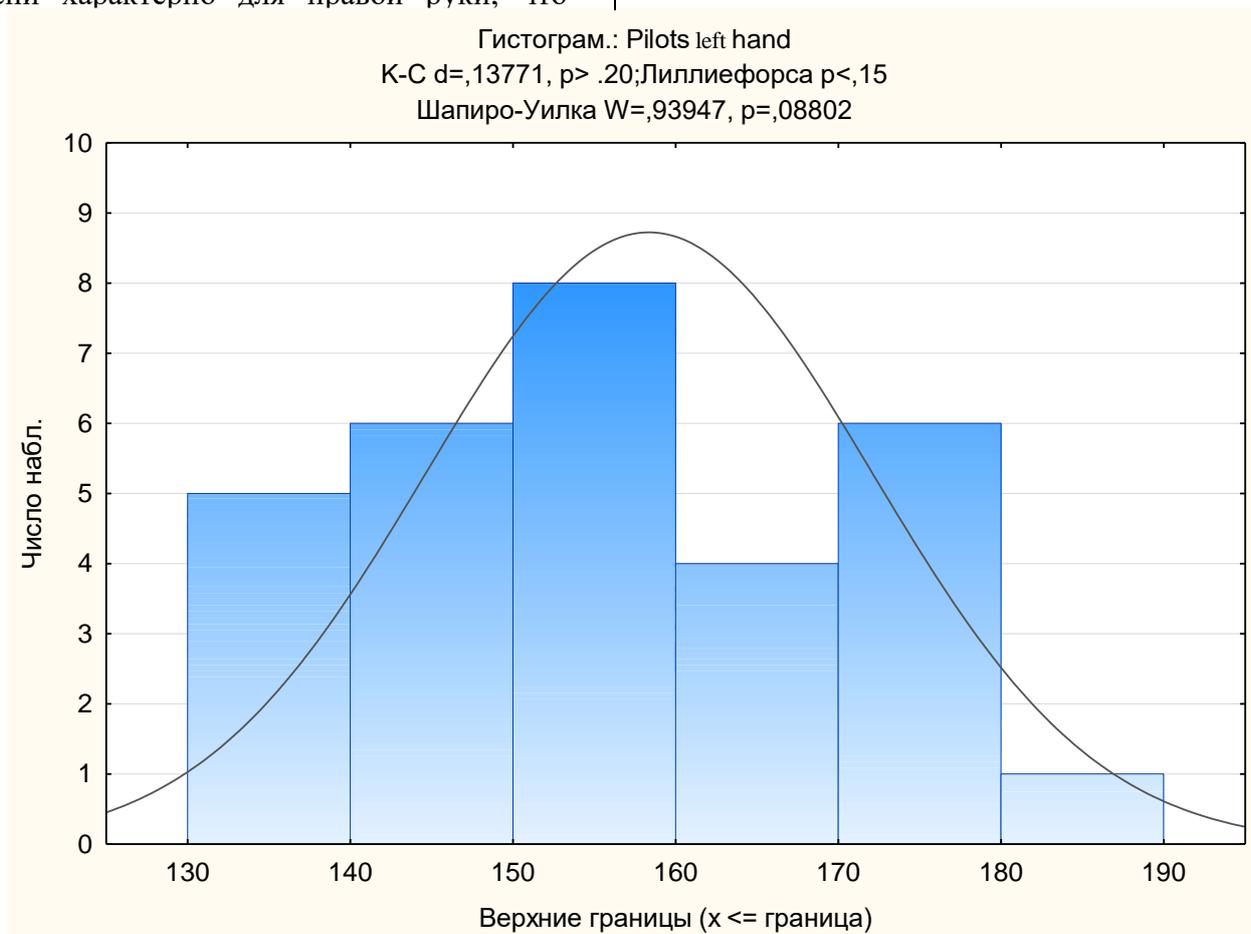


Рис. 3. Гистограмма показателей ПСР левой рукой у летного состава
Fig. 3. Histogram of left-handed SSR indicators for flight personnel

