

УДК 629.78.007

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОШИБОК ЭКИПАЖЕЙ ПО ХАРАКТЕРУ ПРОЯВЛЕНИЯ, СОВЕРШЕННЫХ В ХОДЕ ТРЕНИРОВОК НА КОМПЛЕКСНЫХ ТРЕНАЖЕРАХ ТРАНСПОРТНЫХ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОРАБЛЕЙ «СОЮЗ МС»

А.Р. Бикмучев, А.С. Кондратьев, А.В. Васильев, В.М. Краев

Канд. техн. наук А.Р. Бикмучев; А.С. Кондратьев; канд. пед. наук А.В. Васильев; В.М. Краев (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье рассматриваются проблемы возникновения отклонений от норм деятельности (ошибок) экипажей, совершаемых в ходе комплексной подготовки по транспортному пилотируемому кораблю (ТПК) «Союз МС». Впервые с целью анализа причин допущения ошибок космонавтами применена детальная классификация ошибок по характеру их проявления. Для анализа использованы результаты тренировок трех экипажей прошедших комплексную подготовку по ТПК «Союз МС» в рамках подготовки полета на МКС, а также их деятельности в процессе проведения экзаменационной комплексной тренировки (ЭКТ). Получены распределения ошибок по характеру их проявления. Показано наличие корреляции между ошибками, допущенными во время тренировок и во время ЭКТ.

Ключевые слова: комплексная подготовка космонавтов, операторская деятельность, ошибки экипажей ТПК «Союз МС», человеческий фактор, коэффициент корреляции

Distribution of Errors Made by Crews during Training on the “Soyuz MS” Manned Transport Vehicle Integrated Simulators by the Nature of Errors. A.R. Bikmuchev, A.S. Kondratiev, A.V. Vasiliev, V.M. Kraev

The paper considers the problems of deviations from the norms of activity (errors) made by crews during integrated training for the “Soyuz MS” MTV. For the first time, a detailed classification of errors by the nature of their manifestation was used to analyze the causes for them. Results of training of three crews passed an integrated training for the “Soyuz MS” MTV as part of training for flight to the ISS as well as their activity during the examination integrated training (EIT) were analyzed. The distributions of errors by the nature of their mode were obtained. The correlation between errors made during training and the EIT was revealed.

Keywords: integrated training of cosmonauts, operator activity, errors of crews of the “Soyuz MS” MTV, human factor, correlation coefficient

Основной частью непосредственной подготовки космонавтов к полету на ТПК «Союз МС» в составе экипажа является комплексная подготовка, проводимая путем проведения тренировок на комплексном тренажере корабля с целью формирования всесторонней многофункциональной

профессиональной подготовленности космонавтов к выполнению программы полета на ТПК, в том числе по эксплуатации и управлению ТПК в штатных режимах и при возникновении нештатных ситуаций, а также к выполнению программы научно-прикладных экспериментов и целевых работ.

Перед каждой тренировкой проводится теоретическая подготовка в учебном классе, в процессе которой рассматриваются содержание и особенности предстоящей тренировки, взаимодействие между членами экипажа, а также различные возможные нештатные ситуации (НшС) и действия по выходу из них.

Практическая часть подготовки проходит на комплексном тренажере ТДК-7СТ (рис. 1), в котором моделируются все этапы полета корабля как в штатном, так и резервном режимах, в том числе с вводом НшС. Длительность подготовки к тренировке – 2 часа, а сама тренировка длится 4 часа вместе с разбором тренировки.

Важно отметить, что все действия экипажа в ТПК регламентируются бортовой документацией (БД). Для этих целей в ТПК имеется комплект БД в бумажном и электронном виде, и каждый член экипажа обязан руководствоваться теми процедурами, которые там прописаны.

Деятельность экипажа контролируется инструктором с пульта контроля и управления (ПКУ) через видео- и аудиосредства, а также по журналу регистрации выданных команд. Одновременно инструктор через ПКУ ведет связь с экипажем, имитируя работу главного оператора московского Центра управления полетами (ЦУП-М), а также вводит НшС (рис. 2).



Рис. 1. Комплексный тренажер ТПК «Союз МС» (ТДК–7СТ3,4)



Рис. 2. ПКУ

В конце тренировки с экипажем проводится ее разбор, где анализируются результаты выполнения тренировки, доводятся ошибки, допущенные членами экипажа в процессе тренировки, а также рекомендации по работе.

В соответствии с программой подготовки космонавтов в составе дублирующего экипажа проводится примерно 28 тренировок. На этапе подготовки космонавтов в составе основного экипажа проводится примерно 8 тренировок. По окончании программы подготовки по комплексному управлению

ТПК с целью оценивания готовности экипажа к выполнению задач конкретной программы космического полета проводится итоговый контроль на комплексном тренажере ТДК-7СТ (как для дублирующего, так и для основного экипажей). Организационной формой такого контроля является ЭКТ. Длительность подготовки к ЭКТ – четыре часа, а сама тренировка длится восемь часов вместе с разбором тренировки.

В ходе управления космонавтами кораблем и работой его систем, как и в любой операторской деятельности в системе «человек – машина», потенциально присутствует риск допущения ошибок из-за человеческого фактора. Поэтому одним из направлений в комплексной подготовке является работа по обеспечению надежной безошибочной деятельности экипажа на борту корабля. В свою очередь работа по недопущению ошибок у экипажа требует всестороннего анализа причин возникновения ошибок. В соответствии с существующей в настоящее время методикой оценки деятельности экипажа оценивание осуществляется исходя из возможных последствий отклонений от норм деятельности, подразделяемых на ошибки и замечания. Кроме того, экипажу могут выдаваться рекомендации по выполняемым действиям (рекомендации к экипажам появляются, когда возникают вопросы относительно качества их деятельности в корабле, которые потенциально можно отнести к ошибкам). Однако при этом остаются неясными начальные причины совершаемых отклонений.

Доведение до экипажа информации о возможных последствиях ошибок является важной частью его подготовки. Экипаж должен четко понимать последствия своих ошибок. Однако, к сожалению, как показывает опыт, только лишь одно понимание последствий ошибок само по себе не приводит к безошибочной работе. Ошибки продолжают допускаться даже если накануне, на подготовке к тренировке, шла речь о возможности допущения конкретной ошибки в конкретный момент времени. Поэтому, чтобы предупредить ошибки экипажа и снизить их число, необходимо в первую очередь идентифицировать и тщательно проанализировать причины их возникновения.

