

ДИНАМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ КОГНИТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

М.В. Зотов, И.С. Ахмедова

Описаны результаты исследования характеристик регуляции когнитивной деятельности на основе анализа нестационарных периодов в динамике сердечного ритма, зарегистрированной у испытуемых при решении задач по оперированию вербальной и пространственно-образной информацией в осложненных условиях. Использование алгоритмов анализа нестационарных периодов, характеризующих физиологические реакции участников в процессе работы, позволило выделить факторы эффективной регуляции когнитивной деятельности в условиях высокой рабочей нагрузки.

Ключевые слова: исполнительные функции, оперативная память, переменность сердечного ритма, когнитивный тренинг.

В настоящее время одной из ключевых является проблема механизмов произвольной регуляции когнитивной деятельности человека, которой посвящены многочисленные исследования последних лет [3, 6, 8, 9, 12, 13]. Актуальность данной проблемы определяется ее значимостью для решения многих задач фундаментальной и прикладной психологии. Действительно способность индивида гибко «перестраивать» свою когнитивную деятельность в связи с изменяющимися условиями внешней среды имеет ключевое значение для его успешного функционирования в различных сферах жизнедеятельности [9].

Обобщая результаты многочисленных исследований, можно заключить, что изменение внешних условий работы требует комплексной реорганизации когнитивной деятельности [9, 12, 13]. Эта реорганизация является сложным, развернутым во времени психическим процессом, включающим три стадии:

1) изменение (модификация) цели, определяющей текущую когнитивную активность [12];

2) мобилизация когнитивных ресурсов, включающая поиск и актуализацию в оперативной памяти информации, требующейся для деятельности в новых условиях [4, 12];

3) формирование и оптимизация деятельности в измененных условиях [4, 8].

Представляется, что любое исследование затруднений быстрой адаптации к изменению условий деятельности требует изучения особенностей протекания каждой описанной вы-

ше стадий, поскольку испытуемый может и/или запаздывать с моментом «включения» адаптивной «перестройки» деятельности, и/или испытывать трудности с быстрым припоминанием сведений о том, что и как ему необходимо делать в новых условиях, и/или могут возникать проблемы с модификацией и оптимизацией его действий.

Известно, что на изменение условий деятельности люди обычно реагируют учащением сердечного ритма и снижением его вариабельности [1, 7]. Эти периоды резких изменений сердечного ритма принято называть *нестационарными (переходными) периодами*, в отличие от стационарных, характеризующихся относительным постоянством параметров сердечного ритма во времени [7].

В ряде исследований было показано, что временные и амплитудные характеристики нестационарных периодов сердечного ритма, возникающих в ответ на воздействие факторов физического стресса, могут успешно использоваться для оценки качества регуляции функций организма человека, его устойчивости к физическим нагрузкам [4, 7]. Поэтому представляется, что изучение процессов когнитивной регуляции может опираться на методический подход, основанный на анализе нестационарных периодов сердечного ритма индивида в процессе его приспособления к меняющимся условиям деятельности. Предполагается, что характеристики нестационарных периодов сердечного ритма, возникающих при изменении условий умственной ра-

боты, могут использоваться для оценки качества регуляции когнитивной деятельности индивида. Общая длительность нестационарного периода (НСП) отражает время, затрачиваемое индивидом на адаптивную реорганизацию когнитивных процессов, в то время как характеристики отдельных фаз в структуре НСП отражают параметры эффективности основных стадий данного процесса.

Нами был разработан алгоритм, позволяющий осуществлять автоматическое распознавание и аппроксимацию НСП сердечного ритма в процессе выполнения индивидом когнитивных задач. С использованием данного алгоритма проведено исследование, целью которого являлось изучение факторов, способствующих повышению эффективности произвольной регуляции когнитивной деятельности в процессе тренировки.

Выборка. Всего в исследовании приняли участие 50 студентов вузов Санкт-Петербурга, 36 мужчин и 14 женщин, в возрасте от 19 до 30 лет (средний возраст – 23 ± 3 года).

Метод. Испытуемые выполняли задания методики «Маршрут» [5], моделирующей деятельность штурмана, оперирующего вербальной и пространственно-образной информацией. Испытуемому на короткое время (1–2 с) предъявляется цифровая информация о координатах исходной точки «полета» (например, «X=2, Y=5, Z=4»). Затем также в течение 1–2 с предъявляется пространственная схема «полета» – 3-сегментная траектория движения объекта в 3-мерном пространстве

(рис. 1, нижнее окно справа). Задача испытуемого состоит в том, чтобы рассчитать значения координат конечной точки «полета». Одновременно с заданиями методики «Маршрут» участники выполняли одну из трех задач «Мультифакторной тестовой батареи» (МАТВ, [10]): мониторинг, слежение, коммуникация. *Задача мониторинга* требовала от испытуемого непрерывно наблюдать за шестью визуальными индикаторами и реагировать на отклонения их значений (рис. 1, верхнее окно слева). *Задача слежения* требовала от испытуемого при помощи джойстика удерживать непрерывно движущийся визуальный стимул в пределах заданной области (рис. 1, верхнее окно справа). *Задача коммуникации* требовала от испытуемого запоминать и удерживать в памяти предъявляемый на короткое время (10 с) шестизначный буквенно-цифровой «позывной», прослушивать предъявляемые акустические сообщения и реагировать на те из них, которые включают данный «позывной» (рис. 1, нижнее окно слева).

