

**УДК 159.938.3**

## **ФЕНОМЕН НЕЗАВИСИМОСТИ ВРЕМЕНИ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ РЕАКЦИИ ПРОСТОГО ВЫБОРА (МОДЕЛЬ «GO / NO-GO») ОТ ЧИСЛА И МОДАЛЬНОСТИ ДИФФЕРЕНЦИРОВОЧНЫХ ТОРМОЗНЫХ СТИМУЛОВ**

*Соболев В. И.<sup>1</sup>, Попов М. Н.<sup>1</sup>, Труш В. В.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Гуманитарно-педагогическая академия (филиал) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Ялта, Республика Крым, Россия*

*<sup>2</sup>Донецкий национальный университет, Донецк*

*E-mail: v.sobolev@mail.ru*

В исследованиях, проведенных с участием девушек, установлено, что латентный период сложной зрительно-моторной реакции простого выбора «Go / No-go»-типа слабо зависит от числа и модальности равновероятно предъявляемых дифференцировочных тормозных стимулов (ДТС), не требующих со стороны испытуемого моторного ответа. При удвоении числа одномодальных ДТС от одного («Red») до двух («Red/Green») время реакции не изменялось (соответственно,  $298 \pm 4,3$  и  $300 \pm 3,5$  мс) и оставалось в тех же пределах при расширении списка ДТС за счет стимулов иной модальности («Sound» и «Tactile»): «Red/Green/Sound» ( $308 \pm 3$  мс) и «Red/Green/Sound/Tactile» ( $304 \pm 2,6$  мс).

Вариабельность латентных периодов зрительно-моторной реакции, по данным величины дисперсии, при удвоении числа одномодальных дифференцировочных тормозных стимулов существенно возрастала (в 1,5 раза): с 5090 при «Red»-стимуляции до 7581 при «Red/Green» алгоритме. При увеличении числа дифференцировочных стимулов за счет стимулов другой модальности («Sound» и «Tactile») дисперсии выборов более не увеличивались и оставались неизменными.

Эффект нарастания числа и модальности ДТС, отсутствующий на уровне значений средних арифметических в целостных вариационных рядах, проявляется при анализе параметров модальных интервалов. Показано, что при использовании ДТС-стимулов иной модальности изменяется характер распределения частот встречаемости вариантов, в частности за счет смещения границ модального интервала в сторону удлиненных значений латентного периода, различий в относительной плотности частот распределения и более плоской вершины кривой.

**Ключевые слова:** механизмы сенсомоторной реакции, дифференцировочная реакция простого выбора, время зрительно-моторной реакции, зависимость латентного периода от числа дифференцировочных стимулов.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Природа перцепции как психологического феномена является предметом интенсивных исследований в различных областях психологии, прикладной физиологии, психиатрии и педагогики [1–8]. Среди многочисленных аспектов указанной проблемы важное место принадлежит вопросу о механизмах формирования одного из элементов феномена восприятия – ощущения, в частности зрительного [6–12]. В настоящее время ведутся интенсивные исследования в области построения моделей, описывающих основные принципы функционирования нейронных сетей ЦНС при обработке зрительной информации в

центральной части анализатора [6, 11–14], разрабатываются теории формирования ощущения, восприятия и сенсорного осознания, построенных на так называемом принципе "кольца" А. М. Иваницкого [9, 15], "динамического ядра" Дж. Эделмена [16], а также на результатах исследований В. Я. Сергина [17]. Тем не менее, остается все еще не решенным вопрос о временных параметрах формирования сенсорного осознания (время сенсорного осознания). Важные результаты получены в нейрофизиологических исследованиях [9, 18–20] путем измерения латентности пиков вызванных электрических потенциалов в различных участках коры головного мозга (потенциалы, связанные с событием – зрительным стимулом). А. М. Иваницкий и соавторы [15] пришли к выводу, что время формирования осознанного ощущения в ответ на вспышку света находится в пределах 300 мс. При этом обращается внимание, что указанная латентность не включает время, необходимое для принятия решения, как, например, в случае необходимости выполнения того или иного сенсорного ответа. Следовательно, латентный период сенсорной реакции является суммой даже не двух, а более многочисленных компонентов, что усложняет проведение анализа и выяснение механизмов формирования ощущения.

Одним из методических подходов, широко используемых в физиологии сенсорных систем, является метод психометрии, в частности, измерение латентного периода выполнения зрительно-моторной реакции. Принято считать, что все сенсомоторные реакции, прежде всего, можно разделить на 2 группы: простые и сложные [14, 18, 21–25]. Последние, в свою очередь, подразделяются на несколько типов, в том числе на так называемую сложную дифференцировочную реакцию простого выбора. Согласно этой парадигме (реакция «Go / No-go»-типа), при чередующемся предъявлении двух стимулов испытуемый на один из них (тестовый стимул) должен отвечать моторной реакцией, а на второй (дифференцировочный тормозной стимул – ДТС) – его игнорировать.

Зрительно-моторная реакция «Go / No-go»-типа по сравнению с другими разновидностями сложных сенсомоторных реакций является относительно простой, так как принятие решения осуществляется при меньшем числе промежуточных нейрональных операций. Латентность такой реакции, по данным разных авторов [2, 3, 18, 26, 27], колеблется в рамках 240 – 400 мс и зависит во многом от алгоритма опыта и конструктивных особенностей экспериментальных установок. В качестве дифференцировочного тормозного стимула принято использовать стимулы той же модальности, различающиеся в основном по параметрам силы света, длины волны, длительности и алгоритму стимуляции, особенностям излучателя и стимулируемой области сетчатки. При этом число предъявляемых испытуемому дифференцировочных стимулов в рамках измерения времени реакции не превышает одного. В связи с этим возникает вопрос: зависит ли время сложной сенсомоторной реакции простого выбора от числа тормозных стимулов, т. е. стимулов которые испытуемый обязан игнорировать?

Вопрос о характере влияния числа предъявляемых испытуемому стимулов на время психомоторной реакции подробно изучался на примере сенсомоторных реакций сложного выбора, когда на разные альтернативные тестовые сигналы

испытуемый отвечает разными двигательными или словесными реакциями. В этом случае время реакции от числа альтернативных стимулов описывается логарифмической зависимостью (закон Хика). Что же касается вопроса о характере зависимости между латентностью и числом дифференцировочных тормозных стимулов в модели «Go / No-go»-типа, то он нуждается в дополнительных исследованиях.