Проведенный обзор научно-технической литературы показал, что наибольший интерес по проблеме проявления человеческого фактора в сложных системах «человек – машина», аналогичных системе «экипаж – ТПК – среда», могут представлять работы, посвященные анализу ошибочных действий летного состава в авиации и персонала атомных электростанций (АЭС) [1–7]. Из них следует, что наиболее сложной и до сих пор до конца не решенной задачей является распределение (классификация) ошибок по различным признакам. В работе [3] приводится разделение ошибок по следующим признакам:

- а) по типу психического процесса (ошибки восприятия, мышления, моторики, коммуникации);
- б) по фазам решения задачи (ошибки наблюдения, диагностики, планирования, исполнения, взаимодействия с автоматикой);

в) по внешним проявлениям (ошибки пропуска, выполнения, избыточных действий, несвоевременное и неточное выполнение);

г) по типу поведения, при котором они проявляются (ошибки на уровне навыков, правил, знаний).

Среди перечисленных признаков наиболее простым и удобным в применении является классификация ошибок по характеру их проявления (по внешнему проявлению), который и взят в данной работе за основу.

Целью работы является оценка распределения по характеру проявления ошибок, допущенных экипажами в ходе тренировок на комплексных тренажерах ТПК «Союз МС», сравнение полученных результатов с ошибками, допущенными в ходе ЭКТ, и установление наиболее вероятных причин допускаемых ошибок.

Приведем данные по типам ошибок (вариант распределения № 1) [4, 8]:

а – пропуска, при которых не выполняются требуемые в соответствии с заданным алгоритмом операции;

б – включения, при которых выполняются операции, не требуемые соответствующим алгоритмом;

в – следования, при которых требуемые, в соответствии с заданным алгоритмом, операции выполняются, но не в той последовательности, которая требуется;

г – выполнения (качества), при которых требуемые, в соответствии с заданным алгоритмом, операции выполняются, но результат их выполнения не отвечает некоторым критериям качества;

д – своевременности, при которых требуемые, в соответствии с заданным алгоритмом, операции выполняются либо преждевременно, либо с опозданием.

Здесь нами был добавлен еще один тип ошибок (е) по передаче информации. При этом исключен тип ошибки «замещение», который практически на тренировках не проявлялся.

Е – ошибки передачи информации, при которых информация ЦУП-М или на систему записи информации (СЗИ) не передается, не надиктовываются в полном объеме или передается ошибочная (неверная) информация.

В данной работе в дополнение к имеющимся типам ошибок предлагаются, ошибки пропуска и ошибки включения разделить еще на 2 типа.

Вариант распределения № 2 отличается от варианта № 1 тем, что распределение проводилось в предположении, что ошибки пропуска и ошибки включения допущены намеренно или ненамеренно, а также ошибки своевременности допущены преждевременно или с опозданием (рис. 3):

а – ошибки пропуска разделены: а1 – ненамеренные (случайные), при которых не выполняются требуемые, в соответствии с БД, операции (условно, по невнимательности); а2 – намеренные (неслучайные), при которых не выполняются требуемые, в соответствии с БД, операции (из-за недооценки значимости операции);

б – ошибки включения разделены: б1 – ненамеренные (случайные), при которых выполняются операции, не требуемые БД; б2 – намеренные (неслучайные), при которых выполняются операции, не требуемые БД.

д – ошибки своевременности разделены: д1 – преждевременные, при которых требуемые, в соответствии с алгоритмом, операции выполняются преждевременно; д2 – с опозданием, при которых требуемые, в соответствии с алгоритмом, операции выполняются с опозданием.

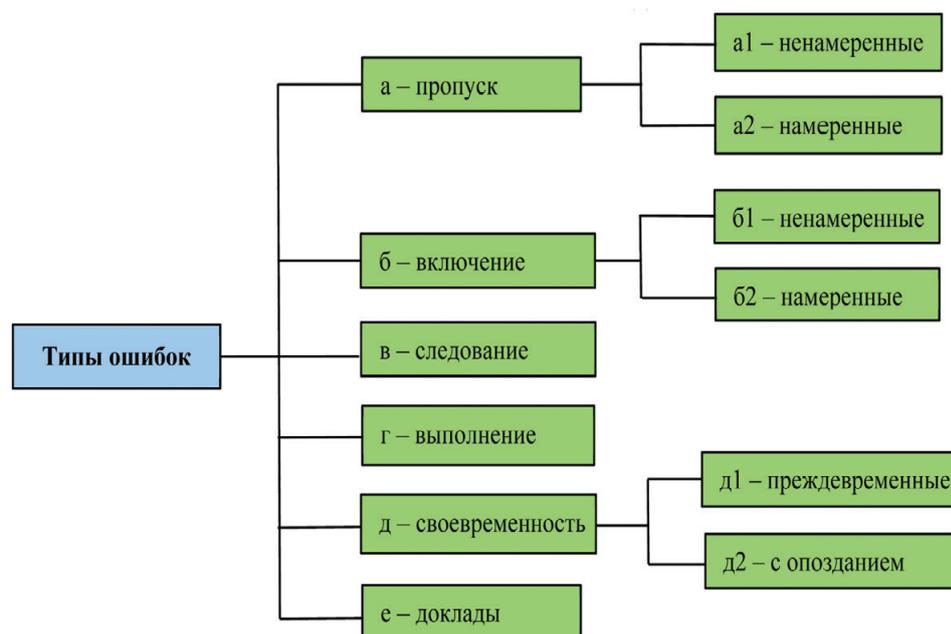


Рис. 3. Распределение ошибок по характеру их проявления

Для распределения ошибок по характеру их проявления проанализированы журналы проведения тренировок трех экипажей (условно обозначены экипаж № 1, 2, 3) за периоды их подготовки в дублирующих и основных экипажах (примерно по 1,5 года каждый экипаж), а также протоколы ЭКТ, соответственно, за этапы дублирующего и основного экипажей.