На основе комбинации методики «Маршрут», которая выступала в качестве основной, и трех задач МАТВ, используемых как дополнительные, был сформирован экспериментальный сценарий, включающий четыре этапа.

Этап 1. Участники выполняли задания методики «Маршрут», совмещенные с задачей мониторинга, что предполагало деятельность в условиях высокой сенсорной нагрузки.

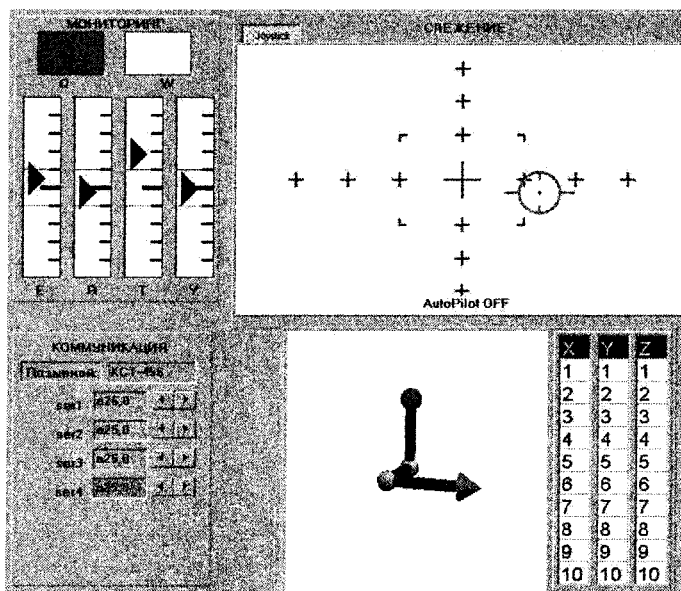


Рис. 1. Образец стимульного материала, использованного в эксперименте

Этап 2. Участники выполняли задания методики «Маршрут», совмещенные с задачей слежения, что предполагало деятельность в условиях повышенной нагрузки пространственно-образных компонентов оперативной памяти.

Этап 3. Участники выполняли задания методики «Маршрут», совмещенные с задачей коммуникации, что предполагало деятельность в условиях высокой нагрузки вербальных компонентов оперативной памяти.

Этап 4. Участники выполняли усложненный вариант методики «Маршрут» (4-сегментная схема «полета») в условиях дефицита времени, что предполагало повышенные требования к объему оперативной памяти, а также скоростным характеристикам познавательных процессов.

Таким образом, в ходе эксперимента участники выполняли задания методики «Маршрут» в условиях высокой сенсорной нагрузки (этап 1), нагрузки пространственно-образных (этап 2) и вербальных (этап 3) компонентов оперативной памяти, а также в условиях дефицита времени (этап 4). При переходе от этапа к этапу они были вынуждены модифицировать деятельность по выполнению основной задачи с тем, чтобы минимизировать интерферирующее влияние дополнительных задач на ее эффективность.

По каждому этапу определялись значения показателей успешности выполнения основной и дополнительной задач, а также вычислялся интегральный показатель успешности выполнения этапа в целом.

Эксперимент начинался с регистрации в течение 2 мин электрокардиограммы (ЭКГ) для оценки базовых значений variability сердечного ритма (ВСР). После этого участники выполняли тестовые этапы в последовательности: 1–2–3–4. Длительность каждого этапа составляла 3 мин, в течение каждого этапа участники выполняли 12 заданий методики «Маршрут». По окончании последней задачи выполнялась 2-минутная регистрация ЭКГ в состоянии покоя.

Процедура. По результатам начального этапа эксперимента была сформирована группа наиболее успешных студентов численностью 25 испытуемых (группа «эксперты»). После завершения курса интенсивной тренировки они достигли экспертного уровня успешности деятельности: выполняли все задания с 90–100 %-ной эффективностью. Еще 25 студентов рассматривались как группа

«новичков». Вначале они выполняли тестовый сценарий после краткого инструктажа. Затем проходили курс интенсивной тренировки в течение 1–2 дней, по завершении которого повторно выполняли тот же тестовый сценарий.

Алгоритмы анализа сердечного ритма. Осуществлялась непрерывная регистрация сигналов ЭКГ в процессе последовательного выполнения участниками тестовых этапов с использованием портативного компьютерного электрокардиографа «Kardi2NP» с одноразовыми электродами, фиксированными в стандартной трехэлектродной конфигурации.

