

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ И ОБУЧАЮЩИХСЯ ЭКИПАЖЕЙ НА АВИАЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРАХ

Виктор Феофанов, Александр Медведев

*Институт транспорта и связи
ул. Ломоносова, 1, Рига, LV-1019, Латвия
Тел. +(371)-7100680. Факс: +(371)-7100660. E-mail: man@tsi.lv*

В данной работе представлены результаты статистического анализа массивов значений времени действий с системами самолета линейных экипажей и экипажей, проходящих переподготовку на тренажерах. Сравнительный анализ времен действий экипажей с системами подтвердил предположение о том, что разработанные нормативы оценивания деятельности экипажей можно использовать не только при первоначальном обучении, но и при плановых тренировках линейных экипажей.

Ключевые слова: *статистический анализ, обучение на тренажере, оценка действий экипажа*

Подавляющее большинство современных транспортных средств (ТС) представляют собой сложное, с технической точки зрения, комплексное многофункциональное устройство, в котором имеется множество взаимосвязанных систем и агрегатов. В результате совершенствования техники повышаются безопасность и функциональные возможности транспортных систем, а также расширяется диапазон функционирования ТС в сторону менее благоприятных метеорологических и иных производственных условий. Вместе с тем, несмотря на повышение безопасности ТС в целом, полностью исключить аварийные и катастрофические ситуации не представляется возможным. При этом, как показывает практика, “слабым” звеном в системе “человек-машина” является человек. В 70 % случаев происшествий на транспорте их причиной являются ошибки или физическое состояние человека [1]. Однако исключить человека полностью из системы “человек-машина” в большинстве случаев невозможно, так как в рамках этих систем на его долю приходится решение таких задач, с которыми машина может не справиться. Таким образом, общая надежность функционирования системы “человек-машина” определяются надежностью как самой технической системы, так и надежностью человека-оператора. Повышения надежности человека-оператора, а также коллектива операторов, участвующих во взаимосвязанном управлении ТС, можно добиться комплексом мер.

Во-первых, проведением тщательного профессионального отбора. Например, использование сложнейшей авиационной техники и современных средств обеспечения полетов требует от всех авиационных специалистов не только глубоких знаний, совершенных навыков и умений, но и высоких психофизиологических качеств таких, как психическая устойчивость, выдержка, аналитическое мышление, способность к принятию волевых решений и др.

Во-вторых, необходима всесторонняя подготовка операторов, так как усложнение техники повлекло за собой повышение требования к подготовке операторов: летчиков, водителей, диспетчеров и т.п. Исследования показали [2], что наличие в контуре управления оператора, способного распознавать отказы техники и предупреждать их развитие, позволяет резко повысить надежность системы “человек-машина” и снизить требования к надежности технических устройств за счет повышения степени обученности и тренированности оператора. В процессе подготовки необходимо не только первоначальное обучение, заключающееся в изучении техники, получении навыков управления ТС и системами в простых и сложных ситуациях, но и постоянном совершенствовании и закреплении полученных навыков. Наиболее целесообразно для подготовки операторов использовать комплексные тренажеры ТС, что подтверждается положительным опытом применения комплексных авиационных тренажеров для летной подготовки экипажей воздушных судов. В настоящее время наблюдается тенденция к увеличению удельного веса тренажерной подготовки. Это во многом связано с тем, что на комплексных тренажерах имеется возможность моделирования отказов систем, а при тренировках на реальных ТС это не всегда представляется возможным по условиям безопасности. К тому же современные тренажеры позволяют применять системы объективного

контроля и оценивания деятельности оператора, сводящие к минимуму субъективную оценку инструктора тренажера. Решение некоторых проблем, связанных с разработкой систем объективного контроля и оценивания, рассмотрим на примере использования для подготовки экипажей комплексного авиационного тренажера.

Экипажам воздушных судов при выполнении полетов приходится сталкиваться с различными полетными ситуациями, сложность которых может существенно меняться от полета к полету и в течение одного полета. При этом способность экипажа предупреждать неблагоприятные события в полете характеризуются его функциональной эффективностью.

Количественное оценивание функциональной эффективности экипажа производится через показатели его летной работы: технику пилотирования, технологию работы с системами и технологию принятия решений. При этом количественная оценка строится путем нормирования допущенных экипажем отклонений значений рассматриваемого параметра от регламентированной величины. При оценивании деятельности экипажа в полете в качестве отклонений будут выступать несоответствия между нормированными и текущими значениями параметров полета, несоответствия в порядке и времени действий с системами, отклонения в ведении внутреннего и внешнего радиообмена. В этом случае количественная оценка функциональной эффективности будет констатировать оценку деятельности экипажа.