Ниже приведены результаты классификации ошибок экипажей по характеру проявления за периоды подготовки в составе дублирующего и основного экипажей (вариант распределения № 1). Для наглядности результаты распределения ошибок допущенных в ходе тренировок всех трех экипажей свели в одну гистограмму (рис. 4). По оси ординат – это набранное количество ошибок в процентах от общего количества ошибок за весь период подготовки. По оси абсцисс – типы ошибок по характеру их проявления.

Получены следующие распределения: у всех трех экипажей больше всего ошибок допущено по пропуску – 32–47 %. Далее следуют ошибки включения и качества – 17–22 %. Затем примерно на одном уровне находятся

ошибки своевременности и доклада – 5–9 % (за исключением экипажа № 2, у которого ошибок своевременности допущено больше и составляет 16 %). Меньше всего ошибок следования – 1–5 %. Отметим, что все три экипажа за весь период подготовки в сумме допустили примерно одинаковое количество ошибок. Меняется только их соотношение по типам ошибок, причем соотношение также оказалось схожим.

Приведены результаты классификации ошибок каждого экипажа по отдельности с учетом ошибок, допущенных на ЭКТ (варианты распределения № 1 и 2) (рис. 5–10). Синим показаны ошибки, допущенные на тренировках

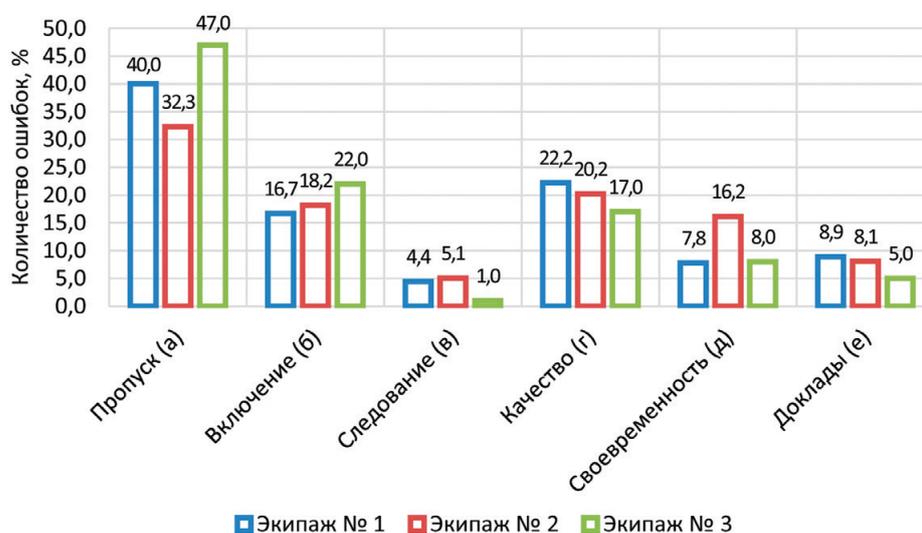


Рис. 4. Сравнение результатов классификации ошибок всех трех экипажей, допущенных на тренировках (без ошибок, допущенных на ЭКТ)

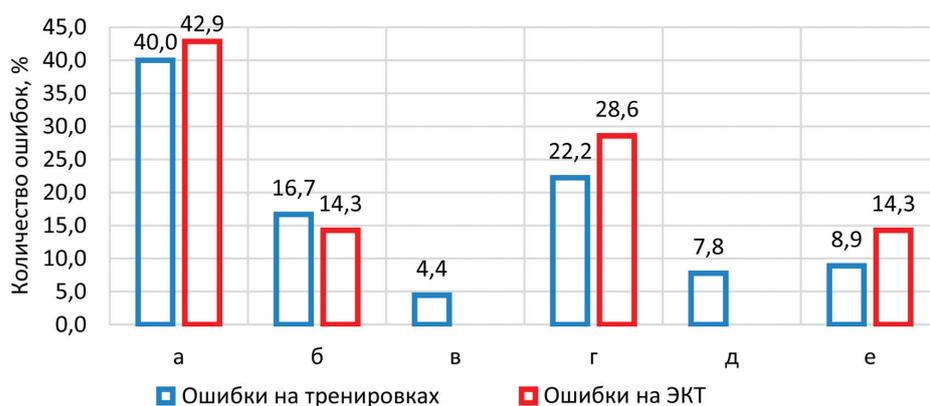


Рис. 5. Экипаж № 1 (вариант распределения № 1)

в процессе комплексной подготовки. Красным обозначены ошибки, допущенные на ЭКТ (ЭКТ на этапе дублирования и на этапе основного экипажа). Зеленым обозначены рекомендации, выданные экипажу на ЭКТ. По оси ординат – это набранное количество ошибок в процентах от общего количества ошибок за весь период подготовки. Для пересчета в проценты ошибок, допущенных на ЭКТ, учитывалось общее количество ошибок основного и дублирующего экипажей. По оси абсцисс – типы ошибок по характеру проявления.

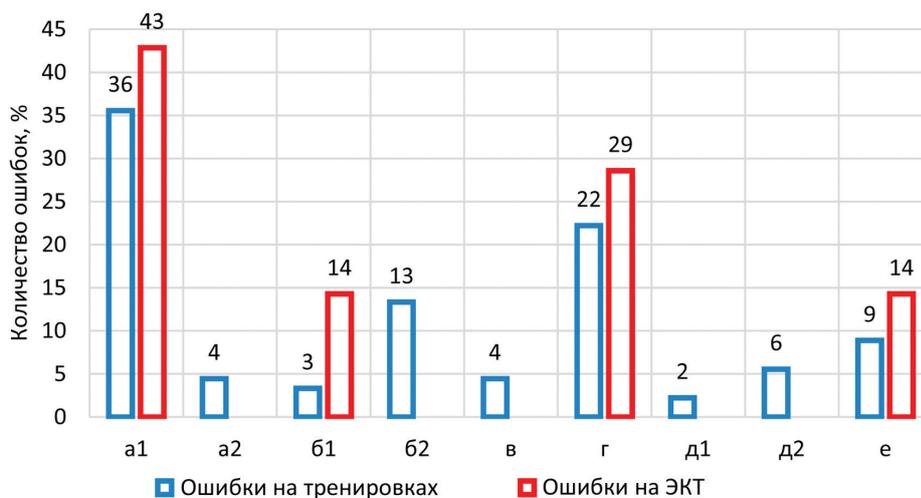


Рис. 6. Экипаж № 1 (вариант распределения № 2)