В настоящем исследовании в качестве рабочей гипотезы было выдвинуто предположение о том, что латентный период сложной зрительно-моторной реакции модели «Go / No-go»-типа слабо зависит от числа и модальности тормозных дифференцировочных стимулов, не требующих моторной реакции. Выяснение вероятности такого рода предположения и явилось целью нашей работы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

*Характеристика контингента испытуемых.* Исследования проведены в весенний период 2018 г с участием 10 девушек возрастом 18–19 лет ( $M = 18,5$ ,  $SD = 0,41$ ), обучающихся в Институте педагогики, психологии и инклюзивного образования Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.

*Процедура исследования и оборудование.* В работе использовали известную модель сложной дифференцировочной реакции простого выбора, обозначаемую как реакция «Go / No-go»-типа. Согласно алгоритму этой модели, при чередующемся предъявлении двух стимулов испытуемый на один из них (тестовый стимул – ТС) должен отвечать моторной реакцией, а на второй (дифференцировочный тормозной стимул – ДТС) – его игнорировать. В ходе исследований были проведены 5 серий опытов (таблица). В первой серии экспериментов (1ЛП) определяли латентный период (ЛП) простой зрительно-моторной реакции (30 попыток) исключительно на тестовый стимул синего цвета («Blue»). В последующих сериях опытов (2ЛП - 5ЛП) измеряли время реакции, используя модель «Go / No-go» (дифференцировочная реакция простого выбора). В качестве тестового стимула использовали вспышку источника синего света («Blue»), а дифференцировочного тормозного стимула, не требующего моторной реакции, – световые вспышки красного («Red») или зеленого («Green») света. Для расширения перечня дифференцировочных стимулов, кроме световых, использовали раздражители других сенсорных модальностей: звуковой («Sound») и тактильный («Tactile»). Учитывая задачи настоящей работы, в каждой последующей серии опытов число используемых ДТС нарастало – от одного («Red») в 2ЛП-серии до четырех («Red/Green/Sound/Tactile») в серии 5ЛП (табл. 1). Тестовый и дифференцировочный стимулы предъявлялись случайным образом, чередуясь с интервалом 4–6 с. Собственно ДТС-стимулы в сериях, в которых их число превышало единицу (от двух до четырех, серии 3ЛП – 5ЛП), чередовались также случайным образом. Перед каждым тестом испытуемый выполнял тренировочный цикл из 15 попыток. Число измерений времени зрительно-моторной реакции в ответ на предъявление ТС в каждой из серий опытов для отдельного испытуемого составляло: 1ЛП ( $n=30$ ), 2ЛП ( $n=30$ ), 3ЛП ( $n=60$ ), 4ЛП ( $n=90$ ) и 5ЛП ( $n=120$ ). Соотношение между числом тестовых и ДТС-стимулов во всех сериях

опытов было равно 1/1. Для исключения эффекта утомления тест 5ЛП проводился через 60 мин после тестов 1ЛП – 4ЛП.

Латентный период (ЛП) простой и дифференцировочной зрительно-моторной реакции соответствовал интервалу времени от момента предъявления тестового стимула до момента отжатия кнопки «СТОП» секундомера, т. е. его остановки. Электронный секундомер, построенный на основе микроконтроллера ATmega 8515-16PU и LED-дисплея CA56-12SRWA, позволял измерять интервал времени с точностью до 0,25 мс/дел. Во время эксперимента пульт с кнопкой фиксировался между большим (сверху) и четырьмя (снизу) пальцами правой руки. Благодаря хорошей эргономике пульта, в процессе выполнения моторной реакции при встречном движении пальцев (имитация хватательного рефлекса) существенно укорачивалось время срабатывания кнопки «СТОП» и, следовательно, уменьшалась ошибка измерения, обусловленная ее механическими свойствами.

В качестве источника света использовали RGB-светодиод (Ultra brightness BL-L515RGBC) с рассеивающей линзой (угол рассеивания  $20^\circ$ ), что позволило инициировать вспышку красного (Ultra Orange 630 nm), зеленого (Ultra Pure Green 525 nm) или синего (Blue 430 nm) света. Значение силы света для каждого светового излучателя (красного, зеленого и синего) выбирали одинаковой и предварительно аппаратными средствами устанавливали на приемлемом для глаза уровне 2000 mcd (luminous intensity). Длительность светового импульса была всегда одинаковой и составляла 10 мс.

Источником звукового сигнала служили парные головные телефоны; интенсивность звука составляла 80 дБ при частоте 2000 Гц и длительности стимуляции 10 мс.

Тактильное раздражение осуществлялось путем скрытого, невидимого и неожиданного для испытуемого кратковременного легкого касания его спины.

При статистической обработке данных использовали пакеты прикладных программ Excel и Statistica 7.0. Вариационный ряд строился путем суммирования индивидуальных вариационных рядов всех испытуемых (объединенный, сводный, вариационный ряд) при строгом соблюдении условия: число вариантов, вносимых в сводный вариационный ряд, для каждого испытуемого было одинаковым. Такой подход позволил сохранить в объединенных рядах весь спектр значений индивидуальных эмпирических реакций, что, несмотря на закономерное увеличение дисперсии и коэффициента вариации, улучшает репрезентативность выборок, адекватно отражая реальную вариабельность показателя времени выполнения зрительно-моторной реакции. Статистическую значимость различий между двумя средними арифметическими величинами определяли с помощью двухвыборочного t-теста Стьюдента для выборок с различными дисперсиями при заданном уровне значимости  $p < 0,05$ . При оценке различий между двумя множествами применяли двухвыборочный F-тест для дисперсий, а также построение графиков частот распределения данных в вариационных рядах. Во всех случаях сравнение анализируемых показателей и статистическая оценка различий проводили на основании проверки нулевой и альтернативной гипотез.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных данных показал, что время простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР), измеренное в тесте 1ЛП, составило в среднем  $181 \pm 2,3$  мс при соответствующей (1674) дисперсии целостного вариационного ряда (табл. 1). Коэффициент вариации за счет определенного числа (17 вариант из 300) «удлиненных» индивидуальных реакций был значительным, достигая 23 %.

