

УДК 159.931/938 : 001.891.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РАЗЛИЧИЙ В ЗАДАЧАХ НА ДИФФЕРЕНЦИАЦИЮ ЗРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ В РЕЖИМЕ «НАВЯЗАННОГО РИТМА»

Чумаева Ю. В., Голикова В. В., Огуленко А. П., Шафран Л. М.

Украинский научно-исследовательский институт медицины транспорта Министерства здравоохранения Украины, г. Одесса

Введение. В психофизиологических исследованиях при решении широкого круга задач с варьирующей сложностью временных взаимосвязей, таких как определение скорости переработки информации, подвижности нервных процессов, степени утомления, часто обнаруживаются проблемы методологического характера. Это связано с невозможностью надежно оценить индивидуальные различия в параметрах, характеризующих возрастание времени ответа и количество ошибок по мере усложнения задачи, а также с нестабильностью получаемых корреляций этих параметров с внешними показателями. Исследования индивидуальных различий являются перспективными, как с точки зрения понимания процессов переработки информации, так и поиска их психофизиологических коррелятов. Одним из перспективных методов структурного моделирования являются модели латентных изменений, в частности, анализ времени реакции выбора по методу У. Хика, позволяющий анализировать временные процессы при наличии малого числа срезов. Однако, несмотря на позитивные свойства и простоту, он практически не получил применения в психофизиологии. Трудности представляет психофизиологическая интерпретация получаемых моделей латентных изменений на основе теоретических положений и экспериментальных данных.

Цель исследования — разработать динамическую модель эффективности дифференцированной сенсомоторной реакции в условиях возрастающей нагрузки в режиме «навязанного ритма» и изучить ее связь с индивидуально-типологическими особенностями и механизмами регуляции психомоторной деятельности.

Результаты. Выявлен ряд относительно независимых параметров, характеризующих исходное состояние готовности к сложной перцептивно-моторной деятельности, интенсивность прироста количества ошибок и времени выполнения теста с усложнением задачи. На основе оценки числа и времени прироста количества ошибок выделены два ведущих механизма регуляции перцептивно-моторной деятельности. Один из них основан на преимущественно эмоциональной оценке степени успешности реализации заданного поведенческого акта, а другой — на аттенционно-когнитивной функции приема и переработки информации, как центральном звене, объединяющем показатели, связанные с точной координацией перцептивных и двигательных актов. Установлены коррелятивные взаимосвязи между исследуемыми по комплексной программе (батарее тестов) психофизиологических функций.

Выводы. Определяемые параметры объединены в единую трехфакторную экспоненциальную модель, позволяющую более четко дифференцировать характер индивидуальных различий в решении сложных задач, воспроизводящих элементы операторской деятельности.

Ключевые слова: дифференцированная сенсомоторная реакция, подвижность нервных процессов, механизмы регуляции, индивидуально-типологические особенности, математическое моделирование, критерии оценки

Введение

В исследованиях по определению скорости переработки информации, подвижности нервных процессов, степени утомления, при решении задач с варьирующей сложностью временных взаимосвязей часто обнаруживаются проблемы методологического характера. Чаще всего это связано с трудностями надежной оценки индивидуальных различий в параметрах, характеризующих возрастание времени ответа или количество ошибок по мере усложнения задачи, а также с нестабильностью получаемых корреляций этих паттернов с внешними показателями. Тем не менее, такие исследования индивидуальных различий являются перспек-

тивными как с точки зрения понимания процессов переработки информации, формирования профессионально важных качеств, так и поиска их психофизиологических коррелятов для практического использования при решении широкого круга задач в операторских видах деятельности [1, 2].

Как показывает анализ исследований и публикаций последних лет, одним из перспективных методов структурного моделирования, позволяющих анализировать временные процессы при наличии малого числа срезов, являются модели латентных изменений [3–5]. Полноценный анализ индивидуальных различий при решении такой задачи должен учитывать особенности возможных траекторий

возрастания количества ошибок с усложнением задания. Такого рода анализ относительно редко используется в психологии [6, 7]. В качестве одного из первых примеров в этом плане можно назвать анализ времени реакции выбора в работе У. Хика [8], где время реакции анализируется в качестве линейной функции от количества информации (бинарного логарифма количества возможных выборов в задаче на скорость, известной как задача Хика). Регрессионный анализ данных каждого испытуемого в отдельности позволяет получить два индивидуальных параметра для дальнейшего анализа: свободный член уравнения регрессии и наклон функции возрастания. При этом свободный член рассматривается в качестве параметра, отражающего преимущественно скорость сенсомоторных реакций, тогда как наклон функции интерпретируется как параметр, отражающий собственно время когнитивных процессов, в том числе центральной переработки информации и принятия решения [5, 9].

Особый интерес в подобных исследованиях представляет психофизиологическая интерпретация получаемых моделей латентных изменений на основе теоретических положений и экспериментальных данных. Результаты подобных исследований позволяют значительно расширить психодиагностические возможности методик в практической деятельности психологов и психофизиологов, а также выявить скрытые механизмы изучаемых явлений на примере решения конкретной задачи.

Цель исследования — разработать динамическую модель эффективности сложной дифференцированной сенсомоторной реакции в условиях возрастающей нагрузки в режиме «навязанного ритма», изучить ее связь с индивидуально-типологическими особенностями и механизмами регуляции психомоторной деятельности для использования в психофизиологических исследованиях.