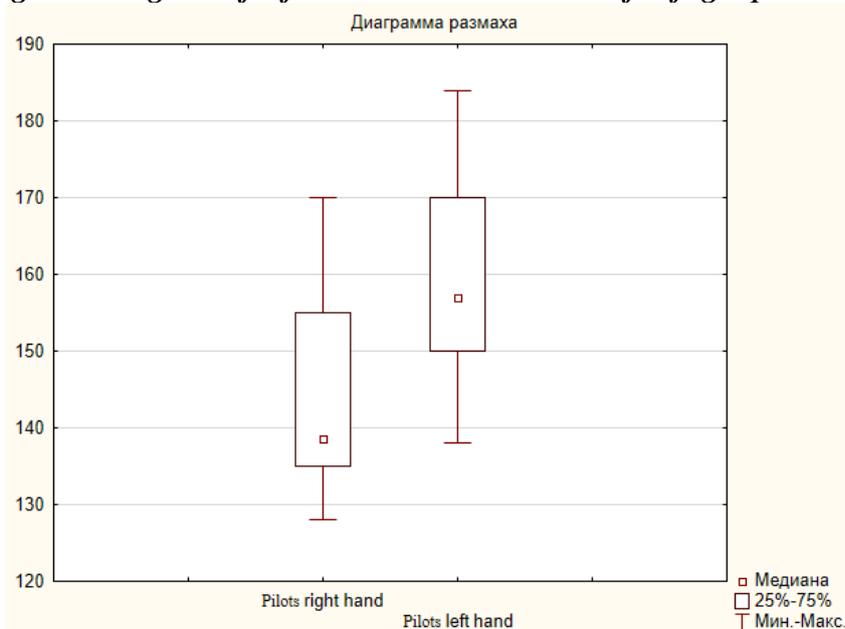


Рис. 4. Диаграмма размаха скорости реакции в группе летного состава
Fig. 4. Diagram of the reaction rate range in the flight crew group

Условные обозначения:

по горизонтали: ПСР правой рукой и ПСР левой рукой.

по вертикали: диапазон ПСР, мс.

Учитывая, что в подгруппах анализируемых данных имеется различие в форме распределения, то для оценки различий будем использовать непараметрический метод статистики для связанных выборок, а именно критерий знаков (табл. 1).

Поскольку уровень значимости ($p=0,0000$) существенно меньше критического значения $p < 0,05$, то факт достоверности более быстрой реакции правой рукой на звуковой раздражитель по сравнению с ПСР левой рукой можно считать доказанным.

Другими словами, это указывает на важную особенность, свидетельствующую, что летный состав с правой доминирующей рукой

обладает психофизиологическими параметрами, обеспечивающими более эффективное сопряжение функций зрительного анализатора с мышечным аппаратом правой руки. В этом смысле в качестве главного результата проведенного анализа на данной этапе можно утверждать о том, что скорость ПСР правой рукой по уровню медианы (138,5 мс) на 11,8% быстрее по сравнению с ПСР левой рукой (157 мс), а по относительному числу участников, ПСР которых находилась в «коротком диапазоне» от 120 до 140 мс, различия достигали 4-х кратного уровня.

Таблица 1.

Статистические показатели различий ПСР правой и левой рукой в группе летного состава.

Table 1.

Statistical indicators of the differences between the right and left hand AKP in the group of flight personnel.

Критерий знаков. Отмеченные критерии значимы на уровне $p < 0,05000$				
	Число - несовп.	Процент $v < V$	Z	p-уров.
Pilots right hand & Pilots left hand	30*	100,00*	5,29465*	0,0000

Анализ данных группы ИТС

Аналогичный анализ провели и в группе ИТС. На рис. 5 представлена гистограмма распределения времени ПСР для правой руки. При визуальной оценке очевидно, что распределение показателей не совсем соответствует нормальному закону. Об этом свидетельствуют низкая величина критерия Шапиро-Уилка ($p = 0,02932$ при критическом значении $p > 0,05$).