Определение нормативов оценки деятельности экипажа во многих случаях затруднено, так как для большей достоверности нормативов необходимо либо проводить летные испытания для каждой полетной ситуации, либо строить математическую модель полетной ситуации, учитывающую взаимное влияние различных полетных факторов и возможных действий экипажа. Проведение летных испытаний для многих полетных ситуаций невозможно по условиям безопасности. Математических моделей в большинстве случаев просто нет из-за сложности учета взаимодействия всех возможных полетных факторов. В упрощенных математических моделях могут быть проанализированы лишь частные вопросы влияния отдельных факторов. Влияние их, к тому же, может существенно видоизменяться количественно и качественно при совместном воздействии. В этих случаях наиболее предпочтительными методами для определения нормативов оценки деятельности экипажа являются вероятностные методы, с помощью которых возможно прогнозирование неблагоприятных последствий в случаях неправильных и несвоевременных действий экипажа. Применение статистических методов возможно при наличии достаточно больших массивов однородных данных. Однако получение “статистически” достаточного объема данных о действиях экипажа при отказах системам воздушного судна в реальных полетах затруднено из-за сравнительно малого количества таких отказов. В этих случаях получить информацию можно на тренажерах, оборудованных системой контроля и оценивания деятельности экипажей. Так как в центрах подготовки летного состава на тренажерах производятся плановые тренировки линейных экипажей и обучение новых экипажей, то возникает вопрос об однородности получаемой информации. Можно ли использовать для статистической обработки объединенный массив данных о действиях с системами воздушного судна обучающихся и линейных экипажей? Возможна ли разработка единых нормативов оценивания деятельности этих групп экипажей? Ответы на поставленные вопросы были получены в результате статистической проверки однородности выборочных данных о деятельности обучающихся и линейных экипажей.

Исходные статистические данные получены в центре обучения пилотов на комплексном тренажере трехдвигательного самолета типа Ту-154Б2, оборудованном системой объективного контроля режимов и параметров полета. Информация о результатах “учебного” полета каждого экипажа была обработана с использованием специальных программ контроля и оценивания деятельности членов экипажа. Результаты обработки в виде протоколов полетов были записаны в отдельные файлы. В результате был сформирован архив из 1730 протоколов полетов более чем 300 различных экипажей, проходивших переучивание, а также производивших плановые тренировки на тренажере. В соответствии с требованиями обеспечения репрезентативности выборочных данных отбор экипажей производился случайным образом из нескольких учебных групп на протяжении почти года. При отборе обеспечивалось представительство в выборке экипажей авиакомпаний нескольких стран, разных возрастных групп и с различным налетом на данном типе самолета. Для выполнения условия однородности выборки в отобранную группу вошли экипажи, уже прошедшие первоначальное переучивание на данный тип самолета и имеющие налет на тренажере, достаточный для отработки особых ситуаций в полете. Затем

производилась вторичная обработка протоколов полетов с целью получения массивов данных об отдельных действиях экипажа с различными системами самолета в нормальных ситуациях и в полетах с отказами систем. По каждому дискретному действию экипажей создавались две независимые выборки:

- в первой выборке содержались данные деятельности экипажей, проходящих переучивание на данный тип самолета;
- во второй выборке содержались данные деятельности линейных экипажей, проходивших плановые тренировки.

Создание двух выборок по каждому действию экипажа необходимо для проверки однородности данных обеих выборок и проверки предположения о том, что полученные нормативы оценивания деятельности экипажей можно использовать не только при первоначальном обучении, но и при плановых тренировках линейных экипажей. Предположение о том, что обе выборки принадлежат одной генеральной совокупности, основывается на том факте, что при первоначальном обучении экипажи предварительно приобретают навыки работы с системами самолетов на соответствующих процедурных тренажерах. На комплексных тренажерах отрабатывается взаимодействие экипажа в полете в штатной или нештатной (отказы различных систем) ситуации, а также производится закрепление полученных навыков. В свою очередь, линейные экипажи в реальных полетах крайне редко встречаются с отказами систем, поэтому приобретение устойчивых навыков работы с системами в условиях отказов и их закрепление также производится только при плановых тренировках на тренажерах. Таким образом, цели и задачи, стоящие перед экипажами в обоих случаях одинаковы, и экипажи фактически находятся в равных условиях.

Выборочные данные, представляющие собой значения отклонения параметров полета и времена действий экипажа с системами самолета, являются непрерывными величинами. Законы распределения этих величин априори не известны. Для проверки однородности таких независимых выборок можно использовать критерий однородности Вилкоксона (Wilcoxon), основанный на порядковых статистиках. Применительно к проверке гипотезы однородности выборок в критерии Вилкоксона используются не сами значения наблюдаемых величин, а сумма рангов значений одной из выборок в общем вариационном ряду. Кроме этого, для каждой пары выборок определялся закон и параметры распределения, а затем производилось сравнение параметров законов распределения.