Изменение типа изучаемой зрительно-моторной реакции с ПЗМР на дифференцировочную реакцию простого выбора (2ЛП – 5ЛП) существенно отразилось на всех ее параметрах (табл. 1, Рис.). Во-первых, существенно удлинялся латентный период реакции на предъявление тестового стимула. Так, в тесте 2ЛП он составил  $298 \pm 4,3$  мс, что было на 65 % больше ( $p < 0,05$ ), чем в тесте 1ЛП. При усложнении алгоритма дифференцировочной реакции (3ЛП – 5ЛП) степень удлинения ЛП была такого же порядка – от 66 % до 70 %.

Таблица 1

**Время зрительно-моторной реакции ( $M \pm m$ ) и некоторые его статистические параметры у испытуемых при разных условиях стимуляции**

Условия опыта: характер стимуляции, код серии опыта	Среднее значение (мс), стандартная ошибка и дисперсия выборки	Мода (мс)	Эксцесс	Асимметрич- ность
Тестовый стимул «Blue» (1ЛП)	$181 \pm 2,3$ (1674) ** n = 300	174,3	$2,28 \pm 0,28$ p < 0,05	$1,08 \pm 0,14$ p < 0,05
Тестовый стимул «Blue», дифференцировочный тормозной стимул «Red» (2ЛП)	$298 \pm 4,3$ * (5090) n = 300	268,8	$0,78 \pm 0,28$ p < 0,05	$0,57 \pm 0,14$ p < 0,05
Тестовый стимул «Blue», чередующиеся дифференцировочные тормозные стимулы «Red/Green» (3ЛП)	$300 \pm 3,5$ * (7581) ** n = 600	281,5	$-0,21 \pm 0,20$ p > 0,05	$0,35 \pm 0,10$ p < 0,05
Тестовый стимул «Blue», чередующиеся дифференцировочные тормозные стимулы «Red/Green/Sound» (4ЛП)	$308 \pm 3,0$ * (7491) ** n = 900	322,2	$-0,35 \pm 0,16$ p < 0,05	$0,54 \pm 0,08$ p < 0,05
Тестовый стимул «Blue», чередующиеся дифференцировочные тормозные стимулы «Red/Green/Sound/Tactile» (5ЛП)	$304 \pm 2,6$ * (7313) ** n = 1200	322,6	$-0,38 \pm 0,15$ p < 0,05	$0,70 \pm 0,07$ p < 0,05

*Примечание:* в круглых скобках приведено значение дисперсии; \* – латентный период статистически значимо ( $p < 0,05$ ) отличается от соответствующего значения в серии 1ЛП; \*\* – величина дисперсии статистически значимо ( $p < 0,05$ ) отличается от соответствующего значения в серии 2ЛП (двухвыборочный F-тест для дисперсии); n – общее число измерений в каждой серии опытов у 10 испытуемых.

В-третьих, несмотря на отсутствие различий в средних величинах ЛП при разном числе дифференцировочных тормозных стимулов (от 1 до 4), дисперсии выборок в ряде случаев различались (табл. 1). Наименьшее значение дисперсии (5090) отмечено в вариационном ряде 2ЛП-серии (один ДТС-стимул), которое статистически достоверно ( $p < 0,05$ ) отличалось от значений в других выборках (3ЛП – 5ЛП). Наибольшая дисперсия выявлена в вариационном ряде 3ЛП (7581). При удлинении списка ДС до двух, трех и четырех (серии 3ЛП - 5ЛП), в том числе за счет использования стимулов других модальностей («Sound» и «Tactile»), величина дисперсии по сравнению с серией 3ЛП, как можно было бы ожидать, не увеличивалась ( $p > 0,05$ ), а оставалась в рамках 7313 – 7491 (табл. 1). Следовательно, дисперсия выборок в сводных вариационных рядах прогрессивно нарастала только в случае увеличения числа (от 1 до 2-х) одномодальных дифференцировочных тормозных стимулов («Red» и «Red/Green»). В дальнейшем, при дополнении списка ДТС за счет стимулов другой модальности («Red/Green/Sound» и «Red/Green/Sound/Tactile») вариабельность сенсомоторной реакции более не увеличивалась.

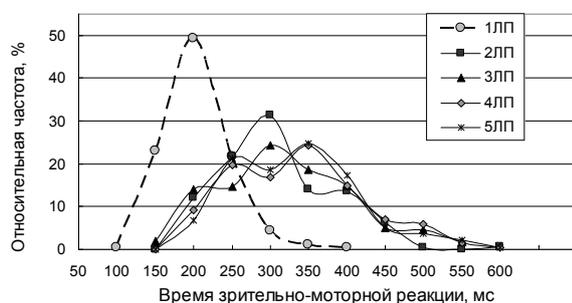


Рисунок. Частота распределения времени простой (1ЛП) и дифференцировочной (2ЛП - 5ЛП) зрительно-моторных реакций в целостных вариационных рядах.

*Примечание:* частота встречаемости значений времени реакций в целостных вариационных рядах выражена в относительных величинах (%); 1ЛП - 5ЛП - код серии опытов.

вариационных рядах (рис., табл. 1) для разных серий опытов различались. Так, в сериях 3ЛП – 5ЛП величина эксцесса была незначительной и всегда имела отрицательный знак, а в остальных случаях эксцесс был всегда положительным и достаточно высоким ( $p < 0,05$ ). Последнее указывает на высокую кучность расположения вариант возле своих средних арифметических. Имелись различия и в степени асимметричности кривых, которые, тем не менее, всегда были асимметричными (табл. 1).

Во-вторых, что важно подчеркнуть, средние значения ЛП для целостных вариационных рядов статистически значимо не различались при разных модификациях опыта. Так, при использовании алгоритма 2ЛП (один индифферентный стимул – «Red») величина ЛП была равна  $298 \pm 4,3$  мс, а в случае применения четырех индифферентных стимулов в серии опытов 5ЛП («Red/Green/Sound/Tactile») латентный период составил  $304 \pm 2,6$  мс, т.е. не изменялся ( $+6 \pm 5,0$  мс,  $p > 0,05$ ).

В-четвертых, параметры кривых распределения частоты встречаемости вариант в сводных

Таким образом, латентный период дифференцировочной зрительно-моторной реакции, во-первых, был всегда существенно длиннее, чем при ПЗМР и, во-вторых, слабо зависел от числа (от 1 до 4) дифференцировочных тормозных стимулов, в том числе и другой модальности.

