

**Меркулова Марина Александровна**

**СООТНОШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ  
ЛАТЕРАЛИЗАЦИИ, ПСИХОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И  
ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ СТОИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТА  
ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ПОВЕДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ  
ВОСПРОИЗВЕДЕНИИ ЗРИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВ**

03.03.01. - физиология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Рязань – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» (ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России)

**Научный руководитель:**

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии с курсом психофизиологии ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России **Лапкин Михаил Михайлович**

**Официальные оппоненты:**

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии медицинского факультета ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» **Торшин Владимир Иванович**

доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры психологии, ФГКОУ ВО «Московский университет МВД России им. В.Я. Кикотя» **Дерягина Лариса Евгеньевна**

**Ведущая организация:**

ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Минздрава России

Защита диссертации состоится «06» июня 2019 года в 11 ч. 00 мин. на заседании Диссертационного совета при ФГБНУ «НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина» по адресу: 125009, г. Москва, ул. Моховая, д. 11, стр. 4.

С диссертацией можно ознакомиться в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина» и на сайте <http://nphys.ru/>.

Автореферат разослан « » 2019 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат медицинских наук



А.Ю. Абрамова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Исследование причин неординарной результативности целенаправленной деятельности человека на различных поведенческих моделях, начиная с середины XX века и до настоящего времени, является актуальной задачей в физиологии труда, физиологии спорта, дифференциальной психофизиологии (Ломов Б.Ф. и др., 1978; Мунипов В.М., Зинченко В.П., 2001; Ильин Е.П., 2001, 2008; Бердичевская Е.М., Гронская А. С., 2009; Москвина Н.В., 2010; Фудин Н.А., Классина С.Я., 2013; Зорин Р.А. и др. 2017).

Значительное место при исследовании в данном направлении занимает изучение системных механизмов распознавания и воспроизведения зрительных образов (ЗО). Такой подход связан с широким внедрением компьютерных технологий во все сферы физиологии труда. Это способствует увеличению количества профессий, включающих деятельность человека-оператора (Шмидт С.А., 2006; Кудрин Р.А. и др., 2008; Яценко Н.А., 2011; Джебраилова Т.Д. и др., 2012, 2013; Каримова Е.Д., 2013; Каратыгин Н.А., 2015).

В соответствии с положениями системного подхода (Анохин П.К., 1968, 1973; Судаков К.В., 1984, 2013) пространственно-временная организация целенаправленного поведения человека формируется на основе взаимодействия всех его составляющих для достижения полезных приспособительных результатов, выступающих в роли системообразующих факторов.

Литературные данные свидетельствуют о важной роли индивидуальных свойств ЦНС человека (формальных психодинамических характеристик, особенностей функциональной латерализации) в формировании неординарной результативности целенаправленной деятельности человека (Коробейникова И.И., 2000; Залилов Р.Ю., 2001; Ильин Е.П., 2004; Дегтярев В.П., Торшин В.И., 2010; Муртазина Е.П., 2013; Лапкин М.М. и др., 2014; Дегтярев В.П., 2015; Бердников Д.В., 2016; Зорин Р.А., 2017).

Существенную роль в системной организации целенаправленной деятельности человека играет ее физиологическая стоимость (Меделяновский А.Н., 1987; Лапкин М.М., 1994, 2009; Бяловский Ю.Ю., 1996; Волков В.Ф. и др., 2019).

В связи с вышеизложенным, является актуальным выяснение характера участия указанных свойств ЦНС и физиологической стоимости в системную организацию целенаправленной деятельности человека при воспроизведении зрительных образов (ЗО).

Важными инструментами в решении задачи анализа системной организации целенаправленной деятельности человека является применение методов многомерной статистики (корреляционный и кластерный анализ) и технологии искусственных нейронных сетей (Рудковская Д. и др., 2006). Их использование позволяет формировать однородные группы испытуемых по различным выбранным критериям, описывать характер взаимосвязей между элементами системной организации, прогнозировать результативность деятельности на основе значимых характеристик целенаправленного

поведения, ее физиологической стоимости, а также индивидуальных свойств нервной системы исследуемых (Карасев Р.П., 2009; Зорин Р.А. и др., 2016; Зорин Р.А., 2017).

**Степень разработанности научной проблемы.** Несмотря на актуальность исследований неодинаковой результативности целенаправленной деятельности человека на различных поведенческих моделях, в настоящее время вопрос о причинах и физиологических механизмах, влияющих на организацию успешной результативности целенаправленной деятельности при воспроизведении ЗО, остается недостаточно изученным. В ходе информационного поиска данных о характере взаимоотношений между показателями функциональной латерализации, индивидуальными психодинамическими характеристиками и показателями физиологической стоимости деятельности в системной организации целенаправленного поведения у человека при воспроизведении ЗО с различной результативностью выявлено не было.

**Цель исследования.** На поведенческой модели по воспроизведению зрительных образов установить характер взаимоотношений между различными личностными свойствами испытуемых (психодинамическими характеристиками, показателями функциональной латерализации), показателями деятельности и ее физиологической стоимостью в системной организации целенаправленного поведения человека, осуществляемого с различной результативностью.

**Задачи исследования:**

1. Выявить влияние времени экспозиции ЗО на показатели целенаправленной деятельности при воспроизведении зрительных образов испытуемыми в возрасте от 18 до 20 лет в общей группе, без учета половых признаков и в выборочных группах, сформированных в соответствии с гендерными отличиями.

2. Исследовать влияние обратной связи о результатах целенаправленного поведения испытуемых при воспроизведении зрительных образов на результативность деятельности в сравниваемых выборочных группах.

3. Сравнить физиологическую стоимость деятельности по показателям математического анализа ритма сердца у испытуемых исследуемых выборочных групп при воспроизведении зрительных образов с различной результативностью.

4. Установить характер корреляционных взаимосвязей между показателями математического анализа ритма сердца и статистическими характеристиками целенаправленного поведения испытуемых, воспроизводящих зрительные образы с различной результативностью.

5. Выявить характер корреляционных взаимосвязей между показателями функциональной латерализации и психодинамических характеристик у испытуемых, воспроизводящих зрительные образы с различной результативностью.

6. Апробировать методы кластерного анализа и технологии искусственных нейронных сетей для решения вопросов классификации испытуемых и формирования прогноза воспроизведения ими зрительных образов с различной результативностью.

**Научная новизна.** В результате исследования были получены новые сведения о взаимоотношениях между показателями физиологической стоимости деятельности и ее характеристиками, показателями функциональной латерализации и психодинамическими характеристиками человека при воспроизведении зрительных образов с различной результативностью.

В работе установлена роль времени экспозиции ЗО и влияние обратной связи о результатах деятельности в системной организации целенаправленного поведения человека при воспроизведении зрительных образов.

Расширена область применения кластерного анализа и технологии искусственных нейронных сетей для прогнозирования результативности целенаправленной деятельности человека на поведенческой модели воспроизведения зрительных образов.

Получены новые данные о значимости показателей математического анализа ритма сердца, функциональной латерализации и психодинамических характеристик, позволяющих прогнозировать результативность деятельности по воспроизведению зрительных образов, применяя технологию искусственных нейронных сетей.

#### **Теоретическая и методологическая основа исследования**

Диссертационное исследование базировалось на основополагающих методологических принципах и теоретических подходах отечественной и зарубежной физиологии, дифференциальной психофизиологии (Теплов Б.М., 1963; Небылицын В.Д., 1976), важнейшую основу которых представляли теория функциональных систем, концепция поведенческого системогенеза и системного квантования поведения (Анохин, П.К. 1968, 1973; Судаков К.В., 1984, 1997, 2004).

Основным методологическим принципом, являющимся базовым в нашей работе, являлось положение П.К. Анохина о ведущей роли результата в системной организации физиологических функций, который отражается в характере взаимосвязей между отдельными его элементами.