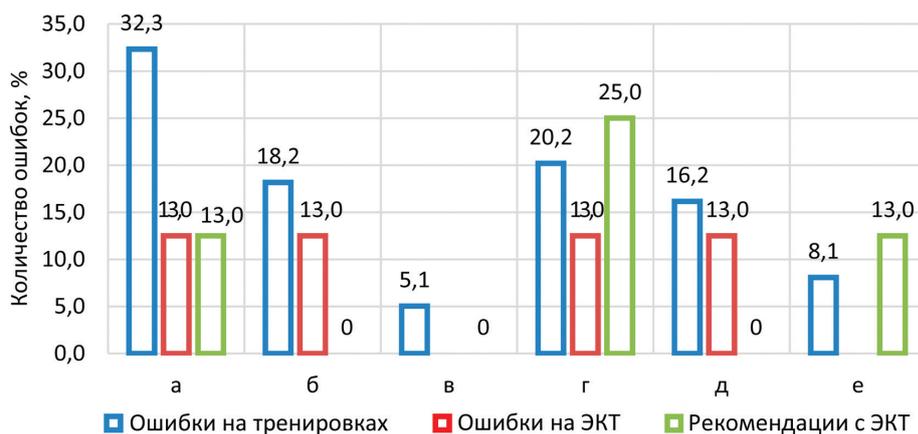


Рис. 7. Экипаж № 2 (вариант распределения № 1)

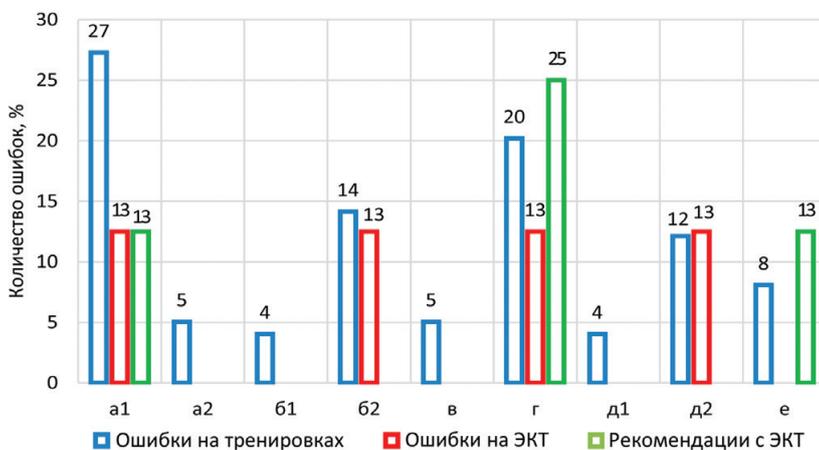


Рис. 8. Экипаж № 2 (вариант распределения № 2)



Рис. 9. Экипаж № 3 (вариант распределения № 1)

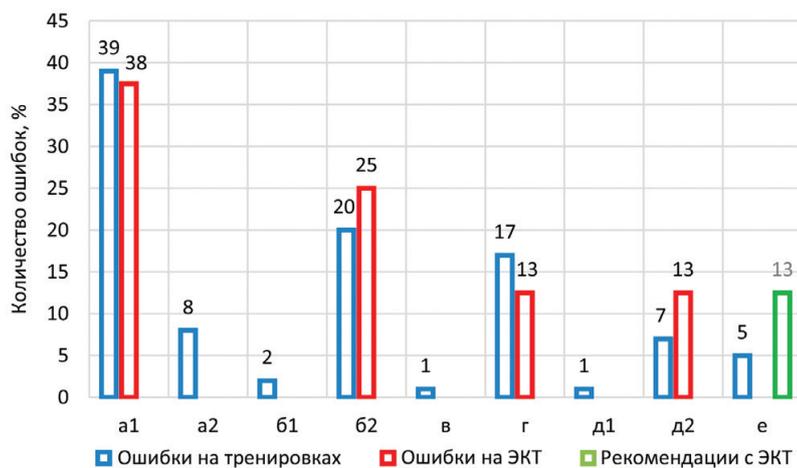


Рис. 10. Экипаж № 3 (вариант распределения № 2)

Сравнение ошибок на тренировках и на ЭКТ

По варианту распределения № 1 для экипажей № 1 и 3 отметили тенденцию: чем больше ошибок на тренировках по конкретным типам ошибок, тем больше ошибок и на ЭКТ (см. рис. 5, 9). Например, для экипажа № 1 на тренировках ошибок пропуска – 40 % и на ЭКТ – 43 %. Если смотреть ошибки включения и качества – 15–20 %, на ЭКТ по этим типам допускались 14–28 % ошибок. Если смотреть минимально набранные ошибки, которые находятся в пределах от 4 до 9 %, то получается, что для уровня 9 % на ЭКТ уровень ошибок составляет 14 %, а уже на уровне 8 % и ниже – ошибок на ЭКТ не допущено.

Для экипажа № 2 на ЭКТ допущены ошибки по 13 % на тех ошибках, уровень которых на тренировках находились на среднем и максимальном уровне (см. рис. 7). Но при этом экипажу выданы рекомендации относительно их деятельности в корабле, относящиеся к пропуску, качеству и докладу. Отметим, что комиссия часто переводит ошибки экипажа на ЭКТ в разряд рекомендаций, поэтому мы в нашей работе их учитываем также, как и ошибки. По варианту распределения № 2 также наблюдается тенденция увеличения ошибок как на тренировках, так и на ЭКТ, соответственно. За одним исключением в одном типе ошибок для экипажа № 1, когда на тренировках ошибок ненамеренного включения (б1) допущено всего 3 %, однако на ЭКТ – 14 %.

Для обнаружения статистической зависимости между полученными эмпирическими данными (ошибками на тренировках и суммарно с ошибками и рекомендациями на ЭКТ) были подсчитаны коэффициенты ранговой корреляции Спирмена для двух вариантов распределения и, соответственно, для всех трех экипажей (таб.).