Проводилось распознавание R-зубцов ЭКГ, коррекция артефактов, после чего сигнал сердечного ритма приводился к равномерной сетке с частотой 4 Гц. Полученные данные использовались для расчета значений мгновенной частоты сердечных сокращений (ЧСС) и параметров variability сердечного ритма (ВСР).

Совместно с сотрудниками кафедры биомедицинской электроники был разработан индекс нестационарности сердечного ритма (ИН). Осуществлялась процедура нормирования «сырых» значений показателя ИН и на основе нормированных значений выполнялась операция распознавания нестационарных периодов сердечного ритма.

После распознавания каждого нестационарного периода осуществлялась автоматическая процедура его аппроксимации математической функцией вида

$$y = HR_0 + A_1 \operatorname{erf} \left(\frac{x - x_0}{w} \right) + A_2 \exp \left(\left(\frac{-x - x_0}{w} \right)^2 \right).$$

Пример аппроксимации нестационарного периода представлен на рис. 2.

Для всех нестационарных периодов сердечного ритма, отмечавшихся у участников в начальные моменты выполнения этапов 1–4, осуществлялся расчет представленных на рис. 2 параметров.

Результаты исследования. На первом этапе анализа данных были проанализированы интегральные показатели успешности выполнения тестовых этапов 1–4 у обследованных групп участников. Исследование подтвердило, что «эксперты» обнаруживают более высокий уровень успешности выполнения тестовых этапов, чем «новички» ($p < 0,001$). Отмечалось значимое влияние фактора *Тип нагрузки* ($p < 0,001$), а также взаимодействия

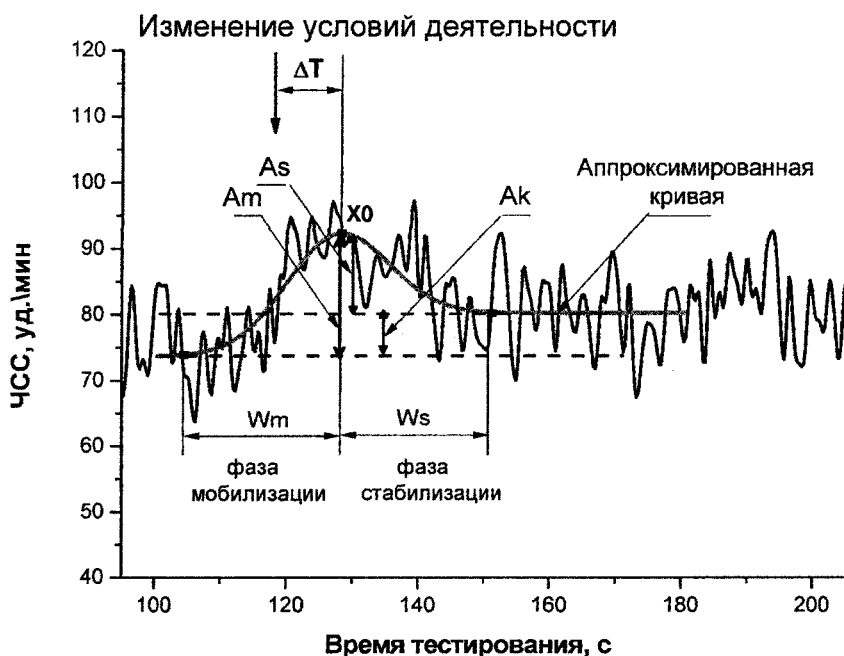


Рис. 2. Пример аппроксимации нестационарного периода сердечного ритма, отмечающегося при изменении условий деятельности:

A_m , W_m — амплитудные и временные параметры фазы мобилизации, A_s , W_s — амплитудные и временные параметры фазы стабилизации, A_k — физиологическая «стоимость» адаптации к изменению условий, ΔT — временной интервал между изменением внешних условий и моментом максимальной физиологической активации

факторов *Опыт* и *Тип нагрузки* ($p < 0,001$). Новички испытывали наибольшие трудности при выполнении этапов 1, 3 и 4 по сравнению с выполнением этапа 2, что соответствует их субъективным оценкам уровня трудности задач. Также выявлено значимое влияние факторов *Тренировка* ($p < 0,001$), *Тип нагрузки* ($p < 0,001$) и их взаимодействия ($p < 0,001$) на параметры успешности выполнения тестовых этапов.

На рис. 3 представлены интегральные показатели успешности выполнения тестовых этапов 1–4 в группе «экспертов» и в группе «новичков», полученные до и после прохождения ими тренировки.

Далее для всех групп участников было проанализировано влияние условий деятельности (тестовые этапы 1–4) на успешность выполнения заданий теста «Маршрут», зарегистрированную на начальном, срединном и завершающем периоде выполнения каждого из этапов 1–4. Трехфакторный дисперсионный анализ ANOVA показал достоверное влияние на успешность выполнения заданий факторов *Период* ($p < 0,001$), *Группа* ($p < 0,001$), *Условие работы* ($p < 0,001$), а также взаимодействия факторов *Группа* и *Период* ($p < 0,001$), *Группа* и *Условие работы* ($p < 0,05$) (рис. 4).