#### **Практическая значимость работы**

1. Установление характера взаимосвязей между психодинамическими характеристиками, показателями функциональной латерализации, математического анализа ритма сердца и целенаправленного поведения испытуемых при воспроизведении зрительных образов в группах с различной результативностью, позволяет решать практическую задачу прогнозирования успешности деятельности человека-оператора.

2. Выявление факторов, влияющих на результативность целенаправленной деятельности человека при воспроизведении зрительных образов, может использоваться в сфере профессионального отбора лиц, принимающих важные управленческие решения на основе зрительной информации.

3. Обоснование применения комплекса физиологических и психофизиологических показателей, кластерного анализа и технологии искусственных нейронных сетей для решения вопросов классификации испытуемых и прогнозирования результативности их целенаправленной деятельности при воспроизведении зрительных образов является основой для разработки экспертной системы.

#### **Положения, выносимые на защиту**

1. Группа испытуемых при моделировании целенаправленного поведения по воспроизведению зрительных образов неоднородна по показателю результативности деятельности, однако различия по этому критерию проявляются в условиях уменьшения времени экспозиции зрительных образов и подключения обратной связи, обогащающей информацию о ее результатах, как в общей группе, так и в подгруппах, разделенных по гендерным признакам.

2. Системная организация целенаправленного поведения испытуемых, воспроизводящих зрительные образы с различной результативностью, характеризуется определенной картиной корреляционных взаимосвязей между показателями функциональной латерализации и психодинамическими характеристиками.

3. Показатели математического анализа ритма сердца, являясь отражением физиологической стоимости целенаправленного поведения человека, находятся в определенных корреляционных отношениях с параметрами целенаправленной деятельности испытуемых, воспроизводящих зрительные образы с различной результативностью.

4. Комплекс показателей, характеризующих системную организацию деятельности испытуемых по воспроизведению зрительных образов (показатели математического анализа ритма сердца, функциональной латерализации и психодинамические характеристики) позволяют при использовании технологии искусственных нейронных сетей надежно прогнозировать результативность целенаправленного поведения человека при данном виде деятельности.

**Апробация результатов исследования.** Основные научные положения, выводы и практические рекомендации диссертационного исследования представлены на: XIX съезде Физиологического общества имени И.П. Павлова (Санкт-Петербург, 2004); I съезде физиологов СНГ (Сочи-Дагомыс, 2005); V Межрегиональной научно-практической конференции "Проблемы развития личности" (Рязань, 2005); Межрегиональной научно-практической конференции «Проблемы физического воспитания населения» (Рязань, 2006); Ежегодной научной конференции Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова (Рязань, 2006); Международной научно-практической конференции «Развитие научного наследия Б.М. Теплова в отечественной и мировой науке (к 110-летию со дня рождения)» (Москва, 2006); XX съезде Физиологического общества им. И.П. Павлова (Москва, 2007); XXI съезде Физиологического общества им. И.П. Павлова, (Калуга, 2010); Межрегиональной научной конференции с международным

участием Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова (Рязань, 2014); научно-методической конференции с Международным участием «Научно-методические проблемы нормальной физиологии и медицинской физики», посвящённой 80-летию кафедры нормальной физиологии и медицинской физики Московского государственного медико-стоматологического университета имени А.И. Евдокимова (Москва, 2017); XXI Павловских беседах «Научное наследие академика И.П. Павлова и современная наука» (Рязань, 2018); межкафедральной научной конференции кафедр нормальной физиологии с курсом психофизиологии, биологии, профильных гигиенических дисциплин, физвоспитания и здоровья, психологии, педагогики и инклюзивного образования ФДПО ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России.

**Публикации.** Результаты диссертационной работы отражены в 17 публикациях, из них 6 – в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ для защиты диссертаций.

#### **Соответствие диссертации Паспорту научной специальности**

Диссертационная работа Меркуловой М.А. «Соотношение показателей функциональной латерализации, психодинамических характеристик и физиологической стоимости результата целенаправленного поведения человека при воспроизведении зрительных образов», представленная к защите по специальности 03.03.01 – Физиология (Биологические науки), соответствует формуле специальности, охватывающей вопросы сенсорного восприятия и организации движений, системной организации целенаправленного поведения человека, изучению физиологических механизмов адаптации человека к трудовым условиям.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 162 страницах машинописного текста, иллюстрирована 31 таблицами и 30 рисунками. Работа состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов исследований, результатов собственных исследований и их обсуждения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка литературы и приложений. Список литературы содержит 292 источника, из них 221 –отечественных и 71 – зарубежных.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Работа проводилась в период с 2004-2019 гг. на кафедре нормальной физиологии с курсом психофизиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский Государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова». В исследовании добровольно принимали участие 115 студентов 1-2 курсов ФГБОУ ВО РязГМУ в возрасте от 18 до 20 лет, в т.ч. испытуемые мужского пола – 40 человек и женского пола – 75 человек.

Согласно цели и задачам исследования, практическая часть работы заключалась в изучении особенностей системной организации целенаправленного поведения испытуемых в процессе воспроизведения зрительных образов. Используя модель деятельности по воспроизведению ЗО,

реализованную при помощи тестовой микропроцессорной системы «Мнемотест» (ЗАО "ВНИИМП-ВИТА" НИИ медицинского приборостроения РАМН, Россия), применялись разнообразные комплексы физиологических и психофизиологических приемов для исследования вклада индивидуальных физиологических и личностных психофизиологических характеристик в системную организацию целенаправленного поведения.

Характер используемых в работе методов, оцениваемые показатели, количество испытуемых задействованных на различных этапах исследований представлены в таблице 1.

**Таблица 1** – Распределение испытуемых по методам исследования и количество проведенных наблюдений

<b>Исследуемые показатели</b>	<b>Методы</b>	<b>Условия проведения исследований</b>	<b>Количество испытуемых</b>
Статистические показатели деятельности по воспроизведению ЗО	Моделирование целенаправленной деятельности воспроизведения ЗО при помощи микропроцессорной системы «Мнемотест»	М <sub>1</sub> без ограничения времени экспозиции образа	33
		М <sub>1</sub> без ограничения времени с обратной связью (ОС)	33
		М <sub>2</sub> с ограничением времени экспозиции образа (5000мс)	115
		М <sub>2</sub> с ограничением времени экспозиции образа (5000 мс), с обратной связью (ОС)	115
Статистические показатели динамического ряда кардиоинтервалов	Математический анализ динамического ряда кардиоинтервалов с использованием программно-аппаратного комплекса «Варикард»	До начала деятельности по воспроизведению ЗО	82
		После окончания деятельности по воспроизведению ЗО	82
Оценка индивидуальных психодинамических показателей	Тест Айзенка (ЕРІ) (форма А,Б)	Вертированность, нейротизм	115
	Тест Стреляу (ОТ)	Выраженность процессов возбуждения, торможения, подвижность нервных процессов	115
	Тест Дженкинса (JAS)	Тип поведения (А, Б, АБ)	115
	Тест Тейлор (MAS)	Личностная тревожность	115
Самооценка функционального состояния	Тест Доскина (САН)	Самочувствие, Активность, Настроение	115
Оценка показателей функциональной латерализации	Комплекс тестов	Моторная асимметрия	115
	Дихотическое прослушивание	Слуховая асимметрия	115
	Комплекс тестов	Зрительная асимметрия	115



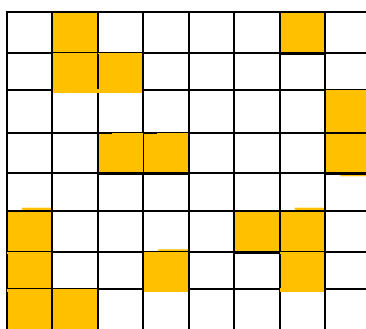
## Этапы и организация исследования

На подготовительном этапе у всех участников исследования (115 человек) при помощи ряда тестовых заданий оценивали формальные психодинамические свойства и показатели профиля латеральной организации функций. Оценка психодинамических свойств ЦНС проводилась с использованием адаптированных русскоязычных вариантов тестов Айзенка (EPI - форма А и Б), Я. Стреляу (ОТ), Тейлор (MAS), Дженкинса (JAS), реализованные при помощи программно-аппаратного психофизиологического комплекса «Психотест» (ООО «Нейрософт», Россия).