Результаты расчета коэффициентов корреляции

Экипаж, №	1	2	3
Коэффициент корреляции для варианта № 1	0,971	0,9	0,857
Коэффициент корреляции для варианта № 2	0,72	0,877	0,683

По варианту распределения № 1 для экипажей № 1 и 2 коэффициент корреляции по шкале Чеддока больше или равно 0,9, что соответствует тому, что между переменными весьма сильная прямо пропорциональная связь. Для экипажа № 3 коэффициент корреляции более 0,7, что также соответствует прямо пропорциональной сильной связи между переменными.

По варианту распределения № 2 для экипажей № 1 и 2 по шкале Чеддока данные находятся в пределах 0,7–0,9, соответственно, между переменными существует прямо пропорциональная сильная связь. Для экипажа № 3 коэффициент корреляции по шкале Чеддока находится в пределах 0,5–0,7, соответственно, между переменными существует прямо пропорциональная заметная связь.

Данные результаты были проверены на значимость. Для проверки гипотезы о значимости коэффициента корреляции выдвигали нулевые и альтернативные гипотезы.

Нулевая гипотеза (H_0) – нет достоверной весьма сильной (заметной) связи между переменными.

Альтернативная гипотеза (H_1) – противоположная – между переменными есть достоверная весьма сильная (заметная) связь.

Для проверки H_0 воспользовались критическими значениями коэффициента корреляций рангов Спирмена.

Для варианта № 1: при уровне значимости $\alpha = 0,05$, коэффициент ранговой корреляции Спирмена для всех трех экипажей больше критического значения $r_{i \text{ критич}} = 0,829$ [9].

Соответственно, принимается альтернативная гипотеза, о том, что между переменными есть значимая достоверная связь и эта связь для экипажей № 1 и 2 весьма сильная и прямо пропорциональная, а для экипажа № 3 – сильная и также прямо пропорциональная.

Для варианта № 2: при уровне значимости $\alpha = 0,05$, коэффициент ранговой корреляции Спирмена для всех трех экипажей больше критического значения $r_{i \text{ критич}} = 0,6$ [9].

Соответственно, принимается альтернативная гипотеза, о том, что между переменными есть значимая достоверная связь и эта связь для экипажей № 1 и 2 сильная и прямо пропорциональная, а для экипажа № 3 – заметная и также прямо пропорциональная.

Сравнение результатов распределения № 2

Как видно из рисунков 6, 8, 10, основную часть ошибок пропуска составляют ошибки ненамеренного пропуска (a1) 27–39 %, тогда как доля намеренных пропусков (a2) составляет лишь 4–8 %, то есть в основном пропуски допускались случайно, предположительно, по невнимательности или забывчивости (ненамеренно). Тут причины могут быть отнесены как к самим космонавтам (невнимательность, плохая мотивация), так и к недостаткам систем отображения информации или процедур БД.

В работе [10] относительно непреднамеренных пропусков отмечается, что хоть эту группу ошибок и принято объяснять недостаточным вниманием, но фактически непреднамеренное невосприятие важной для деятельности информации может иметь разные причины. К ним относятся такие причины, как физические условия (маскировка сигнала), не устраняемая биологическая закономерность (отвлечение, вызванное доминантными раздражителями), психофизиологические (ошибки, вызванные пороговыми значениями раздражителей), информационно-психологические (превышения существующей пропускной способности приема информации) и, наконец, индивидуальные психологические особенности. Высокая

частота непреднамеренных пропусков может свидетельствовать о том, что дополнительные меры по предупреждению ошибочных действий малоэффективны, если требуют восприятия дополнительных раздражителей, не связанных с выполнением основной деятельности. Подключение все большего количества раздражителей может только увеличить вероятность пропуска. Поэтому делается вывод, что без автоматизированной обработки информации в этом случае не обойтись.

Что касается ошибок намеренного пропуска (а2), то их причинами могут являться затруднения в принятии решения, обусловленные недостатком информации и знаний. Но скорее всего, причинами такого типа ошибок является, то, что космонавты могут посчитать какое-то действие неважным или незначительным (пренебрежение к мелочам).

Для ошибок включения – обратная ситуация. Основная их часть состоит из ошибок намеренного включения (б1) – 13–20 %, а доля ненамеренных включений (б2) – 2–4 %, то есть основная доля ошибок допущена по заблуждению, необдуманности, неверному принятию решений (намеренно), а доля случайных (ненамеренных) выдач команд мала. Здесь также возможные причины заключаются в недостатке адекватной информации или знаний по какой-либо бортовой системе, и как следствие – неверно принятое решение.

Если принимать во внимание психологию оператора, то ошибки типа намеренного пропуска (а2) предположительно должны быть более характерны для людей, не способных собраться и сосредоточиться в стрессовых ситуациях для принятия верного решения, а ошибки типа намеренного включения (б2), наоборот, из-за непомерно импульсивного, необдуманного стиля работы. Сразу отметим, что космонавтам свойственна больше вторая причина, а намеренные пропуски (а2), скорее всего, возникают из-за пренебрежения к мелочам, а не из-за неспособности принять решение.

В работе [11] указывается, что выработка и принятие решения определяется индивидуально-психологическими качествами оператора, проявляемыми в виде индивидуальных типов решений, при которых учитывается соотношение процессов построения и контроля выдвигаемых гипотез. Наиболее эффективными при наличии соответствующих знаний оказываются операторы, склонные к принятию решений с риском, но обладающие осмотрительностью.

В работе [12] утверждается, что для уменьшения вероятности совершения ошибок необходимо, во-первых, у космонавтов выработать навык невербального (образного) мышления, а во-вторых, необходимо усовершенствовать интерфейс «человек – машина» и создать систему поддержки деятельности экипажа.

Что касается ошибок своевременности, то ошибки, допущенные из-за преждевременности (д1), составляют 1–4 % от общего числа ошибок, а ошибки, допущенные из-за опоздания (д2) – 6–12 %. На ЭКТ экипажи

№ 2, 3 также допускали ошибки по типу (д2). Первопричинами опоздания, скорее всего, являются те же причины, что и ошибки ненамеренных пропусков (а1) (забыли, потом вспомнили и выдали команду). Но бывают ситуации, связанные с неоптимальным взаимодействием в экипаже, когда один думает, что команду выдаст другой, а другой думает наоборот или просто оказался не готов. Например, когда командир корабля (КК) и бортиженер (БИ) отвлекаются на один и тот же раздражающий фактор и пропускают какую-нибудь важную команду (например, команду на открытие крюков корабля на расстыковке). Еще один пример: когда из-за НшС не проходит главная команда на выключение двигателя, КК дает указание отключить двигатель с пульта вручную, но БИ не был готов, и пока БИ среагировал, получили переработку тормозного импульса и вход в атмосферу раньше расчетного времени (недолетный промах).

