



GLOBAL JOURNAL OF RESEARCHES IN ENGINEERING: J  
GENERAL ENGINEERING  
Volume 19 Issue 6 Version 1.0 Year 2019  
Type: Double Blind Peer Reviewed International Research Journal  
Publisher: Global Journals  
Online ISSN: 2249-4596 & Print ISSN: 0975-5861

## The Method of Accounting for the Personality Factor of the Operator in the Ergatic System

By Valeri I. Z olotych

*Abstract-* The article analyzes the phenomenon of the "human factor". As a result of the analysis, one of the tasks defined in the interests of solving the problem of managing the "human factor" is determined-the need to assess the impact of the "personality factor" of the operator participating in the management of the ergatic system on the safety of this system. In order to solve this problem, a method of formalizing the personality factor in an ergatic system is being developed.

*Keywords:* human factor; personality factor; ergatic system; human operator; special situation.

*GJRE-J Classification:* FOR Code: 091599



*Strictly as per the compliance and regulations of:*



© 2019. Valeri I. Z olotych. This is a research/review paper, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 3.0 Unported License <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>, permitting all non commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

# The Method of Accounting for the Personality Factor of the Operator in the Ergatic System

## Метод Учета Личностного Фактора Оператора В Эргатической Системе

Valeri I. Zolotykh

Золотых Валерий Иванович

**Abstract-** The article analyzes the phenomenon of the "human factor". As a result of the analysis, one of the tasks defined in the interests of solving the problem of managing the "human factor" is determined - the need to assess the impact of the "personality factor" of the operator participating in the management of the ergatic system on the safety of this system. In order to solve this problem, a method of formalizing the personality factor in an ergatic system is being developed.

**Keywords:** human factor; personality factor; ergatic system; human operator; special situation.

**Аннотация-** В статье проводится анализ феномена «человеческий фактор». В результате проведенного анализа определяется одна из задач, поставленная в интересах решения проблемы управления «человеческим фактором» - необходимость оценки влияния «личностного фактора» оператора, участвующего в управлении эргатической системой, на безопасность этой системы. С целью решения поставленной задачи разрабатывается метод формализации личностного фактора в эргатической системе.

**ключевые слова:** человеческий фактор; личностный фактор; эргатическая система; человек-оператор; особая ситуация.

### Метод формализации личностного фактора в эргатической системе

Системы, связанные с деятельностью человека, называются искусственными. В данном случае нас интересует система, которую человек создает в самом процессе труда для получения общественно-необходимого продукта. Такая система называется *эргатической системой* (от греч. "эргон" - работа) [1-4]. В зависимости от характера продукта труда они могут быть производственными, информационными, транспортными и т.п.

Термин «эргатическая система» впервые был принят в 1960 г. на первом конгрессе Международной федерации по автоматическому управлению с целью обозначения систем, включающих человека, который функционирует в совокупности с комплексом технических средств. Позднее содержание данного

понятия расширилось. Эргатическая система (далее ЭС) - это любая система, работающая с участием человека.

Одним из видов технической ЭС является система «человек-машина». Особенности системы «человек-машина»:

1. Относится к классу сложных динамических систем, т.е. состоит из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов различной природы.
2. Характеризуются целеустремленностью. Человек как часть данной системы ставит цели, определяет задачи и выбирает средства их реализации. Поэтому система способна получать одинаковые результаты различными способами.
3. Обладает адаптивностью. Система изменяет режим функционирования в соответствии с новыми условиями.

Таким образом, особенности системы «человек-машина» определяются способностью человека к правильному решению задач по управлению техническим устройством.

Существует несколько оснований классификаций ЭС.