Несмотря на отсутствие различий между средними величинами длительности ЛП в зависимости от числа предъявляемых тормозных дифференцировочных стимулов в сводных вариационных рядах 2ЛП – 5ЛП-серий, визуальная оценка характера взаимного расположения кривых частоты распределения (рис.) указывает на вероятность проявления различий на уровне структуры модальных интервалов. Сравнительный анализ показал, что в случае дифференцировочной зрительно-моторной реакции все кривые частот встречаемости значений ЛП в сводных вариационных рядах серий 2ЛП-5ЛП относительно ПЗМР (1ЛП) смещены по оси ординат вправо, т. е. в сторону удлинения времени реакции. Кроме того, пики двух кривых (2ЛП и 3ЛП), с одной стороны, и пики кривых 4ЛП – 5ЛП, с другой, соотносятся с разными значениями параметра «время латентного периода». Эта особенность, легко выявляемая визуально, вызвала необходимость проведения количественной оценки различий в характере распределения исследуемых кривых.

С нашей точки зрения, определенные результаты могут быть получены путем сравнительного анализа статистических параметров соответствующих модальных интервалов. С этой целью первоначально на основании эмпирических данных и частот распределения в каждом вариационном ряду были определены модальные интервалы, характеризующиеся наибольшей частотой встречаемости вариант. Так, по данным табл. 2 видно, что модальный интервал для вариационного ряда 1ЛП составил 150 – 200 мс, для 2ЛП – 3ЛП соответственно 250 – 300 мс, а для 4ЛП и 5ЛП он располагался в диапазоне 300 – 350 мс. На следующем этапе анализа в обозначенных модальных интервалах были вычислены значения моды:

$$M_o = X_o + h \frac{f_{M_o} - f_{M_o-1}}{2f_{M_o} - f_{M_o-1} - f_{M_o+1}},$$

где  $X_o$  – нижнее значение модального интервала;  
 $f_{M_o}$  – частота в модальном интервале;  
 $f_{M_o-1}$  – частота в предыдущем интервале;  
 $f_{M_o+1}$  – частота в следующем интервале за модальным;  
 $h$  – размах интервала.

Из табл. 1 видно, что наименьшее значение моды отмечено для случая 1ЛП (174,3 мс), а наибольшее – для варианта 5ЛП (322,6 мс). Кроме того, средние арифметические всегда несколько отличались от моды. Рассчитанные численные значения моды в силу природы данного показателя невозможно сравнить между собой с целью определения статистически значимых различий (проверка нулевой и альтернативной гипотез). Однако представляется возможным использовать и другой простой способ сравнительного анализа, основанный на вычислении средней арифметической величины для всех вариант, вошедших в тот или иной модальный интервал. Такие новообразованные вариационные ряды позволяют при

статистическом анализе использовать применяемые в таких случаях стандартные методы описательной статистики: расчет средней величины, ее ошибки, стандартного отклонения, дисперсии выборки и т. д., что позволяет, в частности, использовать при оценке различий двухвыборочный t-тест Стьюдента и двухвыборочный F-тест для дисперсий. Например, модальный интервал для 1ЛП-серии включает 148 эмпирических вариант при рассчитанной средней арифметической  $173 \pm 1,2$  мс и дисперсии 204, а для серии 5ЛП при числе вариант в модальном интервале 298 средняя величина и ее ошибка составили  $319 \pm 0,8$  мс при дисперсии 197 (табл. 2).

Проведенный анализ показал следующее. Во-первых, число эмпирических вариант (при  $h = 50$  мс), вошедших в соответствующий модальный интервал (в % от всего числа вариант в исходном вариационном ряду) наиболее высоким было в 1ЛП-серии (49 % всего ряда из 300 вариант). В других выборках (серии 2ЛП – 5ЛП) этот параметр практически не различался и в относительных величинах находился в пределах 24 % – 25 %.

Таблица 2

**Характеристика параметров зрительно-моторной реакции в модальных интервалах вариационных рядов при разных условиях эксперимента**

Условия опыта: характер стимуляции, код серии опыта	Модальный интервал (мс)	Частота в модальном интервале ( $f_{Mo}$ ) и доля (в %) от общего числа вариант ( $n_1$ )	Среднее значение латентного периода в модальном интервале (мс) и стандартная ошибка	Дисперсия выборки ( $s^2$ ) и число вариант ( $n_2$ ) в модальном интервале
Тестовый стимул «Blue», (1ЛП)	150 - 200	148 (49 %) $n_1 = 300$	$173 \pm 1,2$ * #	$s^2 = 204$ $n_2 = 148$
Тестовый стимул «Blue», дифференцировочный тормозной стимул «Red» (2ЛП)	250 - 300	94 (30 %) $n_1 = 300$	$280 \pm 1,5$ *	$s^2 = 224$ $n_2 = 94$
Тестовый стимул «Blue», чередующиеся дифференцировочные тормозные стимулы «Red/Green» (3ЛП)	250 - 300	146 (24 %) $n_1 = 600$	$281 \pm 1,2$ *	$s^2 = 209$ $n_2 = 146$
Тестовый стимул «Blue», чередующиеся дифференцировочные тормозные стимулы «Red/Green/Sound» (4ЛП)	300 - 350	218 (24 %) $n_1 = 900$	$324 \pm 1,0$ * #	$s^2 = 220$ $n_2 = 218$
Тестовый стимул «Blue», чередующиеся дифференцировочные тормозные стимулы «Red/Green/Sound/Tactile» (5ЛП)	300 - 350	298 (25 %) $n_1 = 1200$	$319 \pm 0,8$ * #	$s^2 = 197$ $n_2 = 298$

*Примечание:* в круглых скобках приведено число вариант, попавших в указанный модальный интервал и доля в % от общего числа вариант в вариационном ряду; \* – латентный период статистически значимо ( $p < 0,05$ ) отличается от соответствующего значения в серии 1ЛП; # – латентный период статистически значимо отличается от значений в сериях 2ЛП – 3ЛП.