Что касается ошибок выполнения (качества), тут причинами являются спешка и пренебрежение к мелочам, а также недостаточное взаимодействие в экипаже. Следует отметить, что в экипаже основная нагрузка приходится на КК и очень важно КК уметь грамотно распределять обязанности. В свою очередь БИ должен быть в курсе происходящего на корабле, выполнять указания КК, а также контролировать его действия.

Наличие корреляции между ошибками, допущенными в процессе подготовки и на ЭКТ, не следует трактовать как упущение (недоработку) инструктора экипажа в процессе подготовки. Поскольку конкретная ошибка, допущенная экипажем, потом на разборе детально анализируется то, как правило, в дальнейшем не повторяется. Скорее здесь корреляцию можно трактовать как склонность экипажа к допущению в той или иной мере определенных типов ошибок. Возможно, такая картина распределения с преобладанием ошибок пропуска характерна даже не конкретному экипажу, а в целом для любой операторской деятельности, особенно при возникновении аварийных ситуаций.

В работе [4] касательно анализа действий оперативного персонала АЭС приведены результаты несколько отличной, чем в настоящей работе классификации, но также состоящей из шести типов ошибок, в которой также присутствуют ошибки пропуска (ошибки обнаружения и невыполнения), на которые приходится 28 % от всех допущенных ошибок. В работе [3] приводятся результаты экспериментальных исследований действий оперативного персонала АЭС в аварийных ситуациях. Допущенные в ходе эксперимента ошибки разделены на четыре класса. В ходе детализации ошибок исполнения процедуры установлено, что 25 % от всех совершенных ошибок приходится на ошибки пропуска. Таким образом, обобщая с результатами других авторов, получается, что у экипажей ТПК на долю ошибок пропуска приходится 32–47 %, а у оперативного персонала АЭС – 25–28 %, то есть в операторской деятельности если не половина, то четверть допускаемых ошибок приходится на пропуски. Также из работы [4] следует, что на долю ошибок

своевременности у персонала АЭС приходится 11 %, а для экипажей ТПК – 8–16 %. Обращая внимание на высокий процент ошибок пропуска у экипажей ТПК, необходимо учитывать, что зачастую из-за возникших на борту НшС экипажу приходится действовать, исходя из приоритета: что-то выполнять в первую очередь, а что-то оставлять «на потом», и в таких ситуациях вероятность совершения ошибок пропуска многократно возрастает.

Факт наличия корреляции между ошибками, допущенными в процессе текущей подготовки и на ЭКТ, дает основание предположить, что полученные результаты можно отнести и к космическому полету, как близкому к аналогу ЭКТ. Поэтому инструктор экипажа в дальнейшем, работая главным оператором в составе главной оперативной группы управления (ГОГУ) в ЦУП-М или на космодроме, может учесть наличие «человеческого фактора» и использовать имеющуюся картину распределения ошибок экипажа в своей работе с целью минимизировать риск их допущения в космическом полете. Инструктор, зная особенности экипажа, должен работать с ним «на упреждение», прогнозируя и предотвращая риск возможных ошибок, а также перепроверяя действия экипажа.

Применительно к проблематике установления причин ошибок операторов особого внимания заслуживают данные, приведенные в работе [13] профессором МГТУ имени Н.Э. Баумана, главным научным сотрудником ВНИИТЭ В.Д. Магазанником.

Так, в рамках расследований техногенных аварий, когда после длительного и тщательного расследования не удастся указать на конкретную техническую неисправность (возможно, иногда и целенаправленно), экспертам ничего не остается, как предположить ошибку в действиях операторов. В редких случаях удастся конкретно установить, какую именно ошибку совершили операторы, а в основном возможны и несколько вариантов ошибок. Автор указывает, какие данные надо анализировать после установления ошибки (ошибок). Во-первых, допускалась ли такая ошибка во время подготовки на тренажерах во время обучения. Во-вторых, как часто такая ошибка вообще допускалась, в том числе и другими операторами. При этом отмечается, что не обязательно привязываться жестко к конкретному типу технической системы. Достаточно выделить типовой отрезок деятельности в определенных условиях в разных системах. Для проведения данного анализа необходимо ведение регистрации и хранения информации в базе данных как по каждому оператору, так и по различным группам операторов. Создание подобного рода баз данных даст возможность проводить детальный анализ различных типов ошибок, проявляющихся в соответствующих условиях деятельности у определенных типов людей при определенных уровнях их подготовки.

Автором отмечается, что после установления ошибок операторов, необходимо интенсифицировать тренировки соответствующих действий в определенных ситуациях, а не искать сразу же недостатки в средствах индикации

и управления. Речь может идти о несовершенстве конструкции средств индикации и управления только в случаях, если такого рода ошибки допускаются разными операторами систематически. В других случаях это можно отнести только к вопросам обучения и тренированности. Использование баз данных позволит понять, где стоит усилить тренировки обучающихся операторов, имеющих определенный уровень подготовки, в соответствующих условиях, на определенных тренажерах, а в случае выявления систематических ошибок, выработать эргономические предложения по совершенствованию характеристик средств индикации и управления.

Применительно к космическим тренажерам такой анализ проводится и обеспечивается использованием информации от специальных систем обработки и регистрации аудио- и видеоинформации (СОРАВИ), включаемых в состав тренажеров. Система предназначена для обработки, регистрации, хранения и воспроизведения в реальном масштабе времени сигналов на тренажере в процессе проведения тренировок экипажей и практических занятий космонавтов. Она способна осуществлять:

- прием, обработку и регистрацию сигналов видеоизображений с формирователей изображений, форматов пультов инструктора, бортовых видео- и аудиосигналов переговоров экипажа и инструктора;
- прием, обработку и регистрацию информации от вычислительного комплекса о выданных бортовых командах и инициированных на тренажере нештатных ситуациях;
- экспорт записанных сигналов в файл для последующего воспроизведения и анализа;
- воспроизведение записанных сигналов.