- В зависимости от числа действующих в них людей различают моноэргатические (один оператор) и полиэргатические (несколько человек) системы.
- В зависимости от соподчиненности операторов в системе выделяют ЭС первого, второго и более высоких порядков. Например, система второго порядка имеет два этажа управления, на первом из которых оператор работает с техническим устройством, а на втором – оператор кроме работы с техническим устройством осуществляет руководство действиями первого оператора.
- По типу взаимодействия человека и машины различают системы непрерывного взаимодействия (например, система «экипаж – воздушное судно») и системы эпизодического взаимодействия (например, система «человек-компьютер»).
- По функциональному критерию ЭС разделяют на детерминированные (действующие по жесткому алгоритму) и недетерминированные, в которых появление тех или иных событий, а следовательно, и осуществление деятельности оператора имеет вероятностный характер.

**Author:** Honored military pilot of Russia, candidate of military sciences, the assistant professor of the Air force Education and Research Center «The Zhukovsky and Gagarin air force academy».

e-mail: zolotykh-valeri@yandex.ru

Имеются и другие критерии классификации ЭС, их число и разнообразие постоянно растет, что затрудняет попытки создания единой классификации.

Представление о современной моноэргатической системе схематично показано на рисунке 1.

Результатом функционирования ЭС выступает эргатическая функция. Эргатическая функция – сложная функция управления, составной элемент которой – человек-оператор. Е.А. Климовым выделены

эргатические функции, которые являются основой для различных видов трудовой и профессиональной деятельности. Сама эргатическая функция определяется в [5] как «любое уменьшение неопределенности связи элементов внутри эргатической системы и ее связей с внешними обстоятельствами, рассматриваемыми с точки зрения тех целей, ради которых эта система создана, т.е. – это любая трудовая функция (функция эргатической системы)».