Во-вторых, среднее значение ЛП в модальном интервале серии 1ЛП было равным  $173 \pm 1,2$  мс. В условиях дифференцировочной зрительно-моторной реакции средние арифметические в новообразованных выборках, представляющих ЛП в исследуемых модальных интервалах, были существенно выше. При этом, при использовании одного («Red») и двух («Red/Green») одномодальных дифференцировочных тормозных стимулов средние значения ЛП статистически значимо не различались ( $280 \pm 1,5$  и  $281 \pm 1,2$  мс). В случае использования 3-х и 4-х чередующихся ДТС-стимулов (серии 4ЛП – 5ЛП), среди которых присутствовали стимулы другой (не световой) модальности («Sound» и «Tactile»), средние значения в модальных интервалах в сравнении с 2ЛП – 3ЛП-сериями значительно возрасли ( $p < 0,05$ ) на  $43 \pm 1,6$  мс (серия 4ЛП) и  $38 \pm 1,4$  мс (5ЛП-серия).

В-третьих, несмотря на различия средних величин ЛП в модальных интервалах разных серий опытов, дисперсии выборок были равными (двухвыборочный F-тест для дисперсии) и колебались в диапазоне от 197 до 224.

Таким образом, различия между временем выполнения сложной зрительно-моторной реакции при использовании в качестве тормозных дифференцировочных стимулов одномодальных (2ЛП и 3ЛП-серии) и разномодальных (4ЛП и 5ЛП-серии) алгоритмов опыта выявляются только в случае анализа относительно ограниченных выборок эмпирических данных (24 – 30 %), располагающихся вокруг значения «своей» моды.

Установленный факт независимости времени дифференцировочной реакции простого выбора (ДифРПВ) от числа альтернативных тормозных стимулов (от 1 до 4), в том числе и разных модальностей, с нашей точки зрения, является показательным, и позволяет обсуждать вопрос о психофизиологических механизмах реализации зрительно-моторной реакции модели «Go / No-go»-типа.

Прежде всего, результаты наших исследований подтверждают хорошо известный факт [3, 18, 21, 23, 27] существенного удлинения времени ДифРПВ по сравнению с простой зрительно-моторной реакцией (ПЗМР). По нашим данным (табл. 1), подобная смена модели сопровождалась удлинением латентного периода сенсомоторной реакции с  $181 \pm 2,3$  мс (1ЛП-серия) до  $298 \pm 4,3$  мс (серия 2ЛП), т. е. на  $+117 \pm 4,9$  мс (64 %,  $p < 0,05$ ). Такой эффект обусловлен различиями в структурно-функциональных путях и механизмах реализации сенсорного ответа. С точки зрения психофизиологии, в случае ПЗМР перцептивный акт элементарен, а сенсорный ответ инициируется на основе исключительно факта появления, изменения или прекращения действия раздражителя. Более того, по результатам экспериментов с использованием последовательной обратной световой маскировки [28] для инициации моторной реакции формирование осознанного ощущения и вовсе не требуется (Fehrer-Raab effect), хотя оно всегда проявляется, как психический феномен, но уже после запуска двигательного акта.

При сложных сенсомоторных реакциях, требующих избирательного реагирования на различные стимулы отличных по цвету, размеру, форме и другим признакам, инициация сенсомоторного ответа осуществляется лишь после формирования соответствующего осознанного сенсорного ощущения. Именно с этим связан эффект удлинения латентного периода при дифференцировочной

зрительно-моторной реакции простого выбора (относительно ПЗМР), что мы и наблюдали. Необходимо сказать, что измеренный латентный период при выполнении ДифРПВ не идентичен времени формирования ощущения, так как в качестве составных слагаемых включает еще время принятия решения, а также инициации и выполнения двигательного акта. Определение латентности формирования осознанного ощущения требует специальных исследований и других алгоритмов эксперимента.

В настоящее время психофизиологами предложены многочисленные структурно-функциональные схемы, объясняющие логику выполнения сложных зрительно-моторных реакций [21]. Прежде всего, выделяют три узловых компонента – процесс формирования ощущения, принятие решения о способе действия и его моторное исполнение. Естественно, что каждый из названных компонентов обладает своей большей или меньшей степени сложности внутренней организацией [29]. В случае дифференцировочной зрительно-моторной реакции простого выбора (ДифРПВ) процесс принятия решения несколько упрощается, так нет необходимости в запуске двух или более альтернативных двигательных программ. Именно этим объясняется факт удлинения латентного периода при выполнении реакций сложного выбора (закон Хика) по сравнению с ДРПВ.

Рассматривая структуру показателя «время реакции» в случае выполнения зрительно-моторной реакции простого и сложного выбора, можно предположить, что наиболее вариабельными компонентами выступают процессы принятия решения и организации собственно двигательного акта. Что же касается компонента «время формирования ощущения», то, скорее всего, при прочих равных условиях он относительно постоянный, что не исключает возможности его модуляции третьими факторами.

В отличие от других типов сложных сенсомоторных реакций, как уже указывалось, при реализации дифференцировочной зрительно-моторной реакции простого выбора в ответ на тестовый стимул («Blue») предполагается запуск только одной, заранее выбранной, моторной программы и игнорирование ее запуска в случае предъявления дифференцировочного стимула. В наших экспериментах число таких дифференцировочных тормозных стимулов нарастало от одного в серии 2ЛП до четырех в серии 5ЛП.

Выявленный факт независимости времени реакции простого выбора от числа дифференцировочных тормозных стимулов, в том числе и разных модальностей позволяет сделать принципиально важный вывод о механизме реализации сенсомоторной реакции простого выбора и роли, которая отводится ДТС: для запуска реакции «Go / No-go»-типа важен лишь факт установления на основе возникающего ощущения идентичности параметров тестового стимула эталону, точно обозначенному в алгоритме опыта. Неизбежность предъявления дифференцировочного тормозного стимула и его ожидание заставляют функциональную систему «не спешить» с решением о запуске моторной реакции, ожидая момент завершения цикла формирования ощущения на тестовый стимул, что естественно требует дополнительного времени. Именно этим обстоятельством можно объяснить удлинение латентного периода при ДифРПВ относительно ПЗМР.

Такой механизм условно можно назвать «пермиссивным», так как предусматривается некое стандартное состояние (формирование осознанного ощущения), по достижении которого «разрешается» дальнейшее выполнение цепочки реакций, необходимых для реализации сенсомоторного ответа. Следовательно, роль ДТС-стимулов сводится лишь к побуждению генерации фазы ожидания, в течение которой должно сформироваться ощущение, и внесение ее в алгоритм работы функциональной системы. С этой точки зрения подобную функцию могут выполнять любые дифференцировочные тормозные стимулы, интенсивность которых не выходит за рамки физиологических значений. Такое предположение о роли и механизме действия дифференцировочных тормозных стимулов в парадигме дифференцировочной реакции «Go / No-go»-типа согласуется с результатами наших исследований и хорошо объясняет установленный факт независимости времени реакции на тестовый стимул от числа и модальности дифференцировочных тормозных стимулов.