Представленные на рис. 4 данные свидетельствуют, что у «экспертов» различные условия деятельности не оказывают существенного влияния на успешность выполнения теста «Маршрут», остающейся высокой независимо от того, работают они в условиях interfering влияния дополнительных задач (этапы 1–3) или в условиях дефицита времени (этап 4). Напротив, у «новичков» условия работы оказывают существенное влияние на эффективность деятельности. Наиболее низкую эффективность они обнаруживают в условиях дефицита времени (этап 4) и нагрузки вербальной оперативной памяти (этап 3). Прохождение тренировки приводит к уменьшению, но не устранению выявленного эффекта.

Исследование также показало, что у «экспертов» продуктивность выполнения теста «Маршрут» в начальные, средние и завершающие периоды каждого этапа достоверно не различается (рис. 4). Другими словами, при переходе от этапа к этапу они быстро адаптировались к изменению условий работы и на начальных этапах демонстрировали такую же высокую успешность деятельности, как и на средних и заключительных этапах.

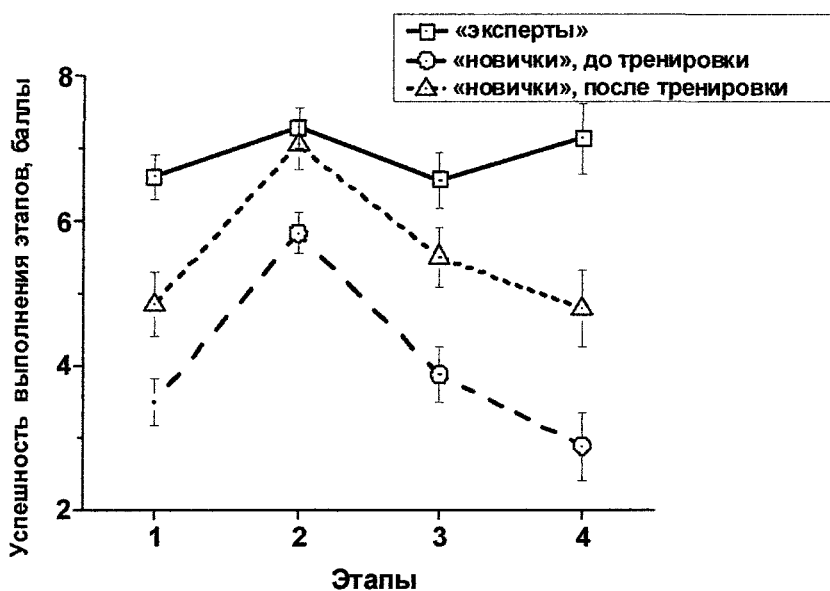


Рис. 3. Интегральные показатели успешности выполнения этапов «экспертами» и «новичками» до и после прохождения интенсивной тренировки