Как и в случае с лётным составом имеется асимметрия в сторону меньших значений времени реакции. Учитывая отрицательный тест по критерию Шапиро-Уилка ($p < 0,05$) и несмотря на то, что критерий Колмогорова-Смирнова ($p > 0,2$), гипотеза о нормальном законе распределения показателей ПСР не принимается. В связи с этим в последующем при статистической обработке данных группы ИТС будем использовать непараметрические методы.

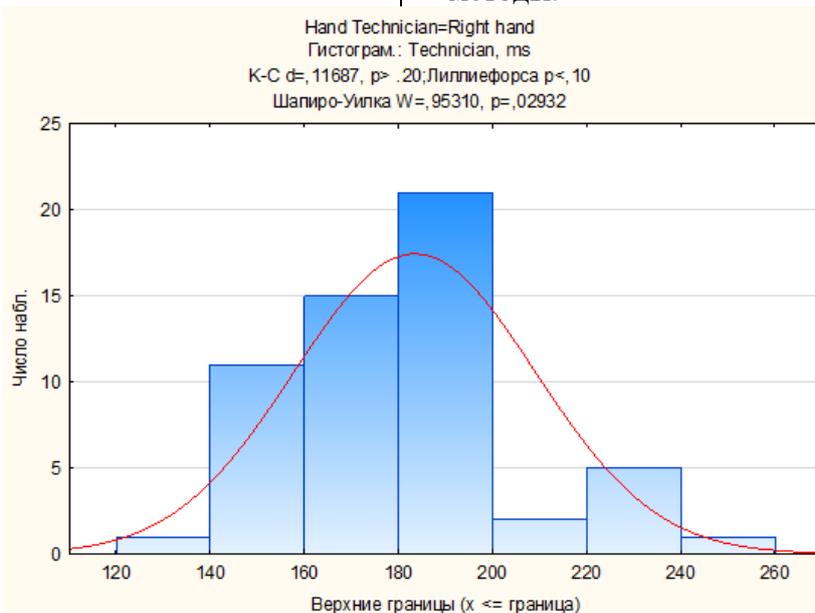


Рис. 5. Гистограмма распределения в группе ИТС результатов ПСР правой рукой.

Fig. 5. Histogram of the distribution in the MP group of the results of the right-hand SSR.

По горизонтали: диапазоны времени, мс

Гистограмма данных по ПСР у ИТС для левой руки представлена на рис. 6. Здесь также нет полного соответствия распределения по нормальному закону. Если

по тесту Колмогорова-Смирнова можно принять нулевую гипотезу ($p > 0.2$), то критерий Шапиро-Уилка $p = 0.03$ меньше критической величины $p > 0,05$.