Сделанный вывод в части формулировки тезиса о слабой зависимости дифференцировочной зрительно-моторной реакции от числа и модальности тормозных дифференцировочных стимулов во многом является неожиданным. Однако *a priori* мы исходили из предположения о высокой вероятности существования тех или иных различий в характере реализации дифференцировочной зрительно-моторной реакции в случае нарастания числа ДТС-стимулов, в том числе и стимулов другой («Sound» и «Tactile») модальности. Такие различия выявлены на уровне особенностей распределения данных во множествах, представляющих модальные интервалы. Оказалось, что средние арифметические величины латентного периода во множествах, располагающихся в модальных интервалах при использовании одномодальных дифференцировочных тормозных стимулов («Red» и «Red/Green»), на 24 – 30 % меньше, чем для случая с расширением числа ДТС-стимулов за счет стимулов другой модальности («Sound» и «Tactile»). Данный факт свидетельствует, что при использовании стимулов иной модальности изменяется характер распределения частоты встречаемости вариант, в частности за счет смещения границ модального интервала в сторону удлиненных значений латентного периода, различий в относительной плотности частот распределения и более плоской вершины кривой (см. рисунок и значение показателя «Экссесс» в табл. 1). При этом, возрастает число однородных (с точки зрения скорости) реакций, располагающихся вблизи значения средних арифметических величин в модальных интервалах, при сохранении пула очень быстрых и замедленных сенсомоторных ответов.

Таким образом, различия, проявляющиеся на уровне модальных интервалов и плотности частот распределения, не отражаясь на величинах средних арифметических в целостных вариационных рядах, меняют их структуру.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Латентный период сложной зрительно-моторной реакции простого выбора «Go / No-go»-типа («Blue» – тестовый стимул) слабо зависит от числа и модальности равновероятно предъявляемых дифференцировочных тормозных стимулов

- (ДТС), не требующих со стороны испытуемого моторного ответа. При удвоении числа одномодальных тормозных дифференцировочных световых стимулов от одного («Red») до двух («Red/Green») время реакции, по результатам вычисления средних арифметических величин для каждого целостного вариационного ряда, не изменялось (соответственно,  $298 \pm 4,3$  и  $300 \pm 3,5$  мс) и оставалось в тех же пределах при расширении списка ДТС за счет стимулов иной модальности («Sound» и «Tactile»): «Red/Green/Sound» ( $308 \pm 3$  мс) и «Red/Green/Sound/Tactile» ( $304 \pm 2,6$  мс).
2. Вариабельность латентных периодов зрительно-моторной реакции, по данным величины дисперсии, при удвоении числа одномодальных дифференцировочных тормозных стимулов существенно возростала (в 1,5 раза): с 5090 при «Red»-стимуляции до 7581 при «Red/Green» алгоритме. При увеличении числа тормозных дифференцировочных стимулов за счет стимулов другой модальности («Sound» и «Tactile») дисперсии выборок более не увеличивались и оставались неизменными.
  3. Эффект нарастания числа и модальности дифференцировочных тормозных стимулов, отсутствующий на уровне значений средних арифметических в целостных вариационных рядах, проявляется при анализе параметров модальных интервалов. Средние арифметические величины времени реакции в вариационных рядах, принадлежащих соответствующим модальным классам, для «Red» и «Red/Green» алгоритмов составили  $280 \pm 1,2$  и  $281 \pm 1,2$  мс, а для «Red/Green/Sound» и «Red/Green/Sound/Tactile» соответственно  $324 \pm 1,0$  и  $319 \pm 0,8$  мс, т. е. на  $43 \pm 1,6$  мс и  $38 \pm 1,4$  мс больше.

#### Список литературы

1. Даренская Н. Г. Экстраполяция экспериментальных данных на человека: принципы, подходы, обоснование методов и их использование в физиологии и радиобиологии. Руководство / Н. Г. Даренская, И. Б. Ушаков, И. В. Иванов и др. – Воронеж : Истоки, 2004. – 230 с.
2. Коробейникова И. И. Параметры сенсомоторных реакций, психофизиологические характеристики, успеваемость и показатели ЭЭГ человека / И. И. Коробейникова // Психолог. журн. – 2000. – Т. 21, № 3. – С. 132–136.
3. Лизогуб В. С. Возрастная динамика функциональной реорганизации сенсомоторных функций у лиц с депривацией слуха / В. С. Лизогуб, Л. И. Юхименко, Ю. Ф. Зганяйко и др. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология, химия. – 2016. – Том 2 (68), № 1. – С. 79–88.
4. Соболев В. И. Особенности психомоторных реакций у детей младшего школьного возраста специальных медицинских групп / В. И. Соболев, М. Н. Попов // Гуманитарные науки. – 2017. – № 2 (38). – С. 42–49.
5. Нехорошкова А. Н. Трансформация структуры зрительно-моторной деятельности при высокой тревожности у детей / А. Н. Нехорошкова, А. В. Грибанов, И. С. Кожевникова и др. // Экология человека. – 2012. – № 5. – С. 20–24.
6. Судаков К. В. Теория функциональных систем. Постулаты и принципы построения организма человека в норме и при патологии / К. В. Судаков // Патолог. физиология и эксперимент. терапия. – 2007. – № 4. – С. 2–11.
7. Kochan N.A. Is intraindividual reaction time variability an independent cognitive predictor of mortality in old age? Findings from the Sydney Memory and Ageing Study / Kochan N. A., Bunce D., Pont S., Crawford J. D, Brodaty H., Sachdev P. S. // PLoS One. 2017 Aug 9. – Vol. 9, No. 8. – e0181719.