Материалы и методы исследования

Обследовано 77 пожарных-спасателей (мужчин) с помощью автоматизированной программы «МОРТЕСТ» [10] (вариант «СПАС-10») [11]. Проведен углубленный анализ результатов тестов на дифференцированную сенсомоторную реакцию, отражающую подвижность нервных процессов (ПНП), по Н. В. Макаренко [12] в сопоставлении с реакцией на движущийся объект (РДО), показате-

лями внимания (пробы Шульте и ее модификации), актуальным эмоциональным состоянием (на основе модифицированного попарного восьмицветного теста Люшера и анкеты САН) [13], индивидуально-типологическими особенностями обследованных (опросник ИТО Л. Н. Собчик) [14]. Лабильность нервной системы и состояние зрительного анализатора оценивали по данным определения критической частоты слияния световых мельканий (КЧСМ) [15]. При исследовании функциональной подвижности нервных процессов использовали режим «навязанного ритма» с возрастанием скорости предъявления положительных и тормозных сигналов в задаче их дифференциации посредством сложной сенсомоторной реакции. По методике ПНП получены данные относительно динамики роста процента допускаемых ошибок на каждой из 10 серий теста. Количество сигналов каждой последующей серии возрастало дискретно от 30 до 110, а длительность каждой серии составляла 30 с с 5-секундными перерывами на отдых. Показателем уровня функциональной подвижности нервных процессов был максимальный темп предъявления и переработки стимулов с количеством ошибок 5,0–5,5 %, что отвечает методологии В. Д. Небылицына [16] и Н. В. Макаренко [12]. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью стандартных программ в Microsoft Excel [17] и статистического пакета R [18].

Результаты исследования и их обсуждение

Предварительный статистический и теоретический анализ позволил предположить, что при отсутствии мешающих факторов рост числа ошибок в ходе выполнения теста ПНП подчиняется экспоненциальному закону вида (1):

$$N = Ae^{Bn}, n = 0,9. \quad (1)$$

Здесь n — номер серии эксперимента, однозначно связанный с интенсивностью подачи стимульных сигналов линейным законом (2):

$$[\text{Количество сигналов}] = 30 + 8n. \quad (2)$$

Параметр A отражает начальное состояние испытуемого при минимальной нагрузке (отсутствии нагрузки) и, соответственно, его потенциальную готовность к перцептивно-моторной деятельности. Чем меньшее значение принимает параметр A , тем меньше вероятность ошибок на

Таблиця 1

Параметры экспоненциальной модели применительно к динамике роста ошибок для дифференцированной сенсомоторной реакции

Параметр модели	Смысл параметра	Диапазон значений
A	Начальное состояние	Не ограничен
B	Темп роста ошибок	Не ограничен
R ²	Коэффициент детерминации (степень соответствия экспоненциальной модели)	[0, 1]
n	Этап тестирования	0, 1, ..., 9

первоначальных сериях теста при низкой нагрузке. С возрастанием количества сигналов скорость роста ошибок определяется параметром *B*, отражающим крутизну экспоненциальной кривой. Таким образом, параметр *B* характеризует постепенное утомление задействованных психических функций.

Представляется вполне логичным предположение о том, что возрастание процента ошибок с увеличением количества стимулов происходит неодинаково у всех испытуемых, то есть индивидуальная траектория роста ошибок может в разной степени соответствовать указанной выше модели. Для снижения степени неопределенности необходимо учитывать и изменение времени выполнения задания. Эта гипотеза подтверждается как для контингента пожарных-спасателей, так и для других обследованных контингентов [19].

Для дальнейшего исследования мы выделили в одну группу тех испытуемых, динамика роста ошибок в тесте ПНП которых находится в достаточно точном соответствии с экспоненциальной моделью. В качестве критерия соответствия модели было использовано условие $R^2 > 0,6$, где R^2 коэффициент детерминации. В другую группу были отобраны испытуемые, результаты тестирования которых плохо описывались экспоненциальной моделью (коэффициент детерминации $R^2 < 0,4$). «Зазор» между границами значений коэффициента детерминации был введен искусственно для более четкого разделения на анализируемые группы.

Для каждой из выделенных таким образом групп испытуемых экспоненциальная модель описывается четырьмя параметрами (табл. 1).

Показатель функциональной ПНП является интегральной величиной всех временных характеристик нервных процессов: скорости восприятия,

анализа информации в соответствии с инструкцией, принятия решения, выдачи его на эффектор; времени последствия, восстановления готовности рефлекторного аппарата к новой реакции, способности к усвоению ритма, в том числе положительных и тормозных реакций [12]. Поэтому вопрос о причинах несоответствия этой модели для всех испытуемых представляется крайне важным. Для испытуемых, показатели которых четко согласуются с экспоненциальной моделью, любая точка траектории роста ошибок определяется с достаточно высокой вероятностью величинами коэффициентов *A* и *B*, то есть первоначальным состоянием готовности к деятельности и типологически обусловленными скоростными характеристиками нервных процессов. В данном случае динамика роста ошибок соответствует возрастающей скорости увеличения количества сигналов за фиксированный интервал времени. Функциональный смысл этого феномена основан на представлении о передаче информации от центров сенсорного представительства к моторному центру, хотя такая линейная передача информации маловероятна для дифференцированной сенсомоторной реакции, так как интегративная функция мозга обеспечивается кооперативным характером ряда функциональных связей [20]. Набор реализующихся систем обеспечивает специфику поведенческих реакций. Однако поведение, одинаковое по специфике, может быть выполнено с высокой и низкой степенью эффективности. К тому же механизм стабилизации межсистемных отношений на таком уровне, который обеспечивается инструкцией, недостаточно изучен. Предполагается, что существенную роль здесь играет образ действий, формируемый на основе инструкции, реализуемый индивидуально.

Логично предположить, что испытуемые с ростом числа ошибок на протяжении 10 серий эксперимента в соответствии с экспоненциальной моделью решают преимущественно одну задачу, содержанием которой является выявление скоростных параметров дифференцированной сенсомоторной реакции, используя определенный набор функциональных связей. При этом по мере увеличения скорости подачи сигналов эффективность деятельности снижается, происходит рост числа ошибочных реакций и пропусков сигналов, обусловленный ограниченной пропускной способностью задействованной функциональной системы и нарастающим утомлением.

Сложнее интерпретировать динамику изменений количества ошибок, которая носит менее прогнозируемый «ломаный» характер. В данном случае мы сталкиваемся с вариативностью поведенческого акта в последовательных реализациях, и каждая из 10 серий эксперимента представляет собой новую модифицированную задачу, которая требует определенной перестройки системных отношений и межсистемных связей. Хотя даже самые простые акты, реализуемые друг за другом, являются «повторением без повторения» [21], каждый последующий акт отличается от предыдущего хотя бы уже потому, что ему предшествует большее количество реализованных актов, и, следовательно, он может характеризоваться иным уровнем мотивации, степени автоматизированности и т. п. Кроме того, параметры полученного результата не «математически точно» соответствуют заданным, но всегда имеют разброс около эталона (отсутствия ошибочных реакций), имеющегося в акцепторе результатов действия в соответствии с заданной инструкцией.