Актуализируется необходимость создания расширенной (с учетом классификация ошибок по характеру их проявления) базы данных ошибочных действий операторов, а также соответствующей базы знаний, использование которых позволило бы в последующем корректировать объемы и виды тренировок, учитывать риски допущения ошибок в космическом полете, а также разрабатывать предложения по совершенствованию эргономических характеристик системы «экипаж – ТПК – среда».

Необходимо отметить, что ошибки зависят от физиологического состояния космонавтов. Так, в работе [7] приводится существенная зависимость характера ошибок от состояния его центральной нервной системы. А в работе [14], в результате проведенных экспериментальных исследований условных экипажей ТПК «Союз МС» показано, что системами организма космонавта, как оператора системы «человек – машина», подвергающимися максимальной нагрузке, являются: центральная нервная система, вегетативная нервная система, органы чувств (зрение).

Отметим также наличие определенных трудностей и элементов субъективизма при распределении ошибок по типам. С одной стороны, дробление ошибок на разные типы облегчает дальнейший анализ возникшей ошибки,

а с другой стороны, растет вероятность ложного определения ее причины. Если же, наоборот, объединить разные типы ошибок в одну общую, например ошибки последовательности и времени отнести к ошибке качества, тогда вероятность ложного определения ее причины уменьшается, но в этом случае затрудняется дальнейший анализ.

Также надо отметить наличие эффекта перетекания (перехода) одного типа ошибок в другой по мере развития Ншс, например ошибки пропуска в ошибку своевременности, а затем в ошибку качества.

Целесообразно продолжить исследования по рассматриваемой проблематике в части увеличения объема экспериментальных данных, детализации анализа встречающихся и повторяющихся типов ошибок у членов экипажей и причин их возникновения, проявляющихся в соответствующих условиях деятельности с учетом текущего уровня подготовленности космонавтов и психофизиологических особенностей.

Более глубокий анализ причин возникновения ошибок экипажей ПКА позволит минимизировать вероятность отклонений в процессе выполнения ЭКТ, и впоследствии, и в космическом полете.

Выводы

1. На основе данных, полученных по результатам тренировок трех экипажей, прошедших комплексную подготовку по ТПК «Союз МС», а также ЭКТ в рамках подготовки полета на МКС с целью анализа причин допущения ошибок космонавтами впервые применена их детальная классификация по характеру проявления. При этом для анализа выделены следующие типы ошибок:

- пропуск (ненамеренные, намеренные);
- включение (ненамеренные, намеренные);
- следование;
- выполнение (качества);
- своевременность (преждевременные, с опозданием);
- передача информации.

По относительному количеству ошибки можно условно разделить на три уровня. У всех трех экипажей больше всего допущено ошибок пропуска – 32–47 %. Примерно на среднем уровне идут ошибки включения и качества – 17–22 %. Меньше всего ошибок следования и передачи информации – 4–8 %. Ошибки своевременности встречаются и на среднем и на минимальном уровне.

2. На основе расчета коэффициентов ранговой корреляции Спирмена выявлено наличие статистической связи между количеством ошибок определенного типа на тренировках и ошибок на ЭКТ. Это позволяет предположить возможность «переноса» характера допускаемых экипажем ошибочных действий на реальный космический полет.

По варианту распределения № 1 для экипажей № 1, 2, 3 выявлено наличие достоверной прямо пропорциональной сильной связи между переменными.

По варианту распределения № 1 для экипажей № 1 и 3 выявлено наличие достоверной прямо пропорциональной заметной связи, а для экипажа № 2 достоверной прямо пропорциональной сильной связи между переменными.

По результатам распределения варианта № 2 для всех трех экипажей характерно преобладание ошибок непреднамеренных пропусков и ошибок намеренных включений.

3. В настоящее время наличие корреляции между ошибками, допущенными при подготовке, и ошибками, допущенными на ЭКТ, можно трактовать неоднозначно:

– как склонность экипажа совершать в той или иной мере определенные типы ошибок;

– как неизбежное проявление «человеческого фактора» в любой операторской деятельности, причем с преобладанием определенных типов ошибок, например ошибок пропуска.

И в том и в другом случае представляется необходимым использовать имеющуюся картину распределения ошибок экипажа в своей работе с целью минимизировать риск их допущения в космическом полете. При этом инструктор, зная особенности экипажа, должен работать «на упреждение», прогнозируя и предотвращая потенциальные риски возможных ошибок, а также перепроверяя действия экипажа в космическом полете.

При этом надо учитывать, что инструктор не сможет всегда контролировать действия экипажа, так как не всегда есть связь с экипажем или связь неудовлетворительная, идет с некоторым запаздыванием, поэтому необходимо создание системы поддержки деятельности экипажа.

4. С целью получения более достоверных результатов целесообразно продолжить исследования по рассматриваемой проблематике в части увеличения объема получаемых экспериментальных данных по ошибочной деятельности экипажей ПКА, детализации анализа встречающихся и повторяющихся типов ошибок и причин их возникновения, проявляющихся в соответствующих условиях деятельности с учетом текущего уровня подготовленности космонавтов и их психофизиологических особенностей.

5. Необходимо создание базы данных допускаемых ошибочных действий операторов (с учетом классификации ошибок по характеру их проявления) и соответствующей базы знаний, на основании которых можно корректировать объемы и виды тренировок космонавтов на тренажерах, учитывать риски допущения ошибок в космическом полете, а также разрабатывать предложения по совершенствованию эргономических характеристик системы «экипаж – ТПК – среда».