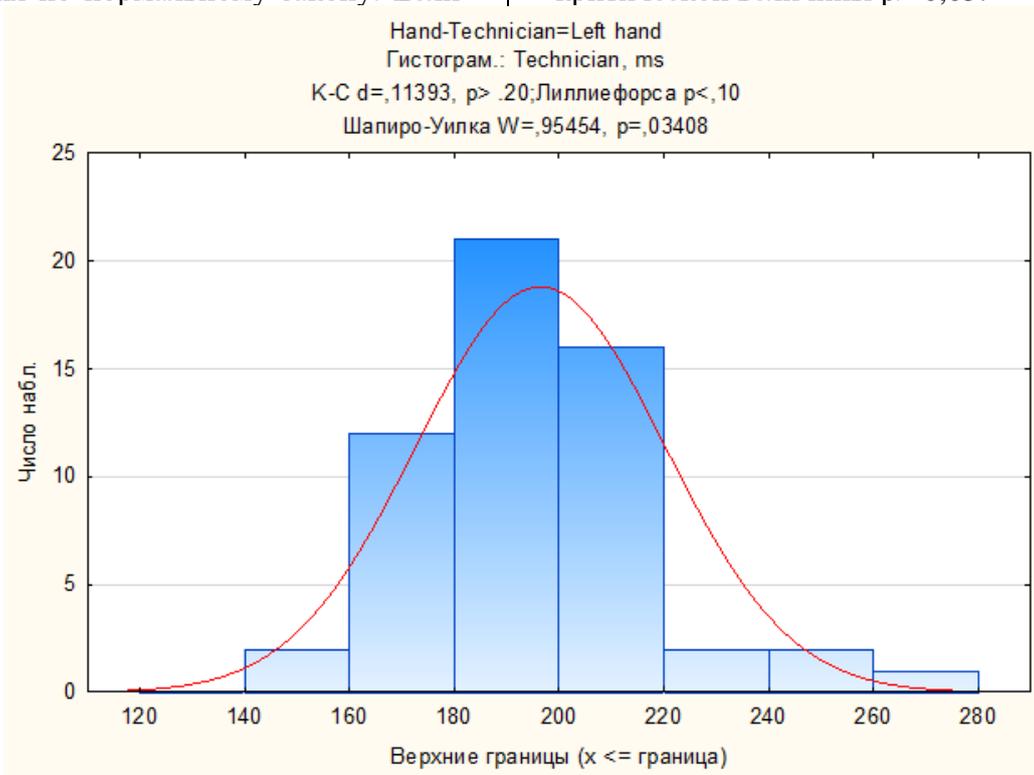


Рис. 6. Гистограмма распределения результатов ПСР у ИТС (левая рука)
Fig. 6. Histogram of the distribution of SSR results in MP (left hand)

По горизонтали: диапазоны времени, мс

Уточняющую информацию для выбора метода изучения различий между двумя зависимыми выборками получили по результатам, приведенным на рис. 7.

Прямоугольные блоки отражают размах показателей ПСР в границах от 25 до 75% случаев, что соответствует 50% наблюдений для ПСР правой и левой руки соответственно. Обращает на себя внимание тот факт, что

медианы показателей реакции для правой и левой руки различаются и составляют соответственно 179 и 196 мс. Разница в 17 мс в определенных ситуациях реального управления техническими объектами может оказаться критической как с точки зрения своевременности реализации управляющего механического действия, так и для безопасности.

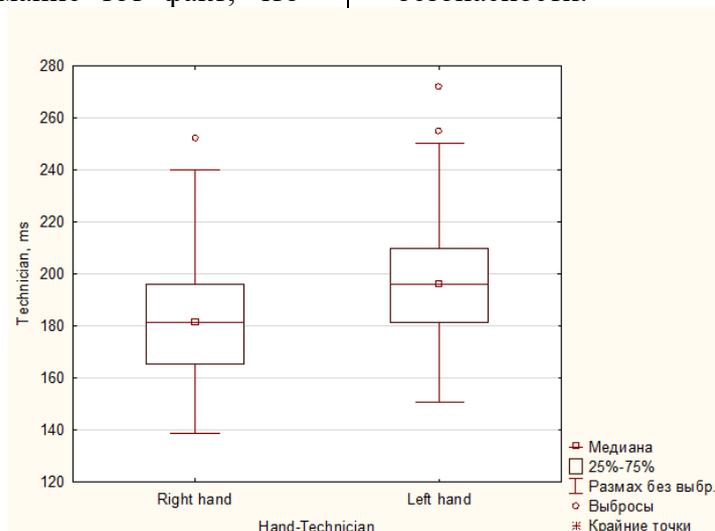


Рис. 7. Диаграмма размаха скорости реакции ПСР в группе ИТС
Fig. 7. Diagram of the range of the PCR reaction rate in the ITS group

Таблица 2.

Статистические показатели различий ПСР правой и левой рукой в группе инженерно-технического состава.

Table 2.

Statistical indicators of the differences between the right and left hand SSR in the group of engineering staff.

Критерий знаков. Отмеченные критерии значимы на уровне $p < 0,05000$				
	Число несовп.	Процент $v < V$	Z	p-уров.
Engtech right hand & Engtech left hand	46	100,0000	6,6348	0,000000

Из данных таблицы 2 видно, что уровень значимости ($p=0.0000$) существенно меньше критического значения $p < 0.05$, поэтому факт достоверности более быстрой реакции правой рукой на звуковой раздражитель по сравнению с ПСР левой рукой в группе ИТС считаем доказанным.