Исходя из этого, психофизиологическая интерпретация параметров A и B модели и степень ее соответствия экспоненциальному закону (R^2) требует дальнейшего уточнения на основе экспериментальных данных.

Некоторые сведения о скрытых латентных различиях выделенных групп испытуемых были получены в ходе корреляционного анализа перечисленных выше коэффициентов экспоненциальной модели по тесту ПНП с показателями других тестовых методик.

Из таблицы 2 видно, что параметры A и B одновременно коррелируют с возрастом, средним процентом ошибок ПНП и показателями КЧСМ,

отличаясь во всех трех случаях направлением корреляционных связей. Такое проявление однотипности и разнонаправленности связей для параметров A и B свидетельствует о единых психофизиологических коррелятах экспоненциального роста процента ошибок в соответствии с возрастом, уровнем работоспособности и лабильности зрительного анализатора. Учитывая корреляционные связи параметра R^2 , можно сделать вывод о том, что наибольшее сближение траектории роста ошибок с экспоненциальной кривой происходит при снижении психоэмоционального статуса, КЧСМ, лабильности (по ИТО) и увеличении показателей интроверсии и индивидуализма. Полученные результаты свидетельствуют о значимом влиянии индивидуально-типологических особенностей на динамику роста ошибок.

Коэффициенты корреляции между психофизиологическими показателями и параметрами экспоненциальной модели роста процента ошибок с низким R^2 («ломаным» характером кривой) показаны в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, параметры A и B коррелируют с меньшим количеством психофизиологических показателей, и связи эти различны. Как и в предыдущем случае, параметр A связан с общим уровнем работоспособности (по среднему проценту ошибок теста ПНП) и уровнем эмоционального фона (по данным анкеты САН), в то же время параметр B коррелирует с тревожностью на основе цветовыбора Люшера. Перечисленные корреляции акцентируют влияние актуального функционального состояния на динамику роста ошибок для этой группы. Максимальное количество корреляционных связей выявлено для параметра R^2 , среди них стаж, отклонение от аутогенной нормы, тре-

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между психофизиологическими показателями и параметрами экспоненциальной модели роста процента ошибок с высоким R^2

№ п/п	Показатель	r_A	p	r_B	p	r_R^2	p
1	Возраст	-0,335	0,045	0,346	0,039	0,106	0,539
2	ПНП, средний процент ошибок	0,589	0,001	-0,414	0,012	0,067	0,696
3	Люшер, психоэмоциональный статус	0,172	0,315	-0,194	0,256	-0,391	0,018
4	КЧСМ, красный	0,431	0,009	-0,388	0,019	-0,151	0,378
5	КЧСМ, зеленый	0,451	0,006	-0,458	0,005	-0,303	0,073
6	ИТО, интроверсия	-0,096	0,576	0,053	0,759	0,308	0,068
7	ИТО, лабильность	0,093	0,588	-0,109	0,526	-0,328	0,051
8	ИТО, индивидуализм	-0,172	0,315	0,133	0,440	0,336	0,045

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между психофизиологическими показателями и параметрами экспоненциальной модели роста процента ошибок с низким R^2

№ п/п	Показатель	r_A	p	r_B	p	r_R^2	p
1	Стаж	-0,256	0,206	-0,291	0,149	-0,435	0,026
2	ПНП, средний процент ошибок	0,517	0,006	-0,037	0,855	0,264	0,183
3	Люшер, отклонение от аутогенной нормы	0,093	0,644	0,305	0,121	-0,405	0,036
4	Люшер, тревожность	0,025	0,902	0,414	0,032	0,445	0,036
5	Люшер, работоспособность	-0,216	0,278	-0,323	0,101	-0,403	0,037
6	Шульте-Горбова, время	0,206	0,302	0,364	0,062	0,404	0,036
7	САН, эмоциональный фон	0,404	0,045	-0,155	0,461	-0,214	0,304

возможность и работоспособность по Люшеру, а также время выполнения пробы Шульте-Горбова.

Объединяя полученные результаты для двух групп, можно предположить, что сближение характера динамики роста ошибок ПНП с экспоненциальной зависимостью происходит через переход от влияния актуального психоэмоционального состояния (в связи с чем возможны резкие перепады работоспособности) к большему влиянию индивидуально-типологических особенностей и, соответственно, к большей предсказуемости динамики для каждой точки наблюдения. Открытым остается вопрос о механизме этого перехода и границе, после которой влияние психоэмоционального состояния уступает место влиянию более устойчивых индивидуально-типологических особенностей. В нашем исследовании некоторые сведения об этом дает анализ различий в межсистемных отношениях психофизиологических показателей.

Для выявления различий между выделенными группами по всем исследованным показателям был проведен сравнительный анализ средних (в таблице 4 показаны только значимые различия).

В целом, по исследованным показателям различия в выделенных группах выявлены только по среднему проценту ошибок ПНП, который свидетельствует об уровне работоспособности головно-

го мозга, а также по времени выполнения проб Шульте на объем и переключение внимания. Следовательно, можно предположить, что все полученные при дальнейшем корреляционном анализе данные являются отражением различий в межсистемных соотношениях текущей деятельности, а характер динамики роста ошибок может быть связан с активацией различных ресурсов регуляции психической деятельности, которые обусловлены функциональным состоянием человека, его адаптационными возможностями [22].