Для выявления функциональной латерализации были использованы методики, описанные Н.Н. Брагиной и Т.А. Доброхотовой (1988) при определении моторной и зрительной асимметрии. Для выявления слухоречевой латерализации применялось дихотическое прослушивание.

На начальном этапе исследования (33 испытуемых обоего пола) проводилось изучение различных условий, влияющих на статистические характеристики целенаправленной деятельности испытуемых при воспроизведении ими ЗО. Для этого участникам эксперимента было предложено выполнить 4 методики-задания: ( $M_1$ ,  $M_2$ ) и ( $M_1(OC)$ ,  $M_2(OC)$ ) на программно-аппаратном психофизиологическом комплексе «Мнемотест» (таблица 1).

В ходе эксперимента испытуемым на специальном мониторе- матрице предъявляли последовательно сменяющиеся тестовые зрительные образы различной степени сложности и в различных контролируемых по времени режимах. Каждый ЗО предъявляли на некоторое время экспозиции, в течение которого необходимо было запомнить расположение светящихся элементов (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Схема монитора-матрицы с вариантом предъявляемого зрительного образа

Для методик  $M_1$  и  $M_1(OC)$  время экспозиции ЗО не было ограничено и задавалось самим испытуемым, а для методик  $M_2$  и  $M_2(OC)$  оно было фиксированным и составляло 5000 мс.

После выключения светящихся элементов матрицы испытуемый должен был его воспроизвести, нажимая специальным щупом на те элементы матрицы, свечение которых он запомнил на этапе экспозиции (этап воспроизведения).

Показатели обследования вычислял микропроцессор прибора «Мнемотест» путем усреднения результатов воспроизведения ЗО, заданного параметром  $K=10+1$  числа микрообследований, где первое являлось тренировочным и в вычислении не принимало участие. В ходе обработки данных оценивались следующие показатели деятельности: среднее количество правильных ответов на один ЗО; дисперсия правильных ответов по обследованию; среднее количество ошибок на один ЗО; дисперсия ошибок по обследованию; среднее количество ответов на один ЗО; дисперсия ответов по обследованию; среднее время экспозиции ЗО (методика  $M_1$ ); дисперсия времени экспозиции ЗО (методика  $M_1$ ); среднее время воспроизведения ЗО; дисперсия времени воспроизведения ЗО; среднее время между реакциями по всей совокупности ответов во всех микрообследованиях; дисперсия времени между реакциями.

Коэффициент полезного действия (КПД) целенаправленного поведения при воспроизведении ЗО рассчитывался по формуле:

$$\text{КПД (\%)} = \frac{\text{Количество правильных ответов} - \text{Количество ошибок}}{\text{Всего ответов}} \times 100$$

На основном этапе исследований было выявлено, в какой степени изучаемые факторы влияют на успешность (результативность) деятельности каждого испытуемого и далее сформированы по этому критерию однородные подгруппы, в том числе и по гендерному признаку.

Согласно закономерности, обнаруженной при изучении кратковременной памяти Джорджем Миллером (в среднем хорошо фиксируются и воспроизводятся  $7 \pm 2$  элементов предъявляемых образов) (Miller G.A., 1956), на основании формального критерия успешности - количества правильно воспроизводимых зрительных образов, все испытуемые были разделены на 2 подгруппы: «Успешные», дающие 7 и более правильных ответов при воспроизведении ЗО и «Неуспешные», дающие менее 7 правильных ответов при воспроизведении ЗО.

Как показал начальный этап исследований, основные различия в целенаправленной деятельности испытуемых проявлялись на модели воспроизведения зрительных образов с фиксированным временем экспозиции без обратной связи и с обратной связью о результатах деятельности. Поэтому, на основном этапе исследования студентам предложили выполнить 2 методики – задания:  $M_2$  и  $M_2(OC)$  по воспроизведению ЗО. До и после эксперимента у 82 испытуемых оценивалась физиологическая стоимость деятельности на основе математического анализа ритма сердца, реализованного при помощи прибора «Варикард 1,21» (фирма «Рамена», Россия) и программного обеспечения к нему «ИСКИМ» (версия 6.1) (Р.М. Баевский и др. 1996, 2001, 2006). В ходе математического анализа ритма сердца оценивали следующие показатели: HR -

частота сердечных сокращений; MnMxD-вариационный размах; SDNN – среднее квадратичное отклонение; CV- коэффициент вариации; SI - индекс напряжения регуляторных систем; HF- мощность спектра в высокочастотном диапазоне кривой, огибающей динамический ряд кардиоинтервалов (0,4-0,15 Гц); LF- мощность спектра в низкочастотном диапазоне кривой, огибающей динамический ряд кардиоинтервалов (0,15-0,04 Гц); VLF–мощность спектра в сверхнизкочастотном диапазоне кривой, огибающей динамический ряд кардиоинтервалов (0,04-0,003 Гц); IC = (VLF+ LF/HF)- индекс централизации.

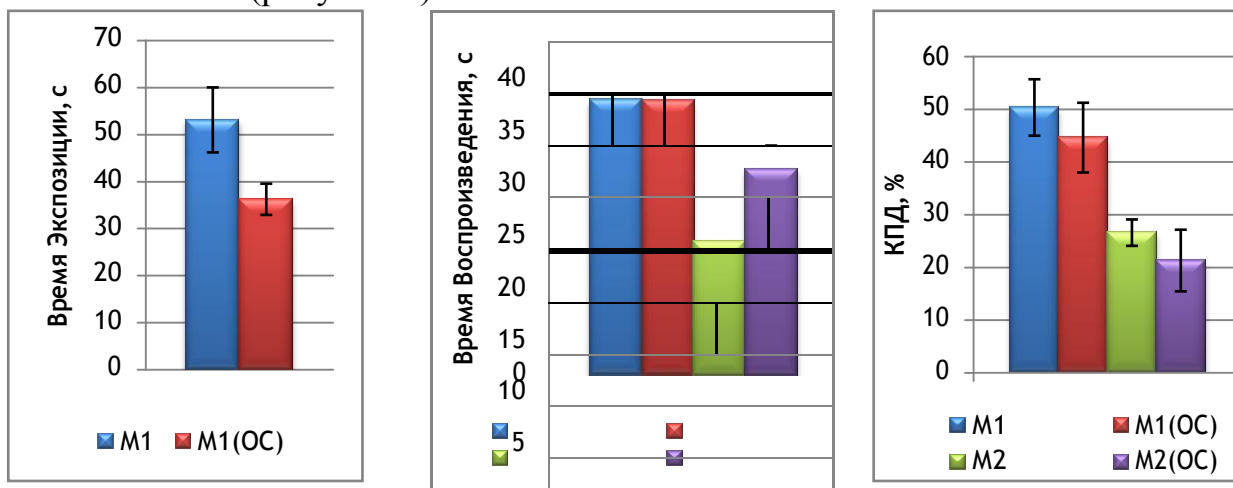
На заключительном этапе исследования проводилась статистическая обработка полученных результатов с использованием методов корреляционного, кластерного анализ и технологии искусственных нейронных сетей (ИНС). Для показателей деятельности при воспроизведении ЗО в группах испытуемых использовались средние значения (M), медиана (Me), значение нижнего и верхнего квартиля (LQ и UQ) и стандартная ошибка средней ( $\pm m$ ). Различия между средними значениями показателей воспроизведения ЗО оценивали с помощью критерия t-Стьюдента. Для определения различий между показателями в малых выборках использовали непараметрический критерий Манна – Уитни (U). Значимыми считались различия при уровне  $P < 0,05$  (Боев В.М. и др., 2014). Данные обрабатывались с помощью модулей системы Microsoft Office 97, Microsoft Exel Stadia7.1/prof. 10.