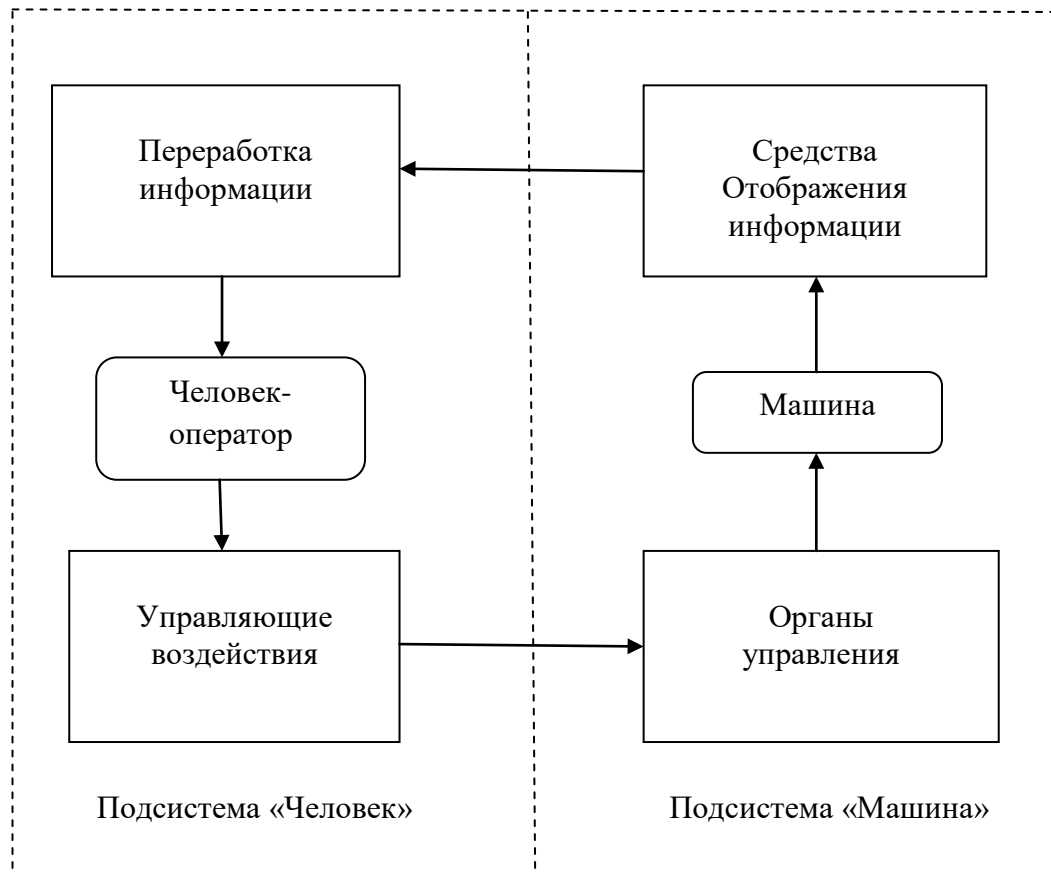


Рисунок 1: Схема моноэргатической системы

Одной из важнейших эргатических функций в [5] выделена защита ЭС от помех и разрушений. Ввиду того, современная ЭС – это человек-машинная система, при функционировании таких систем для реализации этой функции необходим учет человеческого фактора (далее ЧФ), то есть выделения аспектов, связанных с присутствием человека.

В данном случае необходимо рассматривать ЧФ в аспекте личностного фактора (далее ЛФ) человека-оператора. Под «личностным фактором» будем понимать набор физиологических и психологических возможностей и ограничений, присущих конкретному специалисту – индивидууму, представляющих собой потенциальную угрозу безаварийному функционированию ЭС.

В общем случае трагические события, причины которых обусловлены проявлениями ЛФ человека-

оператора в ЭС, развиваются, как правило, по одному из двух путей развития ситуации:

- ошибочное решение, ставшее следствием неполной или искаженной информации о состоянии ЭС или низкой квалификации, которое приводит к неверным поступкам, которые, в свою очередь, становятся причиной развития или углубления аварийной ситуации;
- несанкционированные действия, которые расцениваются как преступные, ведущие к аварии или катастрофе.

Можно ли спрогнозировать и предотвратить негативные проявления социально-психологических аспектов, связанных с участием человека в управлении техническими системами? Иными словами, возможно ли «обуздать» ЛФ? Над решением этой проблемы пока без особых положительных результатов работают

ученые многих стран на протяжении векового отрезка истории развития технического прогресса. В последнее время проблема влияния ЛФ на безопасность функционирования технических систем рассматривалась рядом исследователей [6-13]. Суть одной из задач, поставленной для решения обозначенной выше проблемы, заключается в необходимости численной оценки или учета влияния ЛФ человека, участвующего в управлении ЭС на безопасность этой системы. В таком аспекте проблема ЛФ широко не рассматривалась.

Прежде, чем приступить к решению поставленной задачи, необходимо определить, что такое безопасность ЭС, ведь именно безопасность ЭС необходимо обеспечивать при ее функционировании.

Главной целью системы безопасности является сохранение целостности ЭС в процессе функционирования в результате защиты системы от воздействия внутренних и внешних угроз. Для удобства назовем угрозу ЭС термином «опасный фактор». В настоящей статье под *безопасностью любой эргатической системы* понимается *защищенность системы от воздействия опасных факторов, которая позволяет обеспечить целостность системы в процессе ее функционирования по назначению*. Под защищенностью следует понимать способность ЭС противостоять опасным факторам с сохранением возможности функционировать по назначению в штатных и нештатных ситуациях. Данное определение дает возможность установить прямую зависимость между состоянием системы в процессе функционирования и воздействием на нее опасных факторов.

Необходимо отметить, что безопасность или защищенность ЭС достигается в результате

функционирования системы безопасности в двух контурах:

1. Система обеспечения безопасности ЭС, главной целью которой является создание необходимых условий для безаварийного функционирования ЭС по назначению;
2. Система управления безопасностью функционирования ЭС, предназначенная для компенсации влияния воздействия опасных факторов на состояние ЭС в процессе ее функционирования по назначению.

В настоящей статье речь идет об обеспечении безопасности ЭС. Очевидно, для того, чтобы достичь главной цели обеспечения безопасности ЭС, необходимо выявить все опасные факторы, потенциально угрожающие безаварийному функционированию ЭС и устранить их, если это реально возможно, или минимизировать их влияние на состояние ЭС до начала процесса функционирования ЭС по назначению.