В теории функциональных систем П. К. Анохина [23] детерминантой поведения (как элемента деятельности) является не прошлое по отношению к поведенческому акту событие — стимул, а будущее — результат. «Формируясь в пределах самой биологической системы на основе ее потребностей, внешних факторов и памяти, цель всегда опережает реализацию ее организмом, то есть получение полезного результата». Информационным эквивалентом такого будущего результата, который формируется до его реального осуществления и содержит его прогнозируемые параметры, является акцептор результата действия. Основу акцептора результата действия составляет опережающее отображение, которое связано с активным отношением живой материи к пространственно-временной структуре мира и представляющее собой опережающую

Таблица 4

Сравнительный анализ средних для групп с высоким и низким R^2

Показатель	Среднее в группе с высоким R^2	Среднее в группе с низким R^2	Разница	p-значение (тест Колмогорова-Смирнова)
Шульте, с	39,29 ± 1,75	33,96 ± 1,00	+ 5,33	0,004**
Шульте-Горбова, с	145,37 ± 5,23	125,56 ± 5,95	+ 19,81	0,024*
ПНП, средний процент ошибок	6,86 ± 0,55	5,40 ± 0,69	+ 1,46	0,044*

подготовку к будущим изменениям окружающей среды. Эти положения в условиях эксперимента с возрастающей нагрузкой в режиме «навязанного ритма» ярче проявляются в «ломаном» характере динамики процента ошибок как следствие постоянной коррекции и перенастройки системных отношений на каждом этапе. Такой график плохо описывается экспоненциальной зависимостью ($R^2 < 0,4$) и формируется вследствие большей активности адаптационных механизмов. По методике В. Н. Макаренко [12], показателем работоспособности головного мозга является количество правильного дифференцирования положительных и тормозных сигналов за период дозированной нагрузки. Считается, что чем меньше процент ошибок, тем выше работоспособность головного мозга и наоборот, более низкая работоспособность характеризуется большим процентом ошибок [20]. В нашем исследовании группа с экспоненциальной моделью роста ошибок характеризуется меньшей работоспособностью, чем группа с «ломаным» графиком динамики ошибок (табл. 4).

С позиций теории функциональных систем многочисленные эксперименты свидетельствуют, что в процессе деятельности формируются и стабилизируются такие межсистемные отношения, которые обеспечивают оптимальную ее реализацию, а внимание рассматривается не как самостоятельный психический процесс, а как отображение таких межсистемных соотношений текущей деятельно-

сти, которые гарантируют ее эффективность. Таким образом, показатели внимания в данных группах отображают степень слаженности межсистемных отношений в реализации экспериментальной модели деятельности с возрастающей нагрузкой в режиме «навязанного ритма».

Для выявления различий в межсистемных отношениях в выделенных группах был проведен корреляционный анализ между всеми исследованными показателями, отобраны наиболее значимые связи ($r > 0,4$; $p \leq 0,05$), которые представлены на рисунках 1 и 2, а условные обозначения размещены в таблице 5.

Рассматривая особенности системы наиболее сильных корреляционных связей в выделенных группах, следует обратить внимание на двигательную методику для определения уравновешенности нервных процессов РДО. Уравновешенность нервных процессов рассматривается как вторичное свойство, определяемое соотношением первичных свойств основных нервных процессов — силы и подвижности, относящихся к возбудительному и тормозному процессам. Согласно принятой классификации в методике РДО используется компенсаторный тип наблюдения, тип сигнала — детерминированный, монотонно изменяющийся. Такое наблюдение, по сути, является стереотипной последовательностью сенсомоторных актов, состоящих из двух основных взаимосвязанных компонентов:

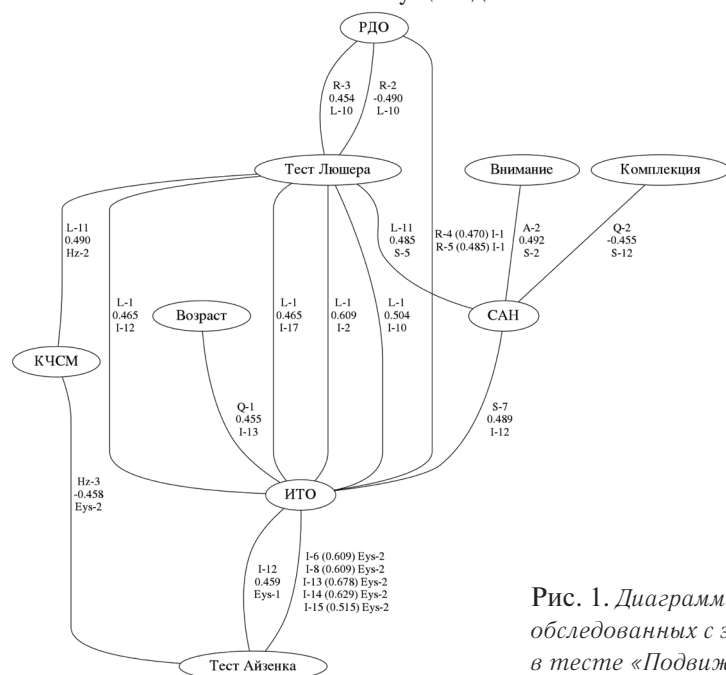


Рис. 1. Диаграмма корреляционных связей в группе обследованных с экспоненциальной моделью роста ошибок в тесте «Подвижность нервных процессов»

Таблица 5

Условные обозначения					
№	Показатель	Усл. обозн.	№	Показатель	Усл. обозн.
1	РДО, ошибка в градусах	R-2	22	САН, эмоциональный фон	S-7
2	РДО, точность в %	R-3	23	САН, мотивация	S-8
3	РДО, асимметрия	R-4	24	САН, эмоциональный тонус	S-11
4	РДО, эксцесс	R-5	25	САН, напряжение	S-12
5	Люшер, ПЭС 1	L-1	26	ИТО, аггравация	I-1
6	Люшер, ПЭС 2	L-2	27	ИТО, экстраверсия	I-2
7	Люшер, тревожность	L-6	28	ИТО, интроверсия	I-6
8	Люшер, эмоциональный стресс	L-8	29	ИТО, сензитивность	I-7
9	Люшер, уровень тревоги	L-10	30	ИТО, тревожность	I-8
10	Люшер, уровень неблагоприятной компенсации	L-11	31	ИТО, лидерство	I-10
11	Шульте, время	A-1	32	ИТО, неконформность	I-11
12	Шульте-Горбова, время	A-2	33	ИТО, конфликтность	I-12
13	КЧСМ, зеленый	Hз-2	34	ИТО, индивидуализм	I-13
14	КЧСМ, белый	Hз-3	35	ИТО, зависимость	I-14
15	Айзенк, экстра/интроверсия	Eys-1	36	ИТО, конформность	I-15
16	Айзенк, нейротизм	Eys-2	37	ИТО, компромиссность	I-16
17	САН, самочувствие	S-1	38	ИТО, коммуникабельность	I-17
18	САН, активность	S-2	39	Возраст	Q-1
19	САН, настроение	S-3	40	Рост	Q-2
20	САН, среднее	S-4	41	Вес	Q-3
21	САН, самочувствие 2	S-5	42	Стаж	Q-4

- перцептивной оценки размера и знака рассогласования;
- корректирующих двигательных управляющих реакций, скоординированных и направленных на устранение текущего рассогласования.