Сравнительный анализ данных летного состава и ИТС

Из представленных выше данных, очевидно, что ПСР в группе летного состава более быстрая как для правой, так и для левой руки. Для правой руки разница между показателем средних величин и медиан

Таблица 3.

Критерий Манна-Уитни. Оценка достоверности различий ПСР правой (Гр.1) и левой (Гр.2) рукой между группами лётного состава и ИТС.

Table 3.

Mann-Whitney criterion. Assessment of the reliability of the differences between SSR the right-handed (Gr.1) and left-handed (Gr.2) arms between groups of flight personnel and MP.

Группа	Суммарный ранг		U	Z	P<0.05	N Гр.1	N Гр.2
	Сум.ранг Группа 1	Сум.ранг Группа 2					
Common right hand	578,500	2502,500	113,500*	-6,22298*	0,0000*	30	48
Common left hand	574,000	2507,000	109,000*	-6,27020*	0,0000*		

* - отмеченные критерии значимы на уровне $P < 0.05$

Как видно из параметров, приведенных в табл. 3, уровень значимости ($p=0.0000$) различий показателей между обеими группами, как для ПСР правой рукой, так и для ПСР левой рукой, существенно меньше критического значения $p < 0.05$, что позволяет считать факт достоверности таких различий доказанным.

Заключение.

Важным результатом проведенного исследования является факт, что скорость ПСР правой рукой у летного состава достоверно выше по сравнению с левой рукой. Причём, если эта разница в среднем составила 14 мс, то между медианами она достигла 18,5 мс. Вместе с тем можно утверждать, что с

соответственно составляет 35,4 и 40,5 мс, а для левой – 38,4 и 39 мс. Учитывая отклонение распределения данных показателей от нормального, с большим доверием необходимо отнестись к межмедианной разнице и принять за основу, что ПСР правой рукой в группе лётного состава была короче на 40,5 мс по сравнению с ПСР этой рукой в группе ИТС. Вместе с тем, такое утверждение нуждается в доказательстве. С этой целью использовали непараметрический критерий Манна-Уитни для независимых выборок (таблица 3).

учётom разных типов распределения показателей для правой и левой руки статистически справедливой является разница в 19,87 мс или в 12,5%, а именно между средней арифметической величиной ПСР для левой руки (158,37 мс, принятой за 100%) и медианой (138,5 мс, составляющей 87,5%) для правой руки.

В группе ИТС установлены аналогичные закономерности при сравнительно более худших результатах относительно группы лётного состава. Если принять ПСР правой рукой ИТС за 100%, то у летного состава этот показатель по величинам медиан составил 77,37%, а для левой руки соответственно 80,1%. Вместе с тем, разница в скорости ПСР правой и левой рукой на звуковой раздражитель по разности медиан в группе

ИТС составила 17 мс, что близко к данным по группе лётного состава.

Установленные статистически достоверные различия в скорости ПСР свидетельствует о профессиональных психофизиологических особенностях летчиков и штурманов, способствующих более быстрой двигательной реализации управляющих действий в полёте по сравнению с возможностью реагировать на звуковой стимул специалистов других авиационных профессий.

Полученные результаты являются закономерными, поскольку лётчики и штурманы проходят отбор с применением специальных тестов уже на этапе поступления в летные училища, в перечень которых входит, в том числе и тест ПСР. С другой стороны, полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности принятой системы отбора и о высоком качестве специальной подготовки лётного состава.

Кроме того, сенсомоторные реакции летного состава важны с эргономической точки зрения для принятия решения о месте размещения технических средств управления, требующих быстрой и точной реакции, а именно справа или слева относительно члена

экипажа, когда недостаточное внимание к установленной психофизиологической закономерности может оказаться критическим, как по причине своевременности реализации управляющего механического действия, так и в целом для безопасности не только членов экипажа, но и для всей системы «человек-технический объект» [4], [8], [10].