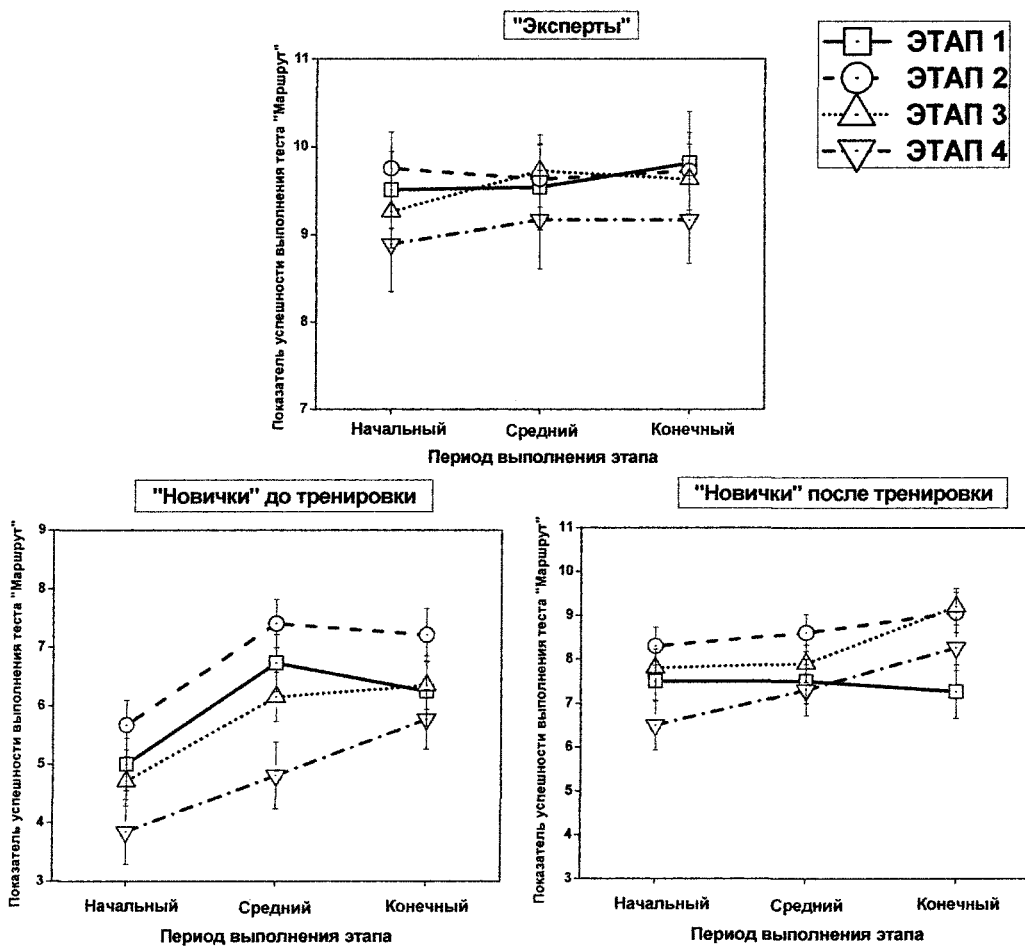


Рис. 4. Показатели выполнения теста «Маршрут» в различные периоды выполнения тестовых этапов 1–4 «экспертами» и «новичками» до и после прохождения интенсивной тренировки

Напротив, у «новичков» успешность выполнения теста «Маршрут» в начальные периоды этапов 1–4 была достоверно ниже, чем в средние ($p < 0,001$) и завершающие ($p < 0,001$) периоды. Это свидетельствует о наличии у них выраженной фазы «вработывания» [4]: в отличие от «экспертов», «новичкам» требовался значительный период времени, чтобы адаптироваться к изменению условий работы и обеспечить относительно успешное выполнение деятельности. Кроме того, данные рис. 4 свидетельствуют, что у «новичков» прохождение тренировки приводит к выраженному уменьшению, но не устранению фазы «вработывания».

На следующем этапе исследования были проанализированы характеристики нестационарных периодов сердечного ритма, зарегистрированные у испытуемых в моменты изменений условий когнитивной деятельности.

На рис. 5 представлены четыре типичных примера кардиоваскулярных реакций у участников эксперимента в ответ на изменения условий их деятельности.

Реакции первого типа (рис. 5, верхний

график слева) наиболее часто встречались у «экспертов». При изменении условий выполняемой работы они способны быстро мобилизоваться и эффективно реорганизовать деятельность по выполнению основного теста «Маршрут» так, чтобы минимизировать интерферирующее влияние дополнительных задач. За счет этого достигается быстрое снижение показателей активации (высокие значения параметра A_s , равные параметру A_m) при низкой физиологической «стоимости» адаптации (близкие к нулевым значения параметра A_k).

Реакции второго типа (рис. 5, нижний график слева) наиболее часто встречались у «новичков» после тренировки. В целом они схожи с аналогичными реакциями у «экспертов», однако снижение активации во время фазы стабилизации менее выражено (значения параметра A_s меньше, чем у «экспертов») при большей физиологической «стоимости» адаптации к изменившимся условиям деятельности (большие, чем у «экспертов» значения параметра A_k).

Реакции третьего типа (рис. 5, верхний

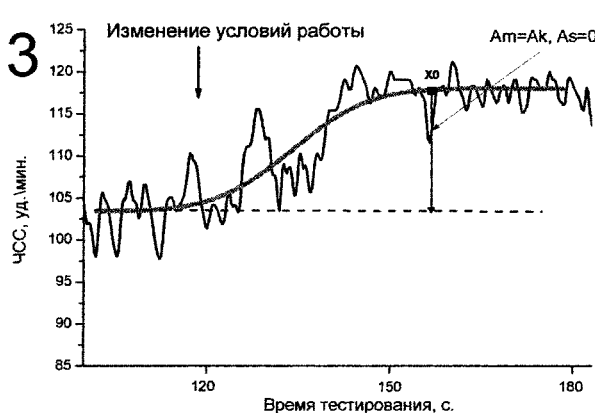
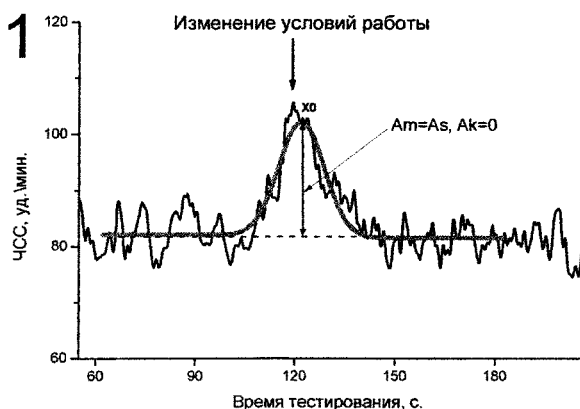