Для решения вопросов классификации с выделением однородных групп использовали кластерный анализ методом К-средних (Леончик Е.Ю., Савастру О.В., 2007; Миркин Б.Г., 2011). Для прогнозирования результативности деятельности в группах была использована технология искусственных нейронных сетей (ИНС). Создание, обучение и тестирование искусственных нейронных сетей проводилось при помощи пакета программ Statistica 10.0 (Ru) и Statistica Neural Networks 4.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

В ходе исследования было установлено, что у испытуемых достоверные изменения основных статистических показателей при выполнении целенаправленной деятельности зависел от времени экспозиции ЗО (статистические характеристики деятельности испытуемых при реализации методик  $M_1$  и  $M_2$ ): чем больше времени испытуемый тратил на запоминание ЗО, тем больше правильных ответов он воспроизводил, и тем выше было качество выполненной деятельности. Кроме того, характер показателей деятельности зависел от наличия обратной связи о результатах деятельности (статистические характеристики деятельности испытуемых при реализации методик  $M_1(OC)$  и  $M_2(OC)$ ): при включении режима с обратной связью испытуемые давали больше ответов, т.к. имели возможность оценить свою деятельность, и, как следствие, возрастало количество правильных ответов, но

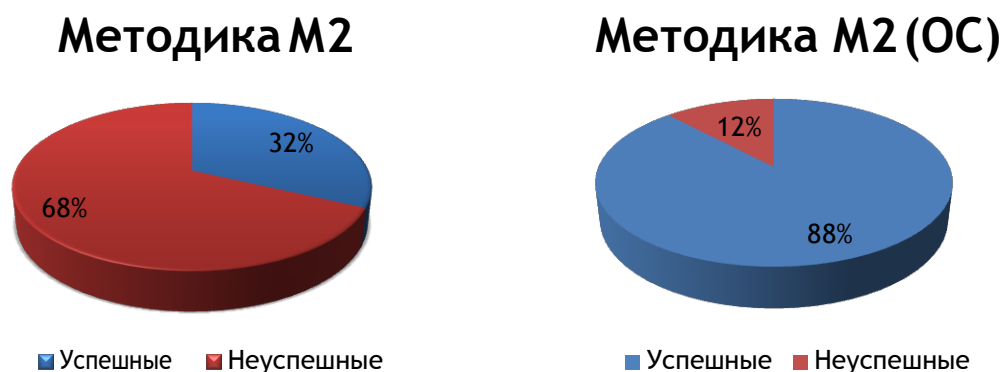
нормированный показатель деятельности - качество выполнения задания при этом снижался (рисунок 2).



**Рисунок 2** – Статистические временные характеристики и КПД деятельности испытуемых при реализации методик  $M_1$ ,  $M_1(OC)$ ,  $M_2$ ,  $M_2(OC)$

Ограничение времени экспозиции зрительных образов 5000 мс создавало условие, при котором испытуемые, участвующие в исследовании воспроизводили ЗО с различной результативностью. Это позволило выделить две относительно однородные группы по данному критерию: группу успешно воспроизводящих зрительные образы - «Успешные» и группу неуспешно воспроизводящих зрительные образы - «Неуспешные».

Наличие обратных связей о результатах деятельности повышало успешность деятельности ряда испытуемых, увеличивая группу «Успешных» (рисунок 3).



**Рисунок 3** – Доля испытуемых в группах «Успешные» и «Неуспешные» при реализации поведенческих моделей  $M_2$  и  $M_2(OC)$

### **Влияние гендерных различий на результативность целенаправленной деятельности при воспроизведении зрительных образов**

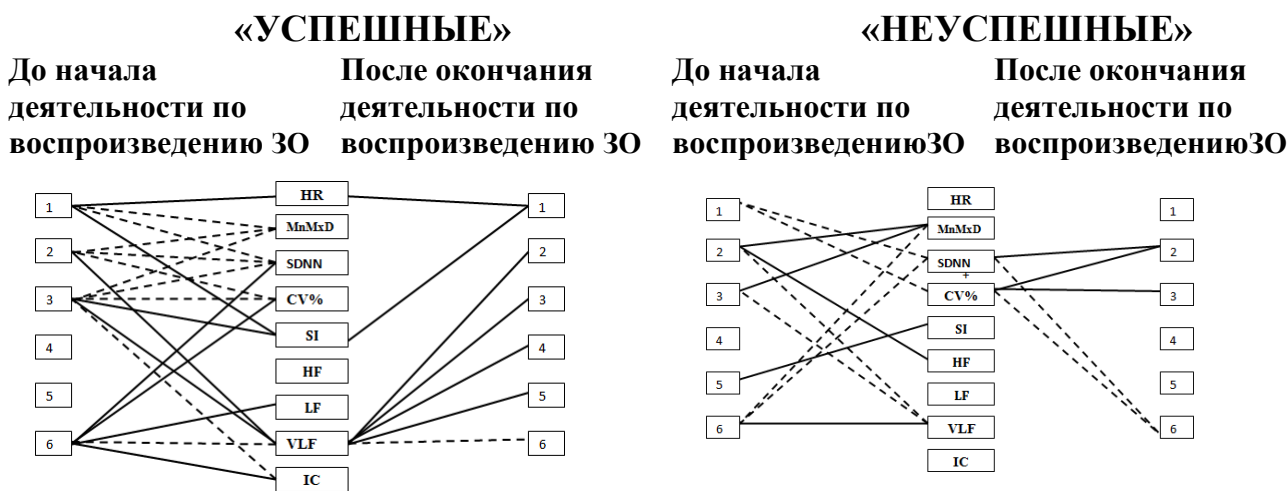
Для выяснения влияния гендерных различий при воспроизведении ЗО на результативность целенаправленной деятельности все юноши и девушки были разделены по соответствующим группам. Было установлено, что гендерные

отличия влияют на успешность воспроизведения испытуемыми ЗО по ряду статистических показателей деятельности, однако общая закономерность изменений результативности деятельности в условиях уменьшения времени экспозиции ЗО и подключения обратной связи, информирующей о результатах деятельности, носила однонаправленный характер, отражая общие закономерности системогенеза целенаправленного поведения у представителей различного пола.

### Характер изменений показателей математического анализа ритма сердца ДО и ПОСЛЕ целенаправленной деятельности испытуемых при воспроизведении ЗО

При описании системной организации целенаправленной деятельности необходимо не только представить характеристики внешних проявлений деятельности испытуемых, но и её физиологическую стоимость. С этой целью у всех испытуемых ДО и ПОСЛЕ выполнения целенаправленной деятельности измерялись основные характеристики ВСР.

Средние групповые показатели ВСР у испытуемых с различной успешностью воспроизводящие ЗО, достоверных различий не выявило. В связи с этим мы обратились к корреляционному анализу (рисунок 4).