В перспективных исследованиях для обоснования эргономических требований к информационным моделям средствам отбора и подготовки лётного персонала необходимо проанализировать отечественные и зарубежные патенты, связанные с регистрацией психофизиологических показателей сенсомоторной деятельности при воздействии различных внешних и внутренних факторов [19], [20].

Представляется важным также учитывать количественные показатели ПСР, установленные в данной работе, в целях оценки психофизиологических параметров, как на этапах отбора претендентов, так и в системе медицинского обеспечения в процессе авиационной деятельности представителей различных авиационных специальностей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Бернштейн Н.А.** Биомеханика и физиология движений. М.: Институт практической психологии; Воронеж: НПО «МОДЭК», 1997. 608 с. ISBN 978-5-9770-0347-6.
2. **Бернштейн Н.А.** Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М.: Медицина, 1966. 349 с.
3. **Геллерштейн С.Г.** "Чувство времени" и скорость двигательной реакции. М.: Медгиз, 1958. 148 с.
4. **Денисова Т.В., Меденков А.А., Меденкова О.С.** Информационное обеспечение эргономических исследований // Человеческий фактор: Проблемы психологии и эргономики. 2005. № 3/1. С. 39-40. EDN MVHZBD.
5. Патент № 2559188 С1 Российская Федерация, МПК В64С 13/06. Многоканальный орган управления летательным аппаратом: № 2014111292/11: заявл. 25.03.2014; опублик. 10.08.2015 / **А. В. Чунтул, И. А. Таратонов**; заявитель Акционерное общество "Вертолеты России" (АО "Вертолеты России"). – EDN ZFJNXV.
6. **Поляков В.В., Чунтул А.В.** Совершенствование методики эргономической оценки рабочих мест экипажа вертолетов // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. 2005. № 1(30). С. 43. EDN MVHXSX.
7. **Решетова З.А.** Роль ориентировочной деятельности в двигательном навыке // Вопросы психологии. 1956. № 1. С. 53-63.
8. **Рипецкий А.В.** Геометрия рабочего места оператора как составляющая эксплуатационной надежности сложных технических комплексов. Науч.

REFERENCES

1. **Bernstein N.A.** Biomechanics and Physiology of Movements. Moscow: Institute of Practical Psychology; Voronezh: MODEK; 1997. 608 p.
2. **Bernstein N.A.** Essays on Dynamic Physiology and Activity Physiology. Moscow: Meditsina; 1966. 349 p.
3. **Gellerstein S.G.** Sense of Time and Speed of Motor Reaction. Moscow: Medgiz; 1958. 148 p.
4. **Denisova T.V., Medenkov A.A., Medenkova O.S.** Information Support for Ergonomic Studies. Human Factor: Problems of Psychology and Ergonomics. 2005;3/1:39-40.
5. **Chuntul A.V., Taratonov I.A.** Multichannel Control Body of an Aircraft. Patent RF No. 2559188 C1. Russian Helicopters; 2015 Aug 10.
6. **Polyakov V.V., Chuntul A.V.** Improving the Methodology of Ergonomic Assessment of Helicopter Crew Workplaces. Human Factor: Problems of Psychology and Ergonomics. 2005;1(30):43.
7. **Reshetova Z.A.** The Role of Orientation Activity in Motor Skill. Questions of Psychology. 1956;1:53-63.
8. **Ripetsky A.V.** Geometry of the Operator's Workplace as a Component of the Operational Reliability of Complex Technical Systems. In: Scientific Readings on Aviation,

чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е.Жуковского. М: ВВИА им. проф. Н.Е.Жуковского, 2003. С. 97-98.

9. **Зинченко В.П.** Функциональная структура исполнительных перцептивно-моторных действий // Эргономика. 1978. Вып. 6. С. 7-40.

10. Человек и безопасность полетов: Научно-практические аспекты снижения авиационной аварийности по причине человеческого фактора / Под ред. **В.А. Пономаренко, А.В. Чунтул.** М.: Когто-Центр, 2013 287 с. ISBN 978-5-89353-417-7.