При решении задач защиты ЭС от опасных факторов, связанных с ЛФ человека-оператора возникает необходимость учета влияния ЛФ каждого конкретного индивидуума, выступающего в роли оператора в конкретной ЭС, будь то самолет, электростанция, поезд, буровая установка и т.д.

Представим абстрактную ЭС в виде модели, изображенной на рисунке 2, где ЭС – система «человек-машина»;

$ЧО_i$  –  $i$ -тый человек-оператор, участвующий в управлении ЭС;

$n$  – количество операторов, допущенных к управлению данной ЭС.

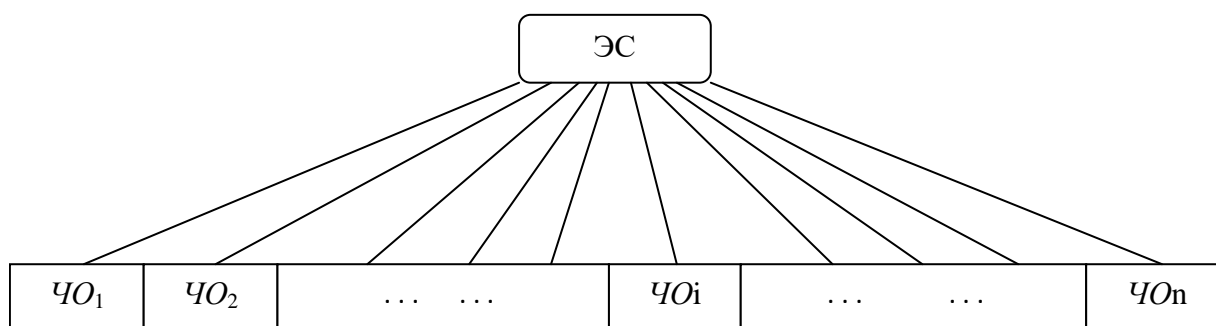


Рисунок 2: Модель абстрактной эргатической системы

В качестве оператора в ЭС могут выступать только штатные специалисты. Отсюда следует, что размерность  $n$  – конечна, поэтому задача по выявлению угроз системе, обусловленных ЛФ – решается.

Учет влияние на состояние защищенности ЭС опасных факторов, связанных с личностью конкретного человека-оператора, как главного элемента ЭС,

определяет необходимость разработки дополнительных критериев оценки уровня обеспечения безопасности ЭС, которые позволят объективно учесть влияние на безопасность системы показателей, связанных с такими явлениями, как:

- возникновение особой ситуации по вине человека-оператора (здесь под особой ситуацией понимается

любая нештатная ситуация, перерастание которой в аварийную возможно предотвратить только своевременными, чаще всего неординарными действиями);

- ошибочные действия или бездействие при управлении ЭС;
- иные проявления недостаточного профессионализма при управлении ЭС;
- проявления недисциплинированности при управлении ЭС;
- иные несанкционированные действия при управлении ЭС;
- факты отстранения от управления ЭС;
- нечестность (сокрытие фактов возникновения особой ситуации) и т.д.

Для того, чтобы учесть влияние данных показателей на уровень обеспечения безопасности ЭС и увеличить количество достоверно известной информации о состоянии защищенности ЭС, потребуется применить интегральный показатель, определяющий суммарную величину угроз состоянию ЭС со стороны ЛФ конкретного человека-оператора. Назовем этот показатель термином «суммарный показатель опасности человека-оператора».

Итак, *суммарный показатель опасности человека-оператора – это показатель, характеризующий потенциальную угрозу безопасности эргатической системы со стороны «личностного фактора» конкретного человека-оператора.* Численное значение суммарного показателя опасности человека-оператора ( $K_{oc}$ ) напрямую зависит от негативных проявлений ЛФ конкретного индивида, задействованного в управлении ЭС. Очевидно, что влиять на величину  $K_{oc}$  все перечисленные выше проявления ЛФ.