**Рисунок 4** – Динамика корреляционных связей между основными показателями по воспроизведению ЗО и показателями ВСР при реализации методики М2 в группах «Успешные» и «Неуспешные»

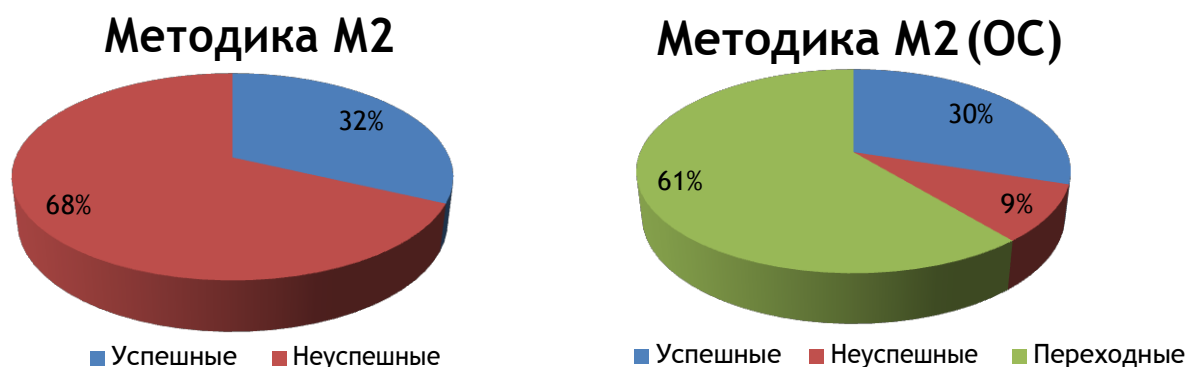
*Примечание:* — указывает на положительный характер связи; - - - указывает на отрицательный характер связи; 1- количество правильных ответов, 2-количество ошибок, 3- всего ответов, 4- время воспроизведения, 5- время между реакциями, 6- КПД работы

Наиболее выраженные изменения в системной организации целенаправленного поведения при воспроизведении ЗО выявлены при реализации корреляционного анализа между статистическими показателями деятельности испытуемых и показателями ВСР динамических рядов кардиоинтервалов, зарегистрированных ДО начала целенаправленной

деятельности. Аналогичные соотношения корреляционных связей между показателями ВСП и характеристиками деятельности были выявлены при реализации методики М<sub>2</sub>(ОС).

### **Влияние индивидуальных психодинамических свойств и функциональной латерализации на результативность целенаправленной деятельности у испытуемых**

В ходе исследования, при анализе результативности деятельности испытуемых, было установлено, что с подключением обратной связи определенная часть студентов группы «Неуспешных» изменила структуру деятельности и стала воспроизводить зрительные образы более успешно. Статистические характеристики их деятельности во многом стали соответствовать характеристикам испытуемых группы «Успешные». Т.о. образовались 3 группы: «Успешные» (35 чел.), «Неуспешные» (10 чел.) и новая группа, деятельность которой зависела от степени информированности о ее результатах - «Переходная» (70 чел.) (рисунок 5).

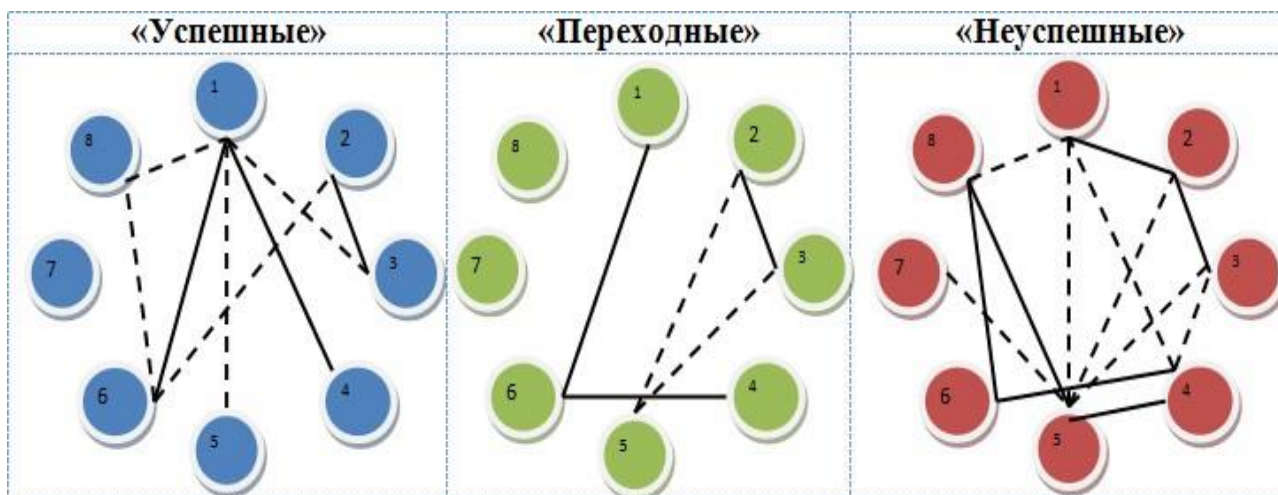


**Рисунок 5** – Доля испытуемых в группах «Успешные», «Переходные» и «Неуспешные» в методиках М2 и М2(ОС)

Исследование индивидуальных психодинамических свойств ЦНС, типа поведения, особенности функциональной латерализации, влияющих на результативность целенаправленной деятельности, в дальнейшем проводилось с учетом этих 3-х групп.

Для выяснения роли психодинамических особенностей у испытуемых для успешной реализации целенаправленной деятельности мы сравнили различные показатели индивидуальных психодинамических свойств в группах испытуемых с различной результативностью воспроизводящих ЗО.

Достоверных различий между показателями личностных свойств ЦНС у испытуемых, с различной успешностью воспроизводящих ЗО, не было обнаружено. Выраженность взаимосвязей между указанными показателями оценивали с помощью корреляционного анализа (рисунок 6).



**Рисунок 6** – Корреляционные взаимосвязи между психодинамическими характеристиками «Успешной» «Переходной» и «Неуспешной» групп испытуемых

*Примечание:* — указывает на положительный характер связи; - - - указывает на отрицательный характер связи; 1- экстра-интроверсия (тест EPI); 2 - нейротизм (тест EPI); 3- уровень личностной тревожности (тест MAS); 4 - выраженность процесса возбуждения (тест OT); 5 - выраженность процесса торможения (тест OT); 6 - подвижность нервных процессов (тест OT); 7 - тип поведения (тест JAS)

Представленные корреляционные плеяды свидетельствуют о том, что системная организация целенаправленной деятельности у представителей каждой из выявленных групп, воспроизводящих ЗО с различной результативностью, характеризуется неодинаковой выраженностью корреляционных связей между показателями, характеризующими свойства их ЦНС. Наиболее «нагруженной» корреляционными связями оказалась корреляционная плеяда испытуемых «Неуспешной» группы, наименее - у испытуемых «Переходной» группы, а средняя выявлена у испытуемых наиболее успешно воспроизводящих ЗО. При этом в группе «Неуспешных» испытуемых большая часть связей носила отрицательный характер: чем большее значение имела та или иная характеристика, тем хуже был показатель результативности целенаправленной деятельности.

Для оценки роли функциональной асимметрии на организацию целенаправленной деятельности испытуемых с различной степенью успешности мы проводили сравнение показателей  $K(ас)$ : моторной, зрительной и слуховой в группах «Успешных», «Переходных» и «Неуспешных» испытуемых. Достоверные различия обнаружены по показателю  $K_m$  между группами «Успешные» - «Неуспешные»:  $(31,00 \pm 7,06)\%$  и  $(12,39 \pm 3,75)\%$ , ( $P < 0,05$ ) и «Переходные» - «Неуспешные»:  $(35,48 \pm 4,23)\%$  и  $(12,39 \pm 3,75)\%$ , ( $P < 0,01$ ) (рисунок 7).



1- «Успешные», 2- «Переходные», 3- «Неуспешные»

**Рисунок 7** – Сравнительная характеристика показателей  $K(ac)\%$  у испытуемых, воспроизводящих ЗО с различной результативностью

Выраженные достоверные различия по показателям моторной асимметрии свидетельствуют о возможном влиянии праволатеральных показателей на результативность деятельности.