Рис. 5. Примеры кардиоваскулярных реакций у испытуемых на изменения условий деятельности

график справа) были типичными для группы «новичков» до прохождения ими тренировки. При изменении условий деятельности они мобилизуются, интенсифицируют усилия, однако неспособны эффективно перестроить свою когнитивную деятельность и адаптироваться к новым требованиям. В результате быстрого снижения активации у них не отмечалось при выявленной высокой физиологической «стоимости» деятельности в новых условиях (близкие к нулевым значения параметра A_s и высокие значения параметра A_k , идентичные параметру A_m).

Наконец, *реакции четвертого типа* (рис. 5, нижний график справа) иногда наблюдались у «новичков» на наиболее трудных периодах работы (часто в начальный период выполнения 3 этапа). На усложнение условий работы они реагировали кратковременной мобилизацией, однако затем резко снижали интенсивность или полностью отказывались от усилий по адаптации к усложненным условиям. В результате физиологические показатели активации резко снижались и стабилизировались на уровне, ниже первоначального (отрицательные значения параметра A_k) при низкой эффективности деятельности.

С целью подтверждения отмеченных закономерностей для всех параметров нестационарных периодов сердечного ритма был проведен дисперсионный анализ ANOVA с внутригрупповым фактором *Условие работы* (тестовые этапы 1–4) и межгрупповым фактором *Группа* («новички», «эксперты»). Для группы «новичков» также проводился ANOVA с внутригрупповыми факторами *Условие работы* (этапы 1–4) и *Тренировка* (до и после тренировки).

Исследование выявило достоверные различия между группами «экспертов» и «новичков» по значениям *параметра физиологической «стоимости» адаптации к изменению условий деятельности (A_k)* ($p < 0,05$), а также значимое взаимодействие факторов *Группа* и *Условия работы* ($p < 0,05$). Условия работы достоверно повышают физиологическую «стоимость» когнитивной деятельности у «новичков», но не у «экспертов». Метод парных сравнений показал, что у «новичков» на тестовых этапах 1 и 2 значения параметра A_k достоверно выше, чем на этапе 3 ($p < 0,05$). Также выявлено достоверное снижение параметра A_k в процессе тренировки ($p < 0,01$). Установлено, что в результате тренировки значения параметра A_k у «новичков» достоверно снижаются

на всех этапах, кроме третьего. Это согласуется с результатами исследований, свидетельствующих, что физиологическая «стоимость» познавательной деятельности у нетренированных лиц значительно выше, чем у тренированных [2, 4, 7]. Другими словами, «новички» затрачивают значительно больше усилий на выполнение новой для них деятельности, чем тренированные лица.

Чем объясняется факт большей «стоимости» деятельности по выполнению задачи тестового этапа 3 у «экспертов» по сравнению с «новичками»? Как было отмечено ранее, именно задача этого этапа вызывала наибольшие субъективные трудности у «новичков»: эффективность выполнения этой задачи «новичками» была наиболее низкой (см. рис. 3). Можно предположить, что вследствие высокой субъективной сложности данной задачи, по крайней мере, часть «новичков» отказывалась от усилий по ее выполнению, что и привело к появлению низких значений физиологической «стоимости» деятельности.

Исследование показало, что взаимодействие факторов *Группа* и *Условия работы* достоверно влияет на значения *параметра интенсивности мобилизации (A_m)* ($p < 0,01$). Также выявлен эффект взаимодействия факторов *Тренировка* и *Условия работы* ($p < 0,01$).

Установлено, что «новички» по сравнению с «экспертами» демонстрируют достоверно более высокие значения параметра A_m на начальных этапах тестирования. В то же время при выполнении заданий тестового этапа 3, требующего максимальной мобилизации усилий для запоминания предъявляемого на короткое время буквенно-цифрового «позывного», значения параметра A_m у «новичков» достоверно ниже, чем у «экспертов», и повышаются в процессе тренировки. Полученные данные свидетельствуют о том, что у тренированных лиц процесс мобилизации усилий носит дифференцированный характер и определяется структурой и уровнем сложности предстоящей задачи. Напротив, у «новичков» мобилизация усилий носит чрезмерно общий, недифференцированный характер.

Исследованием установлены достоверно более высокие значения *параметра длительности мобилизации (W_m)* у «новичков» по сравнению с «экспертами» ($p < 0,001$). Также было выявлено достоверное снижение параметра W_m в процессе тренировки ($p < 0,01$). Влияние фактора *Условия работы*

на данный параметр оказалось не достоверным ($p > 0,05$).