Для того чтобы вывести формулу  $K_{oc}$ , необходимо определить набор существенных для безопасности системы показателей потенциальной угрозы безопасности предстоящего этапа или цикла функционирования ЭС (показателей опасности  $K$ ). Сумма значений показателей опасности даст величину, которую мы назвали «суммарный показатель опасности человека-оператора» –  $K_{oc}$ .

$$K_{oc} = K_1 + K_2 \dots + K_1 \dots + K_n, \quad (1)$$

где  $K_{oc}$  – суммарный показатель опасности человека-оператора;

$K_i$  –  $i$ -тый показатель опасности ЭС со стороны ЛФ человека-оператора;

$n$  – количество определенных показателей опасности.

Зададим диапазон изменений величины суммарного показателя опасности человека-оператора в определенной  $n$  области показателей  $K$ : величина  $K_{oc}$  может изменяться от 0 до 1. При  $K_{oc} = 0$  угрозы состоянию ЭС со стороны ЛФ человека-оператора

отсутствуют, при  $K_{oc} = 1$  угрозы состоянию ЭС со стороны ЛФ человека-оператора определяются как максимально возможные.

Для удобства использования введем новый показатель, характеризующий человека-оператора, как источника потенциальных угроз безаварийному функционированию ЭС. Назовем этот показатель термином «уровень безопасности человека-оператора». Используя  $K_{oc}$  при определении величины уровня безопасности человека-оператора ( $U_{co}$ ), мы получаем возможность учитывать влияние проявлений ЛФ человека-оператора на обеспечения безопасности ЭС. Для удобства применения численная величина уровня безопасности человека-оператора должна быть обратной численному значению суммарного показателя опасности человека-оператора. При максимальном значении  $K_{oc} = 1$ , уровень безопасности человека-оператора должен приобретать минимальное значение  $U_{co} = 0$ . И наоборот, при минимальном значении  $K_{oc} = 0$ , уровень безопасности человека-оператора должен приобретать максимальное значение. Переведем в проценты значение, обратное значению  $K_{oc}$  и представим значение уровня безопасности человека-оператора в виде выражения (2):

$$U_{co} = (1 - K_{oc}) 100\% \quad (2)$$

где  $U_{co}$  – уровень безопасности человека-оператора;

$K_{oc}$  – суммарный показатель опасности человека-оператора.

Очевидно, что величина  $U_{co}$  может меняться от 0% до 100%.

Далее для разработки метода формализации ЛФ в ЭС потребуется использовать введенный в употребление суммарный показатель опасности человека-оператора ( $K_{oc}$ ).

$K_{oc}$  является показателем, величина которого напрямую зависит от негативных проявлений ЛФ конкретного человека-оператора. Для того, чтобы вставить в формулу (1), конкретные величины, необходимо:

1. Определить набор показателей потенциальной угрозы безопасности ЭС (показателей опасности  $K$ );
2. Обоснованно определить величину каждого показателя потенциальной угрозы безопасности ЭС, представленного в виде показателя опасности  $K$ .

Для того, чтобы сформировать набор показателей потенциальной угрозы состоянию ЭС со стороны ЛФ человека-оператора, необходимо применить экспертные методы.

На первом этапе наиболее целесообразным является метод опроса. Важным условием получения достоверных оценок при применении методов экспертных оценок является формирование экспертной группы, т.к. от компетентности, креативности, конформизма, самокритичности экспертов зависит



объективность и справедливость результатов экспертизы.

Опрос экспертов следует провести в два тура. Первый тур проводится в очной форме, индивидуально, способом интервьюирования-анкетирования. Основной задачей интервьюирования является определение наиболее существенных показателей потенциальной угрозы состоянию ЭС со стороны ЛФ человека-оператора. В ходе опроса следует делать упор на опыт опрашиваемых.

При проведении второго тура следует применить групповой вид экспертного опроса, в ходе которого ранее опрошенные индивидуально эксперты, в процессе совместной дискуссии вырабатывают консолидированную позицию в отношении угроз состоянию ЭС со стороны ЛФ человека-оператора. В результате опроса экспертов должны быть определены существенные, с точки зрения большинства экспертов, показатели потенциальной угрозы безопасности ЭС со стороны ЛФ человека-оператора.