Функция психического или «оперативного образа» позволяет осуществлять два важнейших звена регуляции действий:

- 1) прогнозирование (антиципация, планирование) процесса выполнения действий;
- 2) оценку их адекватности с помощью различных типов обратных связей.

В группе с экспоненциальной моделью показатели эффективности перечисленных звеньев регуляции (точность в процентах и суммарная ошибка в градусах) достаточно сильно связаны с уровнем тревоги по Люшеру ($r = 0,454$ и $r = -0,490$ соответственно), что отражает вариант регуляции с преобладанием эмоционального реагирования. Последнее согласуется с положением теории функциональных систем об эмоциональной оценке сте-

пени успешности реализации заданного поведенческого акта. Возникновение отрицательных эмоций, повышение уровня тревоги связано с несоответствием обратных афферентных импульсов параметрам акцептора результата действия. Адапционная функция отрицательных эмоций состоит в том, что биологически негативная реакция стимулирует повторный, более точный поведенческий акт. В нашем исследовании точность РДО связана с уровнем тревоги положительной корреляционной связью, что свидетельствует о том, что большая точность соответствует более высокому уровню тревоги как тонкому механизму настройки и регуляции деятельности.

В то же время для группы с «ломаным» характером кривой (рис. 2) показатели РДО объединяются с показателями объема и переключения внимания ($r = 0,513$ и $r = -0,610$ соответственно).

Аттенционные процессы связаны практически со всеми сторонами психической деятельности субъекта: активизируют его моторные, вегетативные и

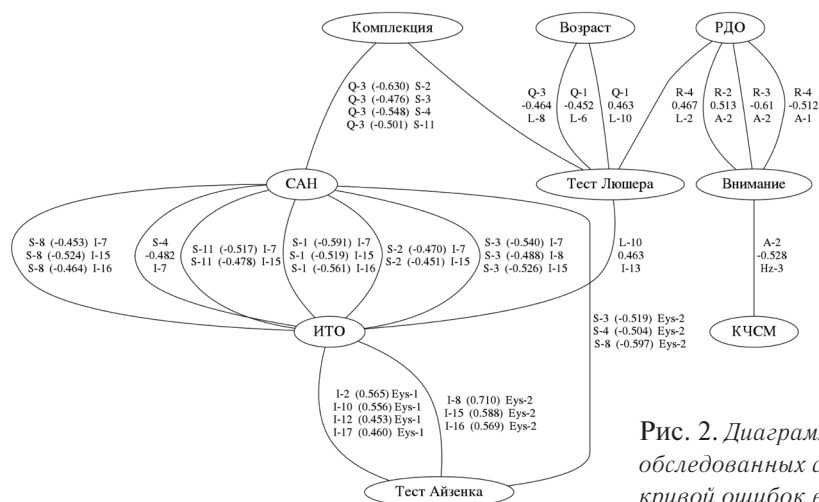


Рис. 2. Диаграмма корреляционных связей в группе обследованных с «ломаным» характером динамики кривой ошибок в тесте ПНП

другие реакции, повышают эффективность его психомоторики и когнитивной деятельности, обеспечивают селективность восприятия, запоминания, мышления и т. д. Полученные данные свидетельствуют в пользу гипотезы о том, что для этой группы испытуемых именно внимание является ведущим звеном регуляции деятельности в задачах на перцептивную оценку и координирование двигательных актов.

В психофизиологических концепциях внимание также традиционно связывают с понятием «реакции активации». Для группы, параметры ПНП которой удовлетворительно описываются экспоненциальной моделью, показатель переключения внимания связан с активностью по тесту САН ($r = 0,492$), что подчеркивает важную роль активации нервной системы для успешного выполнения заданий, учитывающих скоростные показатели. Показатель КЧСМ, отражающий лабильность нервной системы для зрительного анализатора в группе с экспоненциальной моделью, коррелирует с нейротизмом по Айзенку при $r = -0,456$ (рис. 1) и с уровнем неблагоприятной компенсации по Люшера ($r = 0,490$), что также указывает на важную роль эмоционального фактора. Показатели теста Люшера являются своеобразным центром плеяды корреляционных связей, в которой кроме описанных выше связей с РДО и КЧСМ, психоэмоциональный статус положительно коррелирует с такими индивидуально-типологическими особенностями, как конфликтность ($r = 0,465$), коммуникабельность ($r = 0,465$), экстраверсия ($r = 0,609$) и лидерство ($r = 0,504$).

Для группы с «ломаным» характером кривой показатель КЧСМ ($r = -0,528$) коррелирует с

показателем объема и переключения внимания. Таким образом, внимание для этой группы является центральным звеном, объединяющим показатели, связанные с точной регулировкой и согласованием перцептивных и двигательных актов. Отличительной особенностью этой группы также является целая плеяда тесных корреляционных связей между показателями ИТО и САН, что может свидетельствовать о влиянии индивидуально-типологических характеристик на переживание и субъективную оценку проявлений тех или иных функциональных состояний. Интересны также отрицательные связи массы тела с показателями активности, настроения и эмоционального тонуса ($r = -0,630$, $r = -0,476$ и $r = -0,501$ соответственно), а также возраста с актуальным эмоциональным состоянием. При этом, чем больше возраст в указанной группе, тем ниже показатели ситуативной тревожности, эмоционального стресса по Люшера ($r = -0,452$ и $r = -0,464$ соответственно) и выше уровень тревоги ($r = 0,463$). С индивидуально-типологическими особенностями достаточно тесная связь актуального эмоционального состояния по Люшера выявлена только между показателями индивидуализма и уровня тревоги ($r = 0,467$).