Как отмечалось ранее, при изменении объективных условий деятельности индивиду требуется некоторое время, чтобы мобилизовать когнитивные ресурсы, осуществить поиск и актуализацию в памяти информации, требующейся для работы в новых условиях. Многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют, что этот процесс сопровождается резким повышением физиологической активации, в частности, учащением сердечного ритма и снижением его вариабельности [4, 11]. Таким образом, выявленные данные свидетельствуют, что по мере тренировки происходит существенное сокращение временных затрат на поиск и актуализацию в памяти информации, необходимой для деятельности в новых условиях.

Был выполнен анализ показателей *временного интервала между изменением условий деятельности и моментом максимальной физиологической активации (ΔT)* у различных групп испытуемых.

Исследование выявило достоверные большие значения параметра ΔT у «новичков» по сравнению с «экспертами» ($p < 0,001$). Также было выявлено достоверное снижение данного параметра у «новичков» в процессе тренировки ($p < 0,001$). Влияние условий задачи на данный параметр оказалось не значимым ($p > 0,05$).

Полученные данные свидетельствуют, что в отличие от «новичков» «эксперты» способны предвидеть момент изменения условий деятельности и заранее инициировать необходимую подготовительную активность. «Пик» физиологической активации, указывающий на завершение процесса мобилизации, у них отмечается непосредственно в момент начала нового этапа. Другими словами, «эксперты» используют преимущественно «проактивную» стратегию [6]: они заранее актуализируют в памяти необходимые знания и процедуры и в результате эффективно «включаются» в работу и демонстрируют минимальный период «вработывания» (см. рис. 4).

«Новички», напротив, используют преимущественно «реактивную» стратегию: они начинают процесс мобилизации и поиска в памяти необходимых сведений не до изменения объективных условий деятельности, а после этого. В результате они демонстрируют низкие показатели успешности и длительный период «вработывания».

В исследовании также установлены достоверные меньшие значения *параметра снижения активации во время фазы стабилизации (A_s)* у «новичков» по сравнению с «экспертами» ($p < 0,001$) и достоверное влияние на данный параметр фактора *Условия работы* ($p < 0,001$). Кроме того, установлено достоверное увеличение параметра A_s в процессе тренировки ($p < 0,05$).

Эти данные свидетельствуют, что «эксперты» быстро «включаются» в реализацию деятельности в изменившихся условиях, способны эффективно оптимизировать уровень когнитивной нагрузки, что приводит к быстрому снижению активации после первичной мобилизации. Характерно, что значения параметра A_s больше для полученных значений на тестовых этапах 1 и 3, на которых отмечалась большая интенсивность реакций мобилизации.

У «новичков», напротив, быстрого снижения активации после первичной мобилизации не отмечается или оно выражено слабо. С одной стороны, «новички» часто выбирают ошибочную стратегию действий, что приводит к сохранению высокого уровня напряжения или вызывает повторные циклы мобилизации, направленные на поиск более успешных стратегий. С другой стороны, они обнаруживают сниженную способность к оптимизации уровня когнитивной нагрузки в процессе работы. Иногда они удерживают в оперативной памяти избыточную информацию [11], иногда – испытывают трудности с торможением нерелевантных когнитивных установок, связанных с прошлыми условиями работы [8]. В связи с этим «новички» часто вынуждены работать на пределе своих возможностей, демонстрируя, таким образом, реакции, проявляющиеся низкими значениями параметра снижения активации (A_s).

Обсуждение результатов. В исследовании был апробирован динамический подход к оценке факторов произвольной регуляции когнитивной деятельности, основанный на данных о взаимосвязи регуляторных процессов с нестационарными периодами в динамике сердечного ритма, регистрируемой у индивида в процессе выполнения им умственной работы. В тех случаях, когда индивид реализует привычную когнитивную деятельность, протекающую «по накатанной колее» (например, читает газеты, просматривает сайты или выполняет простые арифметические операции), она характеризуется постоянством во времени статистических и частотных характе-

ристик сердечного ритма, то есть его относительной «стационарностью». Однако в моменты, когда индивид в связи с изменением внешних условий вынужден произвольно «перестраивать» свою когнитивную деятельность, отмечаются резкие колебания физиологических параметров активации, т.е. возникновение нестационарных периодов в динамике сердечного ритма. Длительность и конфигурация этих периодов в сочетании с оценкой показателей эффективности деятельности позволяет анализировать время, затраченное индивидом на процесс когнитивной «перестройки», а также выявлять особенности протекания основных стадий этого процесса.

Данный методический подход был использован с целью изучения факторов, способствующих повышению эффективности регуляции когнитивной деятельности в процессе тренировки.

Результаты исследования показывают, что по мере тренировки существенно возрастает способность индивида произвольно реорганизовывать свою когнитивную деятельность в связи с изменением внешних требований, что проявляется как в уменьшении периода «вработывания», так и в снижении физиологической «стоимости» адаптации к изменению условий работы.

Анализ характеристик нестационарных периодов сердечного ритма, отмечающихся в периоды изменения условий работы, в сочетании с оценкой динамики показателей эффективности деятельности позволяет сформулировать ряд положений относительно факторов, способствующих повышению эффективности регуляции когнитивной деятельности в процессе тренировки.