На втором этапе определенные, в результате экспертного опроса, показатели угрозы безопасности ЭС подвергаются процедуре субъективного шкалирования с применением шкалы Лайкерта. Это необязательно, но может быть целесообразным в том случае, если в результате рассогласованности мнений экспертов было определено неоправданно завышенное количество показателей.

Следующим этапом будет определение численной величины каждого определенного показателя, названного показателем опасности.

Причинно-обусловленные явления, признаки которых не поддаются точной количественной оценке, называют атрибутивными признаками. К числу таких явлений относятся проявления ЛФ человека-оператора, поэтому наибольшую трудность представляет обоснование весовой доли каждого показателя опасности. Для решения этой задачи следует использовать метод экспертных оценок, в частности метод парных сравнений.

Методом парных сравнений определяется относительная значимость или весовая доля каждого определенного показателя опасности, иными словами, устанавливается степень влияния каждого показателя потенциальной угрозы со стороны ЛФ человека-оператора на состояние ЭС. Полученные численные величины, определяющие весовые доли каждого показателя опасности переводятся в проценты с таким расчетом, чтобы в сумме все определенные показатели давали 100%.

Следующим этапом будет определение текущих значений каждого показателя опасности в зависимости от зафиксированных фактов проявления того или иного негативного проявления ЛФ человека-оператора при управлении ЭС, определенные, как показатели потенциальной угрозы состоянию ЭС. Для решения этой задачи необходимо использовать экспертные методы, в частности метод опроса и метод бальных оценок.

Применение метода опроса компетентных экспертов позволит определить сколько фиксированных значений должна иметь величина того или иного показателя опасности в зависимости от количества зафиксированных фактов проявления оцениваемого показателя ЛФ человека-оператора.

Затем определяется максимальное значение, которое может принимать оцениваемый показатель опасности. С учетом того, что максимальная величина  $K_{оч} = 1$ , и имея полученные весовые доли каждого показателя опасности выраженные в процентах от максимального значения  $K_{оч}$ , получим максимальное значение оцениваемого показателя опасности в виде десятичной дроби, которое будет кратно полученному процентному эквиваленту оцениваемого показателя.

Затем методом бальных оценок, определяются значения оцениваемого показателя опасности в зависимости от количества зафиксированных фактов проявления оцениваемого показателя ЛФ человека-оператора.

Затем, путем опроса компетентных экспертов, определяется срок влияния факта проявления оцениваемого показателя ЛФ человека-оператора на величину соответствующего показателя опасности.

Подобным образом следует определять значения каждого показателя опасности в зависимости от фактов проявления соответствующего показателя угрозы состоянию ЭС со стороны ЧФ оператора. Определенные, таким образом значения каждого показателя опасности в сумме дадут численное значение суммарного показателя опасности  $K_{оч}$ , которое будет изменяться от 0 до 1.

Подставляя в формулу (2) полученное значение  $K_{оч}$ , вычисляем текущее значение уровня безопасности человека-оператора  $U_{чо}$ .

Завершающим этапом будет разработка критериев оценки влияния ЛФ человека-оператора на состояние защищенности ЭС. Для этого целесообразно использовать цветовую шкалу  $U_{чо}$  (см. рисунок 3):

зеленый	желтый	синий	оранжевый	красный
---------	--------	-------	-----------	---------

Рисунок 3: Цветовая шкала значений уровня безопасности человека-оператора

При переходе к номинативной шкале (шкале наименований) красному цвету соответствует категория «уровень безопасности оператора  $U_{чо}$  совсем не

соответствует требованиям, предъявляемым к безопасности ЭС. Недопустимо».

Оранжевый цвет – «уровень безопасности оператора  $U_{чо}$  в основном не соответствует

требованиям, предъявляемым к безопасности ЭС. Условно допустимо».

Синий цвет – «уровень безопасности оператора  $U_{чo}$  не в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к безопасности ЭС. Допустимо».

Желтый цвет – «уровень безопасности оператора  $U_{чo}$  в основном соответствует требованиям, предъявляемым к безопасности ЭС. Вполне допустимо».