11. **Чунтул А.В.** Эргономические проблемы разработки информационного обеспечения экипажей вертолетов новых поколений // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. 2007. № 1-1(38). С. 46-48. EDN LGLAUV.

12. **Чунтул А.В., Козловский А.П.** Светоимпульсная стимуляция в системе коррекции состояния авиационных специалистов // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2018. Т. 52, № 5. С. 47-52. DOI 10.21687/0233-528X-2018-52-5-47-52. EDN PTKJVG.

13. **Чунтул А.В.** Эргономическое обеспечение разработки современных и перспективных систем "экипаж-вертолет-среда" // Эргодизайн. 2019. № 4(6). С. 147-155. DOI 10.30987/2619-1512-2019-2019-4-147-155. EDN ADYOSU.

14. **Чунтул А.В.** Психофизиологические и эргономические аспекты восприятия зрительных образов формируемых средствами технического зрения // Эргодизайн. 2021. № 4(14). С. 306-312. DOI 10.30987/2658-4026-2021-4-306-312. EDN ZYREJQ.

15. **Чунтул А.В.** Человек в вертолете: Психофизиология профессиональной деятельности экипажей современных и перспективных вертолетов. М.: Когто-Центр, 2018. 320 с. ISBN 978-5-89353-549-5.

16. **Goble D.** Validity of using reaction time as a basis for determining motor laterality. *Journal of Neurophysiology.* 2007;97(2):959-1869. DOI 10.1152/jn.01221.2006.

17. **Barthe'le'my S, Boulinguez P.** Manual reaction time asymmetries in human subjects: the role of movement planning and attention. *Neuroscience Letters.* 2001;315:41-44. DOI 10.1016/s0304-3940(01)02313-8.

18. **Buckingham G., Caray D.P.** Attentional asymmetries – cause or consequence of human right handedness? *Frontiers in Psychology.* 2014;5. DOI 10.3389/fpsyg.2014.01587.

19. **Kuzmenko A., Kondratenko S., Dergachev K., Spasennikov V.** Ergonomic support for logo development based on deep learning. *CEUR Workshop Proceedings: 30, Saint Petersburg, 22–25 сентября 2020 года.* Saint Petersburg, 2020. EDN SAIXJG.

20. **Spasennikov V., Androsov K., Golubeva G.** Ergonomic factors in patenting computer systems for personnel's selection and training. *CEUR Workshop Proceedings: 30, Saint Petersburg, 22–25 сентября 2020 года.* Saint Petersburg, 2020. EDN MRWCZX.

Информация об авторах:

Таратов Илья Александрович - международные идентификационные номера автора: Author-ID-РИНЦ 7605-8555

Козловский Аркадий Павлович - международные идентификационные номера автора: Author-ID-РИНЦ 7770-3709

Чунтул Александр Васильевич - профессор, доктор медицинских наук, международные идентификационные номера автора: Author-ID-РИНЦ 514579

Dedicated to the Memory of N.E. Zhukovsky. Moscow: Zhukovsky Air Force Engineering Academy: 2003. p. 97-98.

9. **Zinchenko V.P.** Functional Structure of Executive Perceptual-Motor Actions. *Ergonomics.* 1978;6:7-40.

10. **Ponomarenko V.A., Chuntul A.V., editors.** Man and Flight Safety: Scientific and Practical Aspects of Reducing Aviation Accidents due to the Human Factor. Moscow: Kogto-Center; 2013. 287 p.

11. **Chuntul A.V.** Ergonomic Problems of Developing Information Support for the Crews of New Generation Helicopters. *Human Factor: Problems of Psychology and Ergonomics.* 2007;1-1(38):46-48.

12. **Chuntul A.V., Kozlovsky A.P.** Pulsing Light Stimulation in State Correction of Aviation Personnel. *Aerospace and Environmental Medicine.* 2018;52(5):47-52. DOI 10.21687/0233-528X-2018-52-5-47-52.

13. **Chuntul A.V.** Ergonomic Support for the Development of Modern and Advanced Systems "Crew-Helicopter-Environment". *Ergodesign.* 2019;4(6):147-155. DOI 10.30987/2619-1512-2019-2019-4-147-155.