1. По мере тренировки повышается способность индивида к подготовительной когнитивной активности, предвосхищающей изменение внешних требований. Тренированные лица используют «проактивную» стратегию: они заранее актуализируют в памяти необходимые знания и процедуры и в результате эффективно адаптируются к новым условиям. Новички, напротив, используют «реактивную» стратегию: процессы мобилизации и поиска в памяти необходимых сведений у них носят запаздывающий характер, возникают после изменения условий деятельности. Это положение согласуется с данными, что предоставление времени на подготовку приводит к уменьшению длительности «вработывания» у тренированных лиц, но не у новичков [9, 12].

2. По мере тренировки повышается способность индивида к дифференцированной мобилизации когнитивных ресурсов и быстрому поиску в памяти релевантной информации. В отличие от новичков тренированные лица тратят меньше времени и усилий на актуализацию в памяти сведений, необходимых для деятельности в изменившихся условиях.

3. В результате тренировки повышается способность индивида к оптимизации когнитивной нагрузки в процессе деятельности. В отличие от новичков тренированные лица способны быстро выработать правильную стратегию действий и минимизировать затраты функциональных ресурсов, что приводит к быстрому снижению напряжения после первичной мобилизации усилий.

В целом исследование показало, что предложенный методический подход позволяет дифференцированно оценивать факторы, определяющие эффективность произвольной регуляции когнитивной деятельности человека в усложненных условиях, и, таким образом, может успешно использоваться при решении прикладных задач клинической и инженерной психологии.

Литература

1. Баевский, Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клецкин. – М., 1984.
2. Береговой, Г.Т. Психологические основы обучения человека-оператора готовности к действиям в экстремальных условиях / Г.Т. Береговой, В.А. Пономаренко // Вопросы психологии. – 1983. – № 1. – С. 23–32.
3. Зотов, М.В. Методологические основы ранней диагностики пограничных нервно-психических расстройств / М.В. Зотов. – Вестник СПбГУ. Сер. 12. – 2009. – № 4. – С. 250–257.
4. Медведев, В.И. Устойчивость физиологических и психологических функций человека при действии экстремальных факторов / В.И. Медведев. – Л., 1982.
5. Петрукович, В.М. Методика оценки способности авиационного штурмана оперировать цифровой информацией в структуре пространственного образа / В.М. Петрукович // Вестник Балтийской педагогической академии. – 2000. – № 34. – С. 83–90.
6. Прерывания в компьютеризированной деятельности: стратегии переключения между основной и дополнительной задачами /

А.Б. Леонова, И.В. Блинникова, Б.Б. Величковский, М.С. Капица // *Экспериментальная психология*. – 2009. – № 1. – С. 35–51.

7. Сапова, Н.И. Комплексная оценка регуляции сердечного ритма при дозированных функциональных нагрузках / Н.И. Сапова // *Физиол. журн. им. Сеченова*. – 1982. – 68. – № 8. – С. 1159–1164.

8. Allport, A. Task-switching, stimulus-response bindings, and negative priming / A. Allport, G. Wylie // In S. Monsell, J. Driver (Eds.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Cambridge, MA, 2000. – P. 35–70.

9. Altmann, E.M. An integrated model of cognitive control in task switching / E.M. Altmann, W.D. Gray // *Psychological Review*. – 2008. – 115. – P. 602–639.

10. Comstock, J.L. *The Multi-attribute Task Battery for human operator workload and strategic behavior research* / J.L. Comstock, R.J. Arnegard // *Technical Report 104174*. Hampton, VA. 1992.

11. Hockey, G.R.J. *Operator Functional State: The Assessment and Prediction of Human Performance Degradation in Complex Tasks* / G.R.J. Hockey, A.W.K. Gaillard, O. Burov. – Amsterdam, 2003.

12. Monsell, S. Task switching / S. Monsell // *Trends in Cognitive Sciences*. – 2003. – № 7. – P. 134–140.

13. Rubinstein, J.S. Executive control of cognitive processes in task switching / J.S. Rubinstein, D.E. Meyer, J.E. Evans // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 2001. – № 27. – P. 763–797.

Поступила в редакцию 21 марта 2011 г.

Зотов Михаил Владимирович. Кандидат психологических наук, доцент факультета психологии, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург; e-mail: zotov@psy.pu.ru; mvzotov@mail.ru

Mikhail V. Zotov. The candidate of psychological sciences, Associate Professor Department of Psychology, St. Petersburg State University; e-mail: zotov@psy.pu.ru; mvzotov@mail.ru

Ахмедова Инга Сергеевна. Аспирант, факультет психологии, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург; e-mail: pemphix@mail.ru

Inga S. Akhmedova. Postgraduate student, Department of Psychology, St. Petersburg State University; e-mail: pemphix@mail.ru