8. Woods David L. Factors influencing the latency of simple reaction time / David L. Woods, John M. Wyma, E. William Yund [et al.] // *Front. Hum. Neurosci.* – 2015. – 26 March.
9. Иваницкий А. М. Мозговая основа субъективных переживаний: гипотеза информационного синтеза / А. М. Иваницкий // *Журнал высшей нервной деятельности.* – 1996. – Т. 46, № 2. – С. 241–252.
10. Шиффман Х. Р. Ощущение и восприятие. / Шиффман Х. Р. – 5-е изд. СПб.: Питер, 2003. – 928 с.
11. Heathcote A. Linear deterministic accumulator models of simple choice / A. Heathcote, Jonathon Love // *Front. Psychol.* – 2012. – 23 August.
12. Miller O. F. Motor processes in simple, Go/No-Go, and choice reaction time tasks: A psychophysiological analysis / O. F. Miller, Kathy Low // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance.* – 2001. – Vol. 27, No. 2. – P. 266–289.
13. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность / Н.А. Бернштейн. – М.: Наука (Серия "Классики науки"), 1990. – 497 с.
14. Ильин Е. П. Психомоторная организация человека / Е. П. Ильин. – СПб., 2003. 384 с.
15. Иваницкий А. М. Информационные процессы мозга и психическая деятельность / А. М. Иваницкий, В. Б. Стрелец, И. А. Корсаков. – М.: Наука, 1984. – 190 с.
16. Edelman G. M. Universe of Consciousness / G. M. Edelman, G. A. Tononi. – N. Y.: Basic Books, 2000. – 274 p.
17. Сергин В. Я. Авто-отождествление паттернов нейронной активности как физиологический механизм осознания / В. Я. Сергин // *Журнал высшей нервной деятельности.* – 2016. – Т. 66, № 3. – С. 259–278.
18. Айдаркин Е. К. Исследование особенностей взаимодействия зрительной и слуховой систем / Е. К. Айдаркин // *Валеология.* – 2006. – № 3. – С. 82–93.
19. Sokolov E. N. Conditioned reflex: detector and command neuron / E. N. Sokolov, N. I. Nezlina // *I. P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity.* – 2007. – Vol. 57, No. 1. – P. 5–22.
20. Strelets V.V. EEG mapping in emotional and cognitive pathology // *Conceptual Advances in Russian Neurosciences: Complex Brain Functions.* R. Miller, A.M. Ivanitsky, P.M. Balaban (Eds.). Harwood Academic Publishers. Reading, UK. 1999. – P. 151–167.
21. Нехорошкова А. Н. Сенсомоторные реакции в психофизиологических исследованиях (Обзор) / А. Н. Нехорошкова, А. В. Грибанов, И. С. Депутат // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки.* – 2015. – № 1. – С. 38–48.
22. Никандров В. В. Психомоторика / В. В. Никандров. – СПб., 2004. – 104 с.
23. Шутова С. В. Сенсомоторные реакции как характеристика функционального состояния ЦНС / С. В. Шутова, И. В. Муравьева // *Вестник ТГУ.* – 2013. – Т. 18, Вып. 5. – С. 2831–2840.
24. Savion-Lemieux T. Developmental Contributions to Motor Sequence Learning / T. Savion-Lemieux, J. A. Bailey, V. V. Penhune // *Exp. Brain Res.* – 2009. – Vol. 195(2). – P. 293–306.
25. Соболев В. И. Характеристика простых психомоторных реакций при чередующейся разномодальной сенсорной стимуляции (электромиографическое исследование) / В. И. Соболев // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского Биология. Химия.* – 2019. – Том 5 (71), № 1. – С. 126–138.
26. Благинин А. А. Особенности оценки функционального состояния у операторов с учетом индивидуальных психологических характеристик / А. А. Благинин, С. Н. Синельников, С. В. Смольянинова // *Физиология человека.* – 2017. – Том. 43, № 1. – С. 11–17.
27. Романенко В. А. Психофизиологический базис успешности обучения студенток / В. А. Романенко, Д. А. Кочура // *Вестник Донецкого национального университета. Сер. А: Естественные науки.* – 2016. – № 4. – С. 116–122.
28. Fehrer E. Reaction time to stimuli masked by metacontrast / E. Fehrer, D. Raab // *Journal of Experimental Psychology.* – 1962. – Vol. 63, № 2. – P. 143–147.
29. Анохин П. К. Философские аспекты теории функциональной системы / П. К. Анохин // *Отв. ред. Ф. В. Константинов, Б. Ф. Ломов, В. Б. Швырков.* – М.: Наука, 1978. – 399 с.

**THE INDEPENDENCE OF THE LATENT PERIOD OF A COMPLEX VISUAL-MOTOR REACTION ("GO / NO-GO"-MODEL) FROM THE NUMBER AND MODALITY OF DIFFERENTIATING INHIBITORY STIMULUS**

*Sobolev V. I.<sup>1</sup>, Popov M. N.<sup>1</sup>, Trush V. V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia*

<sup>2</sup>*Donetsk National University, Donetsk*

*E-mail: v.sobolev@mail.ru*

In the present study, as a working hypothesis, it was suggested that the latent period of a complex visual-motor response of the "Go / No-go"- model does not depend on the number and modality of the differentiating inhibitory stimuli. In studies with participation of girls, it was found that the latent period of a complex visual-motor response of a simple choice of "Go / No-go" type weakly depends on the number and modality of equally probable differentiating inhibitory stimuli that do not require a motor response from the subject.

When doubling the number of inhibitory stimuli from one ("Red") to two ("Red / Green"), the reaction time did not change (respectively,  $298 \pm 4.3$  and  $300 \pm 3.5$  ms) and remained within the same limits during expansion list of stimuli due to stimuli of a different modality ("Sound" and "Tactile"): "Red / Green / Sound" ( $308 \pm 3$  ms) and "Red / Green / Sound / Tactile" ( $304 \pm 2.6$  ms).

The variability of the latent periods of the visual-motor reaction, according to the variance, with a doubling of the number of single-modal differentiating inhibitory stimuli significantly increased (1.5 times): from 5090 with the "Red" stimulation to 7581 with the "Red / Green" algorithm. With an increase in the number of differentiation stimuli due to stimuli of a different modality ("Sound" and "Tactile"), the variances of the samples no longer increased and remained unchanged.

It is established that the effect of increasing the number of inhibitory stimuli is detected when analyzing the parameters of modal intervals. It is shown that when using inhibitory stimuli of a different modality, the character of the distribution of the frequency of occurrence of the variants in the variation rows changes. This effect is manifested in the displacement of the border of the modal interval towards higher values of the latent period. It is shown that differences appear in the relative frequency density of the distribution, which is manifested in the flat top of the curve.