Зеленый цвет – «уровень безопасности оператора  $U_{чo}$  в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к безопасности ЭС. Допустимо в первую очередь».

Затем необходимо распределить значения  $U_{чo}$  по цветовой шкале. Для решения этой задачи следует применить метод экспертных оценок, в частности бальный метод или метод непосредственной оценки.

Таким образом, получив возможность определять численное значение  $K_{oc}$  в зависимости от фактов проявления ЛФ человека-оператора, и выработав критерии оценки степени влияния данного показателя на безопасность ЭС, в зависимости от численного значения  $U_{чo}$ , мы получили метод формализации личностного фактора в эргатической системе. Этапы полученного метода показаны на рисунке 4.



Рисунок 4: Этапы метода формализации личностного фактора в эргатической системе

В основе метода формализации личностного фактора в эргатической системе лежат следующие принципы:

- *Принципы факторного анализа.* Главными целями факторного анализа являются: 1) сокращение числа переменных (редукция данных) и 2) определение структуры взаимосвязей между переменными, т.е. классификация переменных;
- *Принцип иерархической композиции.* Используется для определения приоритетов в наборе определенных атрибутивных признаков в отношении предмета исследования.
- *Принцип парных сравнений.* Заключается в том, что все элементы задачи (признаки) сравниваются попарно по отношению к воздействию на предмет

исследования, то есть определяется вес или интенсивность каждого элемента (признака).

Полученный метод является универсальным инструментом, позволяющим разработать методику оценки влияния ЛФ оператора применительно к любой конкретной эргатической системе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бусленко, Н.П. Лекции по теории сложных систем / Н.П. Бусленко, В.В. Калашников, И.Н. Коваленко // – М.: Советское радио, 1973. – 440 с.
2. Волкова, В.Н. Теория систем / В.Н. Волкова, А.А. Денисов // – М.: Высшая школа, 2006, – 511с.
3. Дружинин, В.В. Систематехника. / В.В. Дружинин, Д.С. Конторов – М: Радио и связь, 1985. – 200 с.
4. Зараковский, Г.М. Закономерности функционирования эргатических систем / Г.М. Зараковский, В.В. Павлов // – М.: Радио и связь, 1987. – 232 с.
5. Климов, Е.А. Введение в психологию труда: Учебник для вузов.– М.: Культура и спорт, ЮНИТИ, 1998. – 350 с.
6. Евдокимов, В.Г. Мониторинг и обеспечение безопасности полетов с учетом изменения функциональных свойств и факторов рисков сложных технических систем (авиационных систем) : дисс. ... док. тех. наук. – СПб.: СПб ГУГА, 2013. – 329 с.
7. Козлов, А.С. Человеческий фактор и система обеспечения безопасности полетов / А.С. Козлов – М.: Научный вестник МГТУ ГА, 2012.
8. Королев, Л.М. Психологическое обеспечение профессионального становления летного состава: монография / Л.М. Королев – Монино: ВВА, 2000. – 199 с.
9. Ноздрин, В.И. Расширение понятия «человеческий фактор»// Проблемы безопасности полетов. – М.: ВИНТИ, 2001. № 4. с. 25-27.
10. Пономаренко В.А. Психология человеческого фактора в опасной профессии / В.А. Пономаренко. – Красноярск: Поликом, 2006. – 629 с.
11. Психологический анализ летных происшествий и предпосылок к ним: методическое пособие / Под рук. В.А. Пономаренко – М.: Военное издательство, 1990.– 56 с.
12. Розов, С.А. Определение уровня безопасности полетов с учетом проявления человеческого фактора, внешней среды и безотказности авиационной техники: дис. ...канд. техн. наук: 05.22.14 / Розов Сергей Анатольевич. – Москва, 2001. – 225 с.
13. Усик, И.В. Антропологические ограничения безопасности техники / И.В. Усик, О.Д. Гаранина – Белгород: Научные ведомости БГУ. Серия: Философия. Социология. Право., 2009. – 85 с.