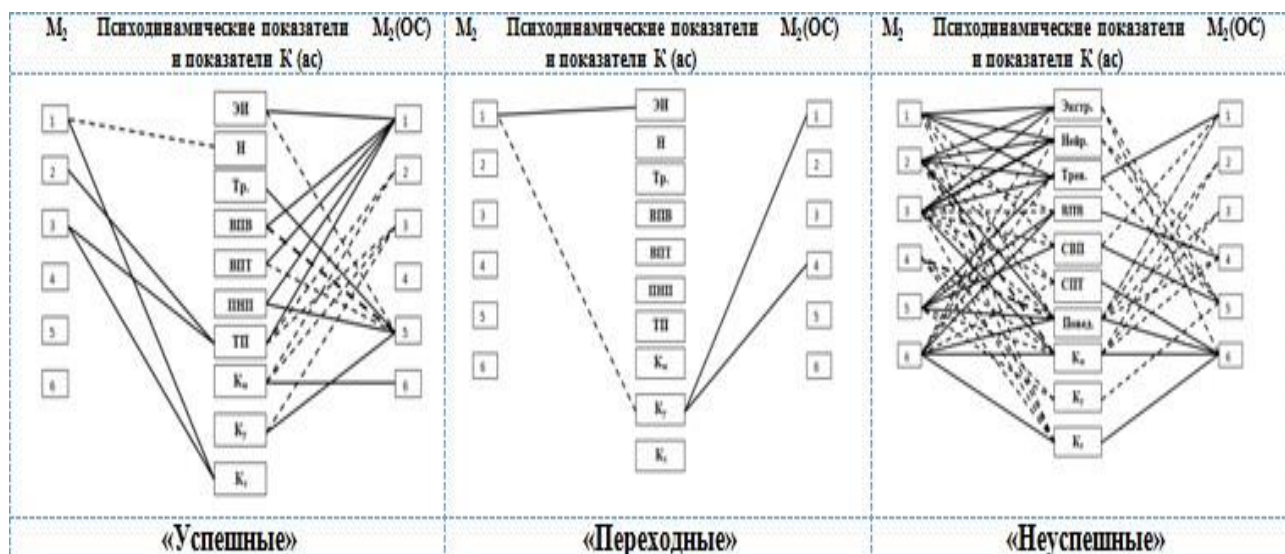
### **Соотношение показателей функциональной латерализации и психодинамических характеристик у испытуемых, воспроизводящих ЗО с различной успешностью**

Обобщая полученные результаты по влиянию свойств ЦНС на результативность целенаправленной деятельности, мы попытались установить различия между представителями «Успешной», «Переходной» и «Неуспешной» групп через выявление характера взаимосвязей между психодинамическими показателями, показателями типа поведения, показателями воспроизведения ЗО и ФМА. Выраженность взаимосвязей между указанными показателями оценивали с помощью корреляционного анализа (рисунок 8).

Характер корреляционных связей между психодинамическими характеристиками испытуемых и показателями целенаправленной деятельности при воспроизведении ЗО с различной результативностью имеет различную выраженность и направленность, что соответствует установленной ранее закономерности (рисунок 6). Наиболее оптимальной является конфигурация системной организации представителей «Успешной» группы, которая, с одной стороны характеризуется взаимосвязью высокой результативности целенаправленной деятельности с определенным сочетанием свойств нервной системы, которое приводит к необходимому результату. С другой стороны при этом сохраняется достаточное количество степеней свободы при формировании новых взаимоотношений для изменения системной организации успешной деятельности в иных условиях. Наименее оптимальной системной организации целенаправленного поведения, на наш взгляд, является «перегруженная»



корреляционными связями корреляционная плеяда испытуемых «Неуспешной» группы.



**Рисунок 8** – Корреляционные взаимосвязи между показателями, характеризующими деятельность испытуемых, относящихся к группам «Успешные», «Переходные», «Неуспешные» их психодинамическими характеристиками и показателями профиля ФМА в методиках  $M_2$  и  $M_2(OS)$

*Примечание* — указывает на положительный характер связи; - - - - - указывает на отрицательный характер связи. 1 - количество правильных ответов, 2 - количество ошибок, 3 - всего ответов, 4 - время воспроизведения, 5 - время между реакциями, 6 – КПД,  $K_m$  – коэффициент моторной асимметрии;  $K_u$  - коэффициент слуховой асимметрии;  $K_g$  - коэффициент зрительной асимметрии

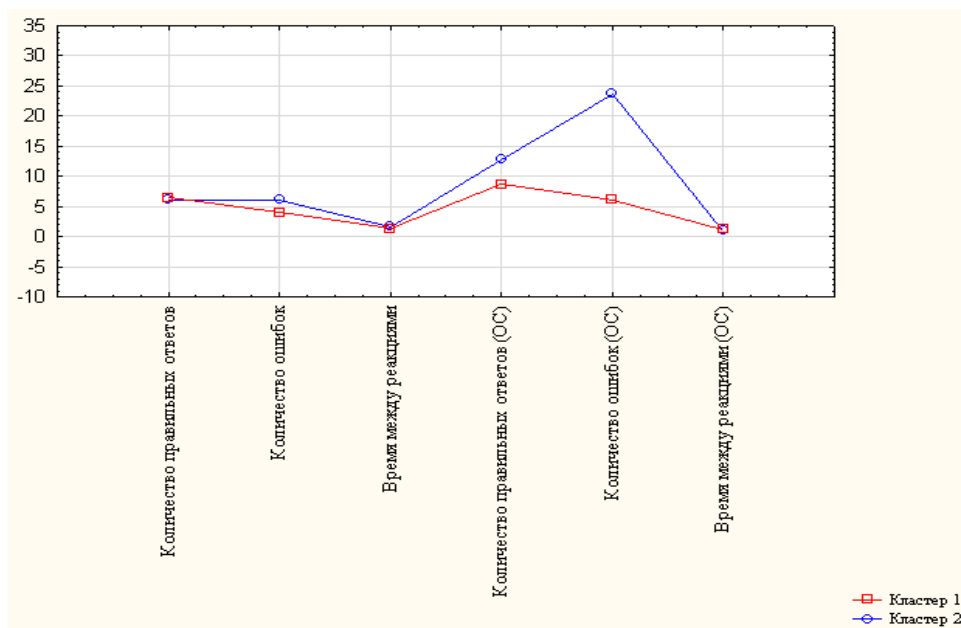
Эта перегруженность, по всей видимости, характеризует ригидность данной системной организации и не позволяет быстро осуществлять перестройку деятельности при изменении запросов внешней среды. Испытуемые «Переходной» группы в связи с малым количеством корреляционных связей между показателями индивидуальных свойств ЦНС и со значительным количеством степеней свободы, могут быстро перестраивать целенаправленное поведение в условиях достаточного количества информации о результатах деятельности.

### **Использование кластерного анализа и технологии ИНС для прогнозирования результативности целенаправленной деятельности испытуемых при воспроизведении ЗО**

С учетом всех полученных данных в исследовании для более корректной классификации и возможности прогнозирования результативности целенаправленной деятельности применялись методы кластерного анализа и технология ИНС.

Для решения вопросов классификации с выделением однородных групп применялся кластерный анализ методом К-средних. В дальнейшем эти результаты были использованы при обучении искусственных нейронных сетей

для построения макета экспертной системы прогнозирования результативности целенаправленной деятельности испытуемых при воспроизведении ЗО. Результаты кластерного анализа представлены на рисунке 9.