**Keywords:** mechanisms of sensorimotor reaction, differentiation reaction of simple choice ("Go / No-go"-model), time of visual-motor reaction, dependence of latent period on the number of inhibitory stimuli.

#### References

1. Darenskaya N. G., Ushakov I. B., Ivanov I. V. Ekstrapolyatsiya ehksperimental'nykh dannykh na cheloveka: printsipy, podkhody, obosnovanie metodov i ikh ispol'zovanie v fiziologii i radiobiologii. Rukovodstvo, 230 s. (Voronezh, Istoki, 2004).
2. Korobejnikova I. I. Parametry sensomotornykh reaktsij, psikhofiziologicheskie kharakteristiki, uspevaemost' i pokazateli EEG cheloveka, *Psikholog. zhurn.*, **21** (3), 132 (2000).

3. Lizogub V. S., Yukhimenko L. I., Zganyajko YU. F. i dr. Vozrastnaya dinamika funktsional'noj reorganizatsii sensomotornykh funktsij u lits s deprivatsiej slukh, *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Biologiya, khimiya*, **2 (68)**, 79 (2016).
4. Sobolev V. I., Popov M. N. Osobennosti psihomotornykh reakcij u detej mladshogo shkol'nogo vozrasta special'nykh medicinskih grupp, *Gumanitarnye nauki*, **2 (38)**, 482 (2017).
5. Nekhoroshkova A. N., Griбанov A. V., Kozhevnikova I. S. Transformatsiya struktury zritel'no-motornoj deyatel'nosti pri vysokoj trevozhnosti u detej, *Ekologiya cheloveka*, **5**, 20 (2012).
6. Sudakov K. V. Teoriya funktsional'nykh sistem. Postulaty i principy postroeniya organizma cheloveka v norme i pri patologii, *Patologicheskaya Fiziologiya i Eksperimental'naya Terapiya*, **4**, 2 (2007).
7. Kochan N. A., Bunce D., Pont S., Crawford J. D., Brodaty H., Sachdev P. S. Is intraindividual reaction time variability an independent cognitive predictor of mortality in old age? Findings from the Sydney Memory and Ageing Study, *PLoS One*, **9 (8)**, e0181719 (2017).
8. Woods David L., Wyma John M., Yund E. William, Herron Timothy J., Reed B. Factors influencing the latency of simple reaction time, *Front. Hum. Neurosci.*, 26 March (2015).
9. Ivanickij A. M. Mozgovaya osnova sub"ektivnykh perezhivaniy: gipoteza informacionnogo sinteza, *Zhurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti*, **46 (2)**, 241 (1966).
10. Shiffman KH. R. *Oshhushhenie i vospriyatie*, 928 s. (SPb.: Piter, 2003).
11. Heathcote A., Love Jonathon. Linear deterministic accumulator models of simple choice, *Front. Psychol.*, 23 August (2012).
12. Miller O. F., Kathy Low Motor processes in simple, Go/No-Go, and choice reaction time tasks: A psychophysiological analysis, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **27 (2)**, 266 (2001).
13. Bernshtejn N. A. *Fiziologiya dvizhenij i aktivnost'* (Moscow: Nauka, 1978).
14. Il'in E. P. *Psikhomotornaya organizatsiya cheloveka*, 384 s. (SPb., 2003).
15. Ivanitskij A. M., Strelets V. B., Korsakov I. A. *Informatsionnye protsessy mozga i psikhicheskaia deiatel'nost*, 190 s. (M., Nauka, 1984).
16. Edelman G.M., Tononi G.A. *Universe of Consciousness* (N. Y.: Basic Books, 2000).
17. Sergin V.YA. Avto-otozhdestvlenie patternov nejronnoj aktivnosti kak fiziologicheskij mekhanizm osoznaniya, *Zhurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti*, **3**, 259 (2016).
18. Ajdarkin E. K. Issledovanie osobennostej vzaimodejstviya zritel'noj i sluhovoj sistem, *Valeologiya*, **3**, 82 (2006).
19. Sokolov E. N., Nezlina N. I. Conditioned reflex: detector and command neuron, *I.P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity*, **57 (1)**, 5 (2007).
20. Strelets V. B. EEG mapping in emotional and cognitive pathology, *Conceptual Advances in Russian Neurosciences: Complex Brain Functions*, 151 s. (Harwood Academic Publishers. Reading, UK. 1999).
21. Nekhoroshkova A. N., Griбанov A. V., Deputat I. S. Sensomotornye reakcii v psihofiziologicheskikh issledovaniyah (Obzor), *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie nauki*, **1**, 38 (2015).
22. Nikandrov V. V. *Psikhomotorika*, 104 s (SPb., 2004).
23. Shutova S. V., Murav'eva I. V. Sensomotornye reakcii kak harakteristika funktsional'nogo sostoyaniya CNS, *Vestnik TGU*, **13 (5)**, 2831 (2013).
24. Savion-Lemieux T., Bailey J. A., Penhune V. B. Developmental Contributions to Motor Sequence Learning, *Exp. Brain Res.*, **195 (2)**, 293 (2009).
25. Sobolev V. I. Kharakteristika prostykh psihomotornykh reaktsij pri chereduyushhejsya raznomodal'noj sensornoj stimulyatsii (ehlektromiograficheskoe issledovanie), *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Biologiya, Himiya*, **5 (71)**, 126 (2019).
26. Blaginin A. A., Sinelnikov S. N., Smolianinova S. V. Osobennosti otsenki funktsional'nogo sostoianiia u operatlorov s uchedom individualnykh psihologicheskikh kharakteristik, *Fiziologiya cheloveka*, **43 (1)**, 11 (2017).
27. Romanenko V. A., Kochura D. A. Psihofiziologicheskij bazis uspešnosti obucheniya studentok, *Vestnik Doneckogo nacional'nogo universiteta. Ser. A: Estestvennye*, **4**, 116 (2016).
28. Fehrer E., Raab D. Reaction time to stimuli masked by metacontrast, *Journal of Experimental Psychology*, **63 (2)**, 143 (1962).
29. Anohin P. K. *Filosofskie aspekty teorii funktsional'noj sistemy*, 399 s. (Moscow: Nauka, 1978).