Анализ данных производился с использованием пакета статистической обработки данных "STATISTICA 6". Проверка производилась по парным выборкам для каждого дискретного действия экипажа с системами самолета. Результаты статистической обработки выборок показали, что данные по временам действий экипажа с системами самолета принадлежат одной генеральной совокупности. Практически в каждом случае обе выборки подчиняются одному и тому же закону распределения с приблизительно одинаковыми параметрами распределения. Ниже приведены результаты проверки однородности выборок по критерию Вилкоксона и параметрам законов распределения на примере двух выборок значений времен перевода "Рычага останова двигателя" в положение "Стоп" после ввода отказа "Пожар мотогондолы" для обучающихся (Obuc) и линейных (Linein) экипажей.

Таблица 1. Таблица времен перевода РОД на Стоп обучающихся экипажей

3,5	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,5	5,5	5,5	6,0
6,0	6,0	6,5	6,5	6,5	7,0	7,0	7,0	7,5	7,5	8,5	9,0	9	

Таблица 2. Таблица значений статистических параметров выборки обучающихся экипажей

	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
Obuc	27	5,981481	6,000000	3,500000	9,000000	1,496672	0,456704	-0,410888

Таблица 3. Таблица времен перевода РОД на Стоп линейных экипажей

3,0	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,5	5,5	5,5	5,5	6,0
6,0	6,0	6,0	6,5	6,5	7,0	7,0	7,0	7,5	7,5	8,5	10,0	10,5	

Таблица 4. Таблица значений статистических параметров выборки линейных экипажей

	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
Linein	27	6,037037	6,000000	3,000000	10,50000	1,753710	0,851896	0,942714

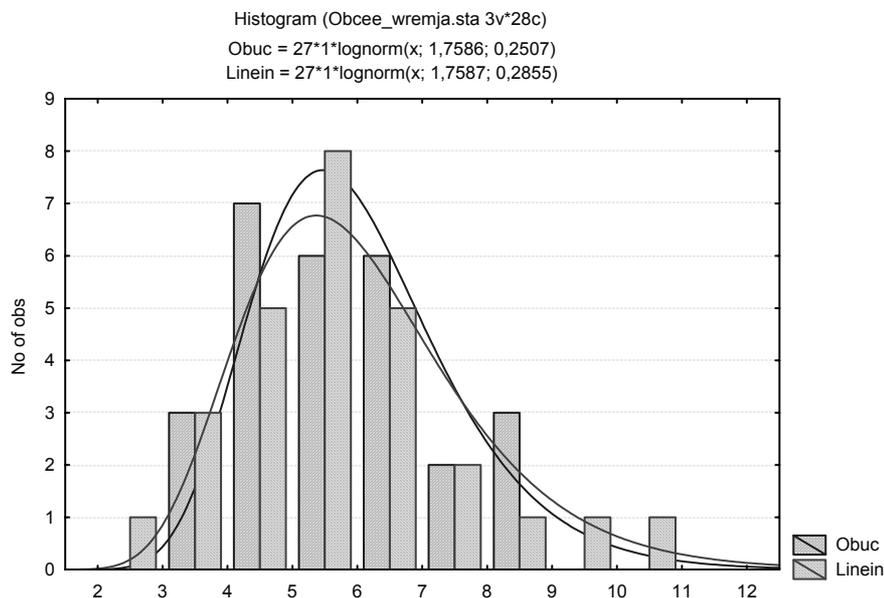


Рис. 1. Графики гистограмм и плотности распределений обучающихся и линейных экипажей

Таблица 5. Wilcoxon Matched Pairs Test (Obcee_wremja.sta)
 Marked tests are significant at $p < 0,05000$

Pair of Variables	Valid	T	Z	p-level
Obuc & Linein	27	7,500000	0,628971	0,529369

Как видно из примера, гипотеза о однородности двух выборок принимается на уровне значимости $P = 0,05$. Это же подтверждают значения параметров распределения и гистограммы выборок.

Сравнительный анализ времен остальных действий экипажей с системами подтвердил предположение о том, что разработанные нормативы оценивания деятельности экипажей можно использовать не только при первоначальном обучении, но и при плановых тренировках линейных экипажей.

Литература

[1] *Руководство по предотвращению авиационных происшествий.* Монреаль. ICAO. 1984. 1–138.
 [2] Прокофьев А.И. *Надежность и безопасность полетов.* Москва: Машиностроение, 1985. 1–185.