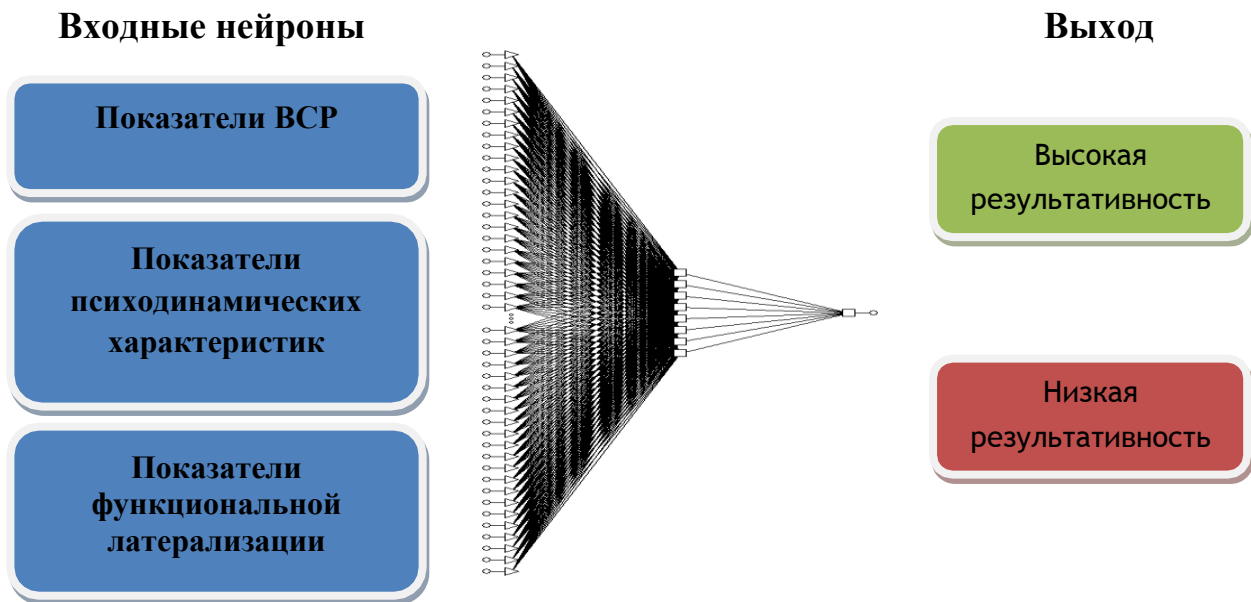


**Рисунок 9** – Результаты деления испытуемых на кластеры при воспроизведении ЗО с фиксированным временем их экспозиции без обратной связи и с обратной связью (ОС)

*Примечание:* кластер 1 – группа низко результативных испытуемых, кластер 2 – группа высоко результативных испытуемых

Анализ полученных результатов показал, что ведущим показателем результативности деятельности в методиках  $M_2$  и  $M_2(ОС)$  являлось не только количество правильных выборов, но и количество ошибок. Выявленные кластеры позволили на основе формальных признаков выделить две группы испытуемых с различной результативностью воспроизводящих ЗО: высоко результативную («Успешную») и низко результативную («Неуспешную»).

Для решения задачи прогнозирования результативности деятельности испытуемых при воспроизведении ЗО на основе использования данных кластерного анализа была применена технология ИНС. Созданная ИНС представляла собой многослойный перцептрон с 18 входными нейронами (18 характеристик испытуемых, получающими данные об исследуемых психометрических показателях, отражающих личностные свойства и показатели математического анализа ритма сердца, зарегистрированные до начала деятельности по воспроизведению ЗО), 5 промежуточными слоями и двумя выходами (MLP 18-5-2). Схематическая организация ИНС представлена на рисунке 10.



**Рисунок 10** – Модель ИНС для прогнозирования результативности деятельности испытуемых по воспроизведению ЗО

Вероятность правильного прогноза результативности деятельности испытуемых по воспроизведению ЗО отражена в таблице 2.

**Таблица 2** – Классификация выделенных кластеров при помощи ИНС

<b>Вариант решения</b>	<b>Высоко результативные «Успешные»</b>	<b>Низко результативные «Неуспешные»</b>	<b>Всего</b>
Правильно	97%	77%	91%
Неправильно	3%	23%	9%

Как следует из таблицы 2, прогнозирование деятельности по воспроизведению ЗО испытуемых с высокой результативностью с помощью технологии ИНС возможно с вероятностью более 97%. Относительно низкие показатели решения задачи прогнозирования в группе с низкой результативностью поведения (вероятность правильного прогноза около 77%) связаны с относительно небольшим количеством наблюдений в этой группе.

Кроме того, созданная нейронная сеть очень четко разделила показатели по их значимости в формировании прогноза результативности воспроизведения ЗО испытуемыми (таблица 3)..

Анализ усреднённых рангов показателей выявил, что наибольшую роль в решении задачи прогнозирования результативности целенаправленной деятельности играют показатели математического анализа ритма сердца (усреднённый ранг 7,75), второе место заняли показатели функциональной

латерализации (усреднённый ранг 8,3), третье – психодинамические характеристики (усреднённый ранг 11,0).

В таблице 3 представлен ранжированный список показателей, полученный при использовании технологии ИНС.

**Таблица 3** – Ранжированный список показателей используемых ИНС

Показатели	Ранг	Показатель чувствительности
Вариационный размах распределения динамического ряда R-R интервалов до начала деятельности (MnMxD)	1	2,33
Моторная функциональная асимметрия	2	2,33
Среднее квадратичное отклонение динамического ряда R-R интервалов до начала деятельности (SDNN)	3	2,17
Мощность спектра кривой, огибающий динамический ряд R-R интервалов в LF-диапазоне до начала деятельности	4	2,00
Личностная тревожность (тест MAS Тейлор)	5	1,83
Стресс - индекс (Si), рассчитанный при математическом анализе динамического ряда R-R интервалов до начала деятельности	6	1,67
Коэффициент вариации (CV) динамического ряда R-R интервалов до начала деятельности	7	1,67
Выраженность процессов возбуждения (тест ОТ Я. Стреляу)	8	1,67
Уравновешенность нервных процессов (тест ОТ Я. Стреляу)	9	1,67
Зрительная функциональная асимметрия	10	1,67
Эмоциональная реактивность (нейротизм, тест ЕРІАйзенка)	11	1,67
ЧСС до начала деятельности	12	1,64
Слухоречевая функциональная асимметрия	13	1,33
Мощность спектра кривой, огибающий динамический ряд R-R интервалов в VLF-диапазоне до начала деятельности	14	1,33
Подвижность нервных процессов (тест ОТ Я. Стреляу)	15	1,33
Мощность спектра кривой, огибающий динамический ряд R-R интервалов в HF-диапазоне до начала деятельности	16	1,17
Выраженность процессов торможения (тест ОТ Я. Стреляу)	17	1,00
Тип поведения (тест JAS Дженкинса)	18	1,00

## ВЫВОДЫ

1. Ограничение времени экспозиции зрительных образов 5000 мс существенно перестраивает деятельность испытуемых при их воспроизведении, что позволяет выделить две группы, участвующие в исследовании: группу испытуемых «успешно воспроизводящих зрительные образы» и группу «неуспешно воспроизводящих зрительные образы».

2. Наличие обратных связей о результатах деятельности испытуемых повышает успешность их деятельности, что позволяет выделить дополнительную группу испытуемых, успешность поведения которых зависит от степени информированности о результате деятельности по воспроизведению зрительных образов.

3. Физиологическая стоимость целенаправленного поведения испытуемых при воспроизведении зрительных образов с различной результативностью отражается в корреляционных взаимосвязях между показателями их деятельности и параметрами математического анализа ритма сердца.

4. Отличия испытуемых, воспроизводящих зрительные образы с неодинаковой результативностью, отражаются не только в абсолютных показателях их психодинамических характеристик и показателях функциональной латерализации, но и, в большей степени, в характере корреляционных взаимосвязей между ними, что обеспечивает формирование определенной конфигурации системной организации их целенаправленного поведения.

5. Исследование результативности деятельности при воспроизведении ЗО в группах испытуемых, разделенных по гендерному признаку, выявило неодинаковую психофизиологическую основу деятельности у представителей женского и мужского пола. Однако, динамика системогенеза целенаправленного поведения в условиях уменьшения времени экспозиции зрительных образов и обогащения обратными связями о результатах деятельности носила однонаправленный характер в сравниваемых группах.

6. Метод кластерного анализа и технология искусственных нейронных сетей на основе физиологических и психофизиологических показателей позволяют не только корректно решить задачу классификации испытуемых по результативности воспроизведения зрительных образов, но и достаточно надежно прогнозировать результаты этой деятельности.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Комплекс показателей функциональной латерализации, психодинамических характеристик и показателей математического анализа ритма сердца рекомендуется использовать для описания системной организации целенаправленной деятельности человека при воспроизведении зрительных образов с различной результативностью, выявляя характер корреляционных взаимосвязей между ними.