В целом разработанный в настоящем исследовании и предлагаемый к практическому использованию комплексный подход позволяет более четко оценить индивидуальный стиль при решении сложных задач с изменяющейся скоростью поступления информации, соотношения перцептивных, attentionно-когнитивных и эмоциональной компонент в формируемой функциональной системе операторской деятельности.

Выводы

1. В контексте нарастающего в современной психофизиологии интереса к изучению динамических процессов и индивидуальных различий в регуляции психической деятельности данное исследование, в первую очередь, имело целью продемонстрировать некоторые методические приемы и решения, представляющиеся продуктивными и перспективными для исследований в сфере операторского труда.
2. Полученные результаты позволили постулировать положение, согласно которому изучение индивидуально-типологических различий в задачах на дифференциацию зрительных сигналов в режиме «навязанного ритма» является информативным инструментом для распознавания и оценки особенностей реагирования на профессионально значимые сигналы при моделировании операторских видов деятельности.
3. Реализованный в настоящей работе комплексный анализ позволил выявить ряд относительно независимых параметров, характеризующих, как исходное состояние готовности к сложной перцептивно-моторной деятельности, так и динамику состояния взаимосвязанных психофизиологических функций по интенсивности прироста количества ошибок и времени выполнения задания с усложнением задачи. Эти параметры объединены в единую трехфакторную экспоненциальную модель, удовлетворительно описывающую характер реакций и позволяющую дать им дифференцированную оценку.
4. Анализ эмпирических данных показал, что экспоненциальная модель не является универсаль-

ной и, вместе с тем, степень близости траектории роста ошибок к экспоненциальной кривой является не случайным, а закономерным следствием индивидуальных латентных различий. Можно предположить, что в задачах на дифференциацию зрительных сигналов в режиме «навязанного ритма» близость динамики роста ошибок к экспоненциальной зависимости обусловлена переходом от влияния актуального психоэмоционального состояния к определяющему влиянию индивидуально-типологических особенностей.

5. Были выявлены два ведущих механизма регуляции перцептивно-моторной деятельности. Первый механизм, соответствующий экспоненциальному закону роста числа ошибок, основан на преимущественно эмоциональной оценке степени успешности реализации заданного поведенческого акта. Второй механизм, при котором изменение количества ошибок носит «ломаный» характер, основан на активации аттенционно-когнитивных функций, объединяющих показатели, связанные с точной координацией перцептивных и двигательных актов.

Проведенное исследование позволяет высказать гипотезу, что углубленный анализ результатов столь простой по реализации методики, как дифференцированная сенсомоторная реакция, может дать важную информацию как об актуальном функциональном состоянии испытуемого, так и об индивидуальных латентных различиях и более глубоких механизмах адаптации и прогрессирующего утомления при возрастающей нагрузке. Она подлежит дальнейшей экспериментальной и производственной проверке и валидации.

Литература

1. Ушаков И. Б. Паттерны функциональных состояний оператора / И. Б. Ушаков, А. В. Богомолов, Ю. А. Кукушкин; Отделение биологических наук РАН. – Москва : Наука, 2010. – 390 с.
2. Характеристика динамики реакций лиц, склонных и устойчивых к развитию состояния монотонии при операторской деятельности / В. В. Кальниш, Г. Ю. Пышнов, А. В. Мальцев, Е. В. Красотин // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2014. – № 4 (38-1). – С. 104–114.
3. Митина О. В. Моделирование латентных изменений с помощью структурных уравнений / О. В. Митина // Экспериментальная психология. – 2008. – Т. 1, № 1. – С. 131–148.
4. Остапенко Р. И. Структурное моделирование в психологии и педагогике: проблемы науки и образования / Р. И. Остапенко // Перспективы науки и образования. – 2013. – № 2. – С. 49–60.
5. Додонова Ю. А. К вопросу о выборе модели при оценивании индивидуальных различий в траекториях латентного роста / Ю. А. Додонова, Ю. С. Додонов // Психологические исследования. – 2013 – Т. 6, № 27. – С. 3 [URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 04.02.2015)].
6. King A. J. Multisensory integration: strategies for synchronization / A. J. King // Curr. Biol., 2005. – V. 15, № 9. – P. R 339–341.
7. Ikumi N. Selective attention modulates the direction of audio-visual temporal recalibration / N. Ikumi, S. Soto-Faraco // PLoS One, 2014. – V. 9, Iss. 7. – P. 1–8. e99311 [doi: 10.1371/journal.pone.0099311].