14. **Chuntul A.V.** Psychophysiological and Ergonomic Aspects of Visual Image Perception Formed by Technical Vision Means. *Ergodesign.* 2021;4(14):306-312. DOI 10.30987/2658-4026-2021-4-306-312.

15. **Chuntul A.V.** Man in a Helicopter: Psychophysiology of the Professional Activities of Modern and Future Helicopter Crews. Moscow: Kogto-Center; 2018. 320 p.

16. **Goble D.** Validity of Using Reaction Time as a Basis for Determining Motor Laterality. *Journal of Neurophysiology.* 2007;97(2):959-1869. DOI 10.1152/jn.01221.2006.

17. **Barthe'le'my S, Boulinguez P.** Manual Reaction Time Asymmetries in Human Subjects: the Role of Movement Planning and Attention. *Neuroscience Letters.* 2001;315:41-44. DOI 10.1016/s0304-3940(01)02313-8.

18. **Buckingham G., Caray D.P.** Attentional Asymmetries – Cause or Consequence of Human Right-Handedness? *Frontiers in Psychology.* 2014;5. DOI 10.3389/fpsyg.2014.01587.

19. **Kuzmenko A, Kondratenko S, Dergachev K, Spasennikov V.** Ergonomic Support for Logo Development Based on Deep Learning. In: *CEUR Workshop Proceedings: 30; 2020 Sep 22-25; Saint Petersburg: 2020.*

20. **Spasennikov V., Androsov K., Golubeva G.** Ergonomic Factors in Patenting Computer Systems for Personnel's Selection and Training. In: *CEUR Workshop Proceedings: 30; 2020 Sep 22-25; Saint Petersburg: 2020.*

Information about the authors:

Taratonov Ilya Alexandrovich – the author's international identifiers: Author-ID-RSCI 7605-8555

Kozlovskiy Arkady Pavlovich – the author's international identifiers: Author-ID-RSCI 7770-3709

Chuntul Alexander Vasilyevich – Professor, Doctor of Medical Sciences, the author's international identifiers: Author-ID-RSCI 514579f

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 24.04.2025; одобрена после рецензирования 13.05.2025; принята к публикации 14.05.2025. Рецензент – Лозбинец Ф.Ю., доктор технических наук., профессор, член редакционной коллегии журнала «Эргодизайн»

The paper was submitted for publication on the 24th of April 2025; approved after the peer review on the 13th of May 2025; accepted for publication on the 14th of May 2025. Reviewer – Lozbinets F. Yu, Doctor of Technical Sciences, Professor, member of the editorial board of the journal “Ergodesign”

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

Образец ссылок на статьи в журнале «Эргодизайн»

Андросов К.Ю., Кузьменко А.А. Анализ конкурентной среды для разработки сайта образовательной организационной системы // Эргодизайн. 2022. № 4(18). С. 283-291. DOI 10.30987/2658-4026-2022-4-283-291. EDN GKSXEВ.

Багрецов С.А., Мищенко Э.В., Розанова Л.В. Методика построения плана диагностического исследования профессионального соответствия кандидатов в системах профессионального отбора // Эргодизайн. 2022. № 4(18). С. 243-251. DOI 10.30987/2658-4026-2022-4-243-251. EDN SVQDZF.

Катаев М.Ю., Сухоруков А.А., Булышева Л.А. Методика сетевого планирования в задаче адаптивного обучения студентов вуза // Информатика и образование. 2020. № 8 (317). С. 45-56. DOI 10.32517/0234-0453-2020-35-8-45-56. EDN NDHTDO.

Сергеев С.Ф., Микрюкова А.С. Перспективы применения нейронных сетей для процедурной генерации игрового контента в киберспорте // Эргодизайн. 2024. № 1(23). С. 37-45. DOI 10.30987/2658-4026-2024-1-37-45. EDN LWPFOZ.

Сорокопуд М.С. Адаптивное обучение – современный тренд в образовании // Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук. 2022. Т. 4. № S (90). С. 115-117. EDN MNEHGU.