2. Для выявления относительно однородных групп испытуемых по критерию неодинаковой результативности целенаправленной деятельности человека при воспроизведении зрительных образов рекомендуется использовать кластерный анализ.

3. Для формирования прогноза результативности целенаправленной деятельности испытуемых с различными психофизиологическими и физиологическими характеристиками, рекомендуется использовать технологию искусственных нейронных сетей.

### **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Взаимосвязь базисных психодинамических характеристик и мозговой асимметрии в системной организации физиологических функций человека

[Текст] / М.М. Лапкин, И.А. Коженкин, **М.А. Меркулова**, // **Российский физиологический журнал.** - 2004. - Т.90, №8. - С.19-20.

2. **Меркулова, М.А.** Взаимосвязи психодинамических характеристик и показателей функциональной латерализации функций при воспроизведении зрительных образов человеком [Текст] / М.А. Меркулова, М.М. Лапкин // Личность в современных исследованиях: материалы V межрегион. науч.-практ. конф. "Проблемы развития личности". - Рязань: РязГМУ, 2005. - Вып.8. - С.86-93.

3. **Меркулова, М.А.** Влияние психодинамических характеристик и показателей функциональной латерализации функций на воспроизведение зрительных образов у человека [Текст] / М.А. Меркулова, Н.А. Куликова // Материалы научной конференции: сб. науч. тр. - Рязань, 2005. - С.30-32.

4. Соотношение психодинамических характеристик и показателей функциональной латерализации функций в системной организации целенаправленного поведения человека [Текст] / М.М. Лапкин [и др.] // Науч. тр. I съезда физиологов СНГ (Сочи-Дагомыс, 2005). - М., 2005. - №68. - С.28-29. – (Соавт.: Т.М. Григоренко, Р.П. Карасев, Н.А. Куликова, **М.А. Меркулова**, О.В. Отмахова, Е.А. Трутнева).

5. **Меркулова, М.А.** Соотношение психодинамических характеристик и показателей асимметрии мозга при воспроизведении зрительных образов человеком [Текст] / М.А. Меркулова, М.М. Лапкин // Проблемы физического воспитания населения: материалы межрегион. науч. - практ. конф. / ред.: В.Д. Прошляков, М.Ф. Сауткин; РязГМУ. - Рязань, 2006. - С.100-107.

6. **Меркулова, М.А.** Характер взаимоотношений показателей функциональной асимметрии мозга и психодинамических характеристик у человека в процессе воспроизведения зрительных образов [Текст] / М.А. Меркулова // Материалы ежегодной науч. конф. Рязан. гос. мед. ун-та им. акад. И.П. Павлова / под общ. ред. В.Г. Макаровой. - Рязань, 2006. - Ч.1. - С.27-28.

7. **Меркулова, М.А.** Соотношение психодинамических характеристик, показателей функциональной латерализации функций и "цены поведения" при воспроизведении зрительных образов человеком [Текст] / М.А. Меркулова, Н.А. Куликова, М.М. Лапкин // Материалы ежегодной науч. конф. Рязан. гос. мед. ун-та им. акад. И.П. Павлова / под общ. ред. В.Г. Макаровой. - Рязань, 2006. - Ч.1. - С.28-30.

8. Соотношение психодинамических характеристик и показателей функциональной латерализации функций при воспроизведении зрительных образов человеком [Текст] / М.М. Лапкин [и др.] // Развитие научного наследия Б.М. Теплова в отечественной и мировой науке (К 110-летию со дня рождения): материалы Междунар. науч. – практ. конф. - М., 2006. - С.159-160. - (Соавт.: **М.А. Меркулова**, Н.А. Куликова, Т.М. Григоренко, Е.А. Трутнева).

9. Индивидуальные особенности нервной системы человека и результативность его целенаправленной деятельности [Текст] / М.М. Лапкин [и др.] // Материалы XX съезда Физиологического о-ва им. И.П. Павлова: тез. докл. - М.: Издат. дом «Русский врач», 2007. - С.55. - (Соавт.: Т.М. Григоренко, Р.П. Карасев, Н.А. Куликова, **М.А. Меркулова**, Е.А. Трутнева).

10. Роль обратной связи при распознавании зрительных образов человеком [Текст] / М.М. Лапкин, М.А. Меркулова, Н.А. Куликова // Тезисы докладов XXI съезда физиологического общества имени И.П. Павлова.- М.; Калуга, 2010.- С. 342.

11. **Меркулова, М.А.** Обратная связь и фактор времени в формировании системной организации целенаправленного поведения человека при воспроизведении зрительных образов [Текст] / М.А. Меркулова, М.М. Лапкин, Н.А. Куликова // **Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. - 2014. - №1. - С. 50-59.**

12. **Меркулова, М.А.** Саморегуляция и временные характеристики раздражителей в формировании системной организации целенаправленного поведения человека при воспроизведении зрительных образов [Текст] / М.А. Меркулова, М.М. Лапкин, Н.А. Куликова // Материалы межрегион. науч. конф. с Международным участием Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова. - Рязань, 2014. - С. 25-27.

13. **Меркулова, М.А.** Взаимосвязь между индивидуальными особенностями нервной системы человека и результативностью воспроизведения зрительных образов [Текст] / М.А. Меркулова, М.М. Лапкин, Н.А. Куликова // **Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. - 2015. - № 1. - С. 52-61.**

14. Особенности системной организации целенаправленного поведения человека с неодинаковой результативности деятельности [Текст] / М.М. Лапкин [и др.] // Конференция с Международным участием «Научно-методические проблемы нормальной физиологии и медицинской физики», посвящённая 80-летию кафедр нормальной физиологии и медицинской физики Московского государственного медико-стоматологического университета имени А.И. Евдокимова (2-3 февраля 2017 г.): сборник материалов. – М., 2017. – С. 77-78. – (Соавт.: Р.А. Зорин, М.А. Меркулова, Е.А. Трутнева).

15. Обратная связь как фактор формирования системной организации целенаправленного поведения при воспроизведении зрительных образов испытуемыми с различными свойствами ЦНС [Текст] / **М.А. Меркулова** [и др.] // **Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. - 2018. – Т.66, №2. – С.116-121.** – (Соавт.: М.М. Лапкин, Е.А. Трутнева, М.В. Акулина).

16. **Меркулова, М.А.** Использование кластерного анализа и теории искусственных нейронных сетей для прогнозирования результативности целенаправленной деятельности человека [Текст] / М.А. Меркулова, М.М. Лапкин, Р.А. Зорин // **Наука молодых (Eruditio Juvenium).– 2018.–Т.6, №3.– С.374-382.**

17. **Меркулова, М.А.** Использование кластерного анализа для решения вопросов классификации испытуемых, воспроизводящих зрительные образы с различной результативностью [Текст] / М.А. Меркулова, М.М. Лапкин, Р.А. Зорин // **Вестник новых медицинских технологий. – 2019. –Т. 26, №1.- С.124-128.**

## СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- ВПВ – выраженность процессов возбуждения  
ВПТ – выраженность процессов торможения  
ВСР — варибельность сердечного ритма  
ЗО – зрительный образ  
ИНС – искусственные нейронные сети  
КПД – коэффициент полезного действия  
НС – нервная система  
ОС – обратная связь  
ПНП – подвижность нервных процессов  
ФМА – функциональная мозговая асимметрия  
ЦНС – центральная нервная система  
ЧСС - частота сердечных сокращений  
CV- коэффициент вариации;  
HF- High frequency (мощность спектра в высокочастотном диапазоне кривой, огибающей динамический ряд кардиоинтервалов)  
IC– (LF/HF) - индекс централизации.  
LF- Low frequency (мощность спектра в низкочастотном диапазоне кривой, огибающей динамический ряд кардиоинтервалов)  
MnMxD-вариационный размах;  
SDNN – среднее квадратичное отклонение;  
SI - индекс напряжения регуляторных систем;  
VLF – Very low frequency (мощность спектра в сверхнизкочастотном диапазоне кривой огибающей динамический ряд кардиоинтервалов)