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин, А.Н. Вопросы эргономики в ядерной энергетике / А.Н. Анохин, В.А. Острейковский. – Москва: Энергоатомиздат, 2000. – 346 с. – ISBN 5-283-03638-3.
2. Изучение влияния стресса на вероятность совершения ошибок персоналом АЭС в рамках анализа надежности персонала / А.А. Сынгаевская, М.А. Берберова, А.А. Деревянкин, Р.Т. Исламов // СРТ1617: труды Международной научной конференции. – Москва: Из-во ИФТИ, 2017. – С. 339–342.
3. Плешакова, Н.В. Анализ ошибок, допускаемых операторами БЩУ АЭС при использовании эксплуатационных процедур / Н.В. Плешакова, А.Н. Анохин // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2012. – № 4. – С. 45–57.
4. Анохин, А.Н. Системный анализ эргономического обеспечения проектирования и эксплуатации атомных станций: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.13.01 / Обн. ин-т атом. энергетики. – Обнинск, 2001. – 36 с.
5. Безопасность полетов летательных аппаратов / А.И. Стариков [и др.]. – Москва: Транспорт, 1988. – 160 с.
6. Пономаренко, В.А. Психология поведения летчика в аварийной ситуации. Проблема формирования психофизиологической готовности / В.А. Пономаренко, Н.Д. Завалова. – Москва: б. и., 1975. – 24 с.
7. Крохин, З.Т. Инженерно-организационные основы обеспечения безопасности полетов в гражданской авиации / З.Т. Крохин, Ф.И. Скрипник, В.З. Шестаков. – Москва: Транспорт, 1987. – 176 с.
8. Венда, В.Ф. Системы гибридного интеллекта: Эволюция, психология, информатика. – Москва: Машиностроение, 1990. – 448 с.
9. Биомедицинская статистика: информационные технологии анализа данных в медицине и фармации: учебное пособие / Н.Н. Зубов, В.И. Кувакин, С.З. Умаров; под общ. ред. Н.Н. Зубова. – Москва: Русайнс, 2024. – 466 с.
10. Хаккер, В. Психология труда и инженерная психология: Психологическая структура и регуляция различных видов трудовой деятельности / В. Хаккер; пер. с нем. В.К. Гайды, И.А. Гайды; под ред. В.Ф. Венды, А.А. Крылова. – Москва: Машиностроение, 1985. – 376 с.
11. Человеческий фактор. В 6 т. / под ред. Г. Салвенди; пер. с англ. под общ. ред. [и с предисл.] В. П. Зинченко, В. М. Мунипова. – Москва: Мир, 1991. Т. 1: Эргономика – комплексная научно-техническая дисциплина. Т. 1 / [Ж. Кристенсен, Д. Мейстер, П. Фаули и др.]. – 1991. – 599 с.
12. Калери, А.Ю. Антропоцентрический подход к процессу принятия автономных управляющих решений экипажем пилотируемого космического корабля / А.Ю. Калери, М.В. Тюрин // Пилотируемые полеты в космос. – 2013. – № 4(9). – С. 36–41.
13. Магазанник, В.Д. Анализ «Человеческого фактора» как причины техногенных аварий // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. – 2013. – № 2(65). – С. 10–13.
14. Дубинин, В.И. Имитационная модель стимулирования функциональных систем оператора СЧМ / В.И. Дубинин, В.В. Сазонов // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 3(48). – С. 35–48.

REFERENCES

1. Anokhin, A.N. Ergonomics issues in nuclear power engineering / A.N. Anokhin, V.A. Ostreikovskiy. – Moscow: Energoatomizdat, 2000. – 346 p. – ISBN 5-283-03638-3.
2. Study of the impact of stress on the probability of making errors by NPP personnel within the framework of personnel reliability analysis / A.A. Syngaevskaya, M.A. Berberova, A.A. Derevyankin, R.T. Islamov // SRT1617: Proceedings of the International Scientific Conference. – Moscow: IFTI Publ., 2017. – P. 339–342.
3. Pleshakova, N.V. Analysis of the Errors Committed by NPP MCR Operators during Implementation of Operating Procedures / N.V. Pleshakova, A.N. Anokhin // News of Universities. Nuclear power. – 2012. – No 4. – P. 45–57.
4. Anokhin, A.N. Systems analysis of ergonomic support for the design and operation of nuclear power plants: Diss. ... Doctor of Technical Sciences: 05.13.01 / Obn. in-t atom. energy companies. – Obninsk, 2001. – 36 p.
5. Flight safety of aircraft / A.I. Starikov [et al.]. – Moscow: Transport, 1988. – 160 p.
6. Ponomarenko, V.A. Psychology of pilot behavior in an emergency situation. The problem of forming psychophysiological readiness / V.A. Ponomarenko, N.D. Zavalova. – Moscow: Air Force, 1975. – 24 p.
7. Krokhin, Z.T. Engineering and organizational foundations for ensuring flight safety in civil aviation / Z.T. Krokhin, F.I. Skripnik, V.Z. Shestakov. – Moscow: Transport, 1987. – 176 p.
8. Venda, V.F. Systems of hybrid intelligence: evolution, psychology, informatics. – Moscow: Mechanical engineering, 1990. – 448 p.
9. Biomedical statistics: information technologies for data analysis in medicine and pharmacy: a tutorial / N.N. Zubov, V.I. Kuvakin, S.Z. Umarov; edited by N.N. Zubov. – Moscow: RUSAINS, 2024. – 466 p.
10. Hacker, V. Psychology of labor and engineering psychology: Psychological structure and regulation of various types of labor activity / Translated from German by V.K. Gaida, I.A. Gaida; under the ed. of V.F. Venda, A.A. Krylov. – Moscow: Mashinostroenie, 1985. – 376 p.
11. The human factor. In 6 volumes / edited by G. Salvendi; translated from English under the general editorship [and with a preface] V.P. Zinchenko, V.M. Munipova. – Moscow: Mir, 1991. Vol. 1: Ergonomics – a comprehensive scientific and technical discipline. Vol. 1 / [Zh. Christensen, D. Meister, P. Foley and others]. – 1991. – 599 p.
12. Kaleri, A.Yu. Anthropocentric Approach to the Process of Making Autonomous Control Decisions by a Spacecraft Crew / A.Yu. Kaleri, M.V. Tyurin // Manned Spaceflight. – 2013. – No 4(9). – P. 36–41.
13. Magazannik, V.D. Analysis of the “Human Factor” as a cause of man-made accidents // The human factor: problems of psychology and ergonomics. – 2013. – No 2(65). – P. 10–13.
14. Dubinin, V.I. Simulation Model for Stimulating the Functional Systems of a Human – Machine System Operator / V.I. Dubinin, V.V. Sazonov // Manned Spaceflight. – 2023. – No 3(48). – P. 35–48.