8. Hick W. E. On the rate of gain of information / W. E. Hick // *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1952. – V. 4, № 1. – P. 11–26. [doi:10.1080/17470215208416600].
9. Jensen A. R. Individual differences in the Hick paradigm. Speed of information processing and intelligence / Ed. by P.A. Vernon. – Norwood, NJ : Ablex, 1987. – P. 101–175.
10. Психофізіологічний професійний відбір плав-складу водного транспорту. Методичні вказівки (МВ 7.7.4.-093-02). – Київ : МОЗ України, 2002. – 27 с.
11. Проведення психофізіологічного професійного відбору кандидатів на навчання до вищих навчальних закладів Міністерства з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи України: МВ 3.3.8.-129-2006. – [Чинний від 2006-11-07]. – Київ : Видання офіційне, 2006. – 36 с.
12. Макаренко Н. В. Психофизиологические функции человека и операторский труд / Н. В. Макаренко. – Киев : Наукова думка, 1991. – 216 с.
13. Методики диагностики и измерения психических состояний личности / автор и составитель А. О. Прохоров. – Москва : ПЕР СЕ., 2004. – 172 с.
14. Собчик Л. Н. Введение в психологию индивидуальности / Л. Н. Собчик. – Москва : ИПП-ИСП, 2000. – 512 с.
15. Нетудыхатка О. Ю. Роль критической частоты слияния мельканий в оценке напряженности труда моряков / О. Ю. Нетудыхатка // *Офтальмологический журнал*. – 1987. – № 5. – С. 300–303.
16. Небылицын В. Д. Избранные психологические труды / В. Д. Небылицын. – Москва : Педагогика, 1990. – 408 с.
17. Лапач С. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / С. Н. Лапач, А. В. Губенко, П. Н. Бабич – Киев : МОРИОН, 2000. – 320 с.
18. Наглядная статистика. Используем R! / А. Б. Шипунов, Е. М. Балдин, П. А. Волкова [и др.] – Электронный учебник. 2016. – 293 с. [https://cran.r-project.org/doc/contrib/Shipunov-rbook.pdf].
19. Чумаева Ю. В. Методические подходы к диагностике утомления при решении задач психологической реабилитации / Ю. В. Чумаева, А. П. Огуленко, Л. М. Шафран // *Науковий вісник Південноукраїнського національного університету ім. К. Д. Ушинського*. – 2013. – № 9–10. – С. 220–30.
20. Макаренко М. В. Онтогенез психофізіологічних функцій людини / М. В. Макаренко, В. С. Лізогуб. – Черкаси : Вертикаль, 2011. – 256 с.
21. Бернштейн Н. А. Физиология движений и активность ; под ред. О. Г. Газенко. – Москва : Наука, 1990. – 495 с.
22. Кокун О. М. Оптимізація адаптаційних можливостей людини: психофізіологічний аспект забезпечення діяльності : Монографія. – Київ : Міленіум, 2004. – 265 с.
23. Анохин П. К. Принципы системной организации функций / П. К. Анохин. – Москва : Наука, 1973. – С. 5–61.

Чумаева Ю. В., Голікова В. В., Огуленко А. П., Шафран Л. М.

МОДЕЛЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ РОЗБІЖНОСТЕЙ У ЗАВДАННЯХ НА ДИФЕРЕНЦІАЦІЮ ЗОРОВИХ СИГНАЛІВ У РЕЖИМІ «НАВ'ЯЗАНОГО РИТМУ»

Український науково-дослідний інститут медицини транспорту Міністерства охорони здоров'я України, м. Одеса

Вступ. У психофізіологічних дослідженнях при вирішенні широкого кола завдань зі змінною складністю часозалежних взаємозв'язків, таких як визначення швидкості переробки інформації, рухливості нервових процесів, ступеня втоми, часто виявляються проблеми методологічного характеру. Це пов'язано з неможливістю надійно оцінити індивідуальні відмінності в параметрах, що характеризують зростання часу відповіді та кількість помилок в міру ускладнення завдання, а також з нестабільністю одержуваних кореляцій цих параметрів з зовнішніми показниками. Дослідження індивідуальних відмінностей є перспективними, як з точки зору розуміння процесів переробки інформації, так і пошуку їхніх психофізіологічних корелятив. Одним з перспективних методів структурного моделювання є моделі латентних змін, зокрема, аналіз часу реакції вибору, це метод У. Хіка, що дозволяє аналізувати часозалежні процеси при наявності малої кількості зрізів. Однак, незважаючи на позитивні властивості та простоту, його практично не застосовують в психофізіології. Труднощі представляє психофізіологічна інтерпретація одержуваних моделей латентних змін на основі теоретичних положень і експериментальних даних.

Мета дослідження – розробити динамічну модель ефективності диференційованої сенсомоторної реакції в умовах зростаючого навантаження в режимі «нав'язаного ритму» і вивчити її зв'язок з індивідуально-типологічними особливостями й механізмами регуляції психомоторної діяльності.

Результати. Виявлено ряд відносно незалежних параметрів, що характеризують початковий стан готовності до складної перцептивно-моторної діяльності, інтенсивність приросту кількості помилок і часу виконання тесту з ускладненням завдання. На основі оцінки числа і часу приросту кількості помилок виділено два провідних механіз-

ми регуляції перцептивно-моторної діяльності. Один з них заснований на переважно емоційній оцінці ступеня успішності реалізації заданого поведінкового акту, а інший — на уважливості та когнітивній функції прийому та переробки інформації як центральній ланці, що об'єднує показники, пов'язані з точною координацією перцептивних і рухових актів. Встановлено корелятивні взаємозв'язки між досліджуваними за комплексною програмою (батареї тестів) психофізіологічними функціями.

Висновок. Досліджені параметри об'єднані в єдину трифакторну експоненційну модель, що дозволяє більш чітко диференціювати характер індивідуальних відмінностей у вирішенні складних завдань, що відтворюють елементи операторської діяльності.

Ключові слова: диференційована сенсомоторна реакція, уважливість нервових процесів, механізми регуляції, індивідуально-типологічні особливості, математичне моделювання, критерії оцінки

Chumayeva J. V., Golikova V. V., Ogulenko A. P., Shafran L. M.

MODELING OF INDIVIDUAL DIFFERENCES IN THE TASKS ON DIFFERENTIATION OF VISUAL SIGNALS IN THE «IMPOSED RHYTHM» MODE

Ukrainian Research Institute of Transport Medicine Ministry of Public Health of Ukraine

Background. In psychophysiological studies on solving a wide range of tasks of various complications on temporal relationships, such as the rate of information processing, mobility of nervous processes, degree of fatigue, problems of methodological character are often detected. This is due to inability to correctly assess individual differences in parameters, characterizing the increase of the response time and the number of errors with due account of the complexity of the problem, as well as the instability of the obtained correlations of these parameters with external indicators. The studies of individual differences are promising, both in terms of understanding procedures of the information processes and search for their psychophysiological correlates. One of perspective methods of the structural simulation are models of latent changes, in particular, time choice reaction analysis by W. Hick method, making it possible to analyze temporal processes in the presence of a small number of data. However, despite the positive properties and simplicity, it almost did not receive application in psychophysiology. The difficulties are in interpretation of the obtained models of latent changes, based on theoretical assumptions and experimental data.

The purpose. To develop a dynamic model of the effectiveness of differentiated sensor-motor reaction in conditions of the increasing «imposed rhythm» mode and study its relationship with the individual-typological peculiarities and mechanisms of regulation of psychomotor activity.

Results. A number of relatively independent parameters have been defined, characterizing the initial state of readiness to complicated perceptual — motor activity, the intensity of the increase in the number of errors and the time for test with the complication of the task. Based on estimation of the number and time of increasing the number of errors there have been distinguished two leading mechanisms of perceptual — motor activity regulation. One of them is based on mainly the emotional evaluation of the degree of success of a given behavioral act, and the other — on attentive-cognitive function of receiving and processing of the information as a central link, combining indices, associated with the exact coordination of perceptual and motor acts. The correlative relations have been established between psychophysiological functions, studied by the complex program (a battery of tests).

Conclusion. The studied parameters are combined into a unified three-factor exponential model, making it possible to more clearly differentiate the character of the individual differences in solving complicated tasks, reproducing elements of the operator's activity.

Key words: a differentiated sensor-motor reaction, mobility of nervous processes, mechanisms of regulation, individually-typological peculiarities, mathematical modeling, evaluation criteria

References

1. Ushakov, I. B., Bogomolov, Yu. A. Kukushkin. 2010, Patterns of Operators' functional states; Department of Biological Sciences, Russian Academy of Sciences. Moscow : Nauka, 390 p. (in Russian).
2. Kalnish, V. V., Pyshnov, G. Y., Maltsev, A. V., Krasotin E. V. 2014, Characteristics of the dynamics in reactions persons inclined and resistant to development of the monotonia state in operator's activity, no. 4 (38-1), pp. 104–114 (in Russian).
3. Mitina, O. V. 2008, «Modeling latent changes, using structural equations», Experimental Psychology, v. 1, no. 1, pp.131–148 (in Russian)
4. Ostapenko, R. I. 2013, «Structural modeling in psychology and pedagogy: problems of science and education», Perspectives in science and education, no. 2, pp. 49–60 (in Russian).
5. Dodonova, Yu., Dodonov, Yu.S. 2013, «To the problem of the choice of the model on evaluation of individual differences in the latent growth trajectory», Psychological Studies, v. 6, no. 27, pp. 3 [URL: <http://psystudy.ru> (date of circulation: 02/04/2015)., (in Russian)]
6. King, A. J. 2005, «Multisensory integration: strategies for synchronization», Curr. Biol., v. 15, no. 9, pp. R 339–341.

7. Ikumi, N. , Soto-Fararo, S. 2014, «Selective attention modulates the direction of audio-visual temporal recalibration» PLoS, v. 9, Issue 7, pp. 1–8. e99311 [doi: 10.1371/journal.pone.0099311].
8. Hick, W. E. 1952, «On the rate of gain of information», Quarterly Journal of Experimental Psychology, v. 4, no. 1, pp. 11–26 [doi:10.1080/17470215208416600].
9. Jensen, A. R. 1987, Individual differences in the Hick paradigm, Speed of information processing and intelligence (Ed. by P.A. Vernon), Norwood. New York. : Ablex, pp. 101–175.
10. Psychophysiological professional selection of seafarers. 2002, Guidance (Methodical instructions (MI 7.7.4.-093-02). Kyiv : Ministry of Public Health of Ukraine, 27 p. (in Russian).
11. Conduction of psychophysiological occupational selection of candidates for training in higher educational institutions of the Ministry of Ukraine on problems of Emergencies and Population Protection from the Consequences of the Chernobyl Catastrophe in Ukraine: CF 3.3.8.-129-2006. – [Acting since 07.11.2006]. Kyiv: Official publication, 36 p.(in Ukrainian).
12. Makarenko, N. V. 1991, Human psychophysiological functions and operators' work. Kiev : Naukova Dumka, 216 p. (in Russian).
13. Methods of diagnosis and measurement of personality mental conditions, 2004, Author and compiler A. O. Prokhorov. Moscow : PER SE, 172 p. (in Russian).
14. Sobchik, L. N. 2000, Introduction to psychology of a personality. Moscow : STI-ICP, 512 p. (in Russian).
15. Netudykhatka, O. Yu. 1987, «The role of critical flicker fusion frequencies in the assessment of the intensity of work in seamen», J. of Ophthalmology, no. 5. pp. 300–303 (in Russian).
16. Nebylitsyn, V. D. 1990, Selected works on psychology. Moscow : Pedagogika, 408 p. (in Russian).
17. Lapach, S. N., Hubenko, A. V., Babich, N. P. 2000, Statistical methods in biomedical research with the Excel use. Kiev : Morion, 320 p. (in Russian).
18. Shipunov, A. B., Baldin, E. M., Volkov, P. A. et al. 2016, Illustrative statistics. Use R!. The electronic textbook, 293 p. [https://cran.r-project.org/doc/contrib/Shipunov-rbook.pdf] , (in Russian)
19. Chumayeva, Y. V., Ogulenko, A. P. Shafran, L. M. 2013. Methodological approaches to diagnostics of fatigue in solving tasks on psychological rehabilitation, Sci, Visnyk of National South-Ukrainian National University named by K. D. Ushinsky, no. 9–10, pp. 220 – 230. (n Russian).
20. Makarenko, M. V., Lizogub, V. S. 2011, Ontogenesis of human psychophysiological functions. Cherkasy : Vertical, 256 p. (in Ukrainian).
21. Bernstein, N. A. 1990. Physiology of movements, and activity (Ed. by O. G. Gasenko). Moscow : Nauka, 495 p. (in Russian).
22. Kokun, A. M. 2004, Optimization of adaptive human abilities: psychophysiological aspect of the activity provision, Monograph. Kyiv : Millennium, 265 p. (in Ukrainian).
23. Anokhin, P. K. 1973, The principles of functions systemic organization. Moscow : Nauka, pp. 5–61 (in Russian).

Поступила: 6 сентября 2016 г.

Контактное лицо: Шафран Л. М., Украинский научно-исследовательский институт медицины транспорта Министерства здравоохранения Украины, д. 92, ул. Канатная, г. Одесса, 65039. Тел.: + 30 0 48 728 39 73. Электронная почта: shafran@medtrans.com.ua