

К вопросу классификации функциональных состояний человека

В. А. Машин

Машин Владимир Анатольевич - Главный специалист Центрального Института Повышения Квалификации (НОУ ДПО ЦИПК – Единый поставщик образовательных услуг ГК «РОСАТОМ»).
Кандидат психологических наук. E-mail: mashin-va@mail.ru

Резюме

В данной статье рассмотрены различные подходы к классификации функциональных состояний человека. В основу сравнительного анализа была положена предложенная нами классификация функциональных состояний с позиций трехфакторной модели вариабельности сердечного ритма. Данная модель отражает современные представления о нейрофизиологических механизмах регулирования деятельности и поведения человека и позволяет диагностировать функциональные состояния как при воздействии различных психоэмоциональных нагрузок, так и при их отсутствии. В сравнительном анализе были использованы классификации функциональных состояний на основе эффективности деятельности (работоспособности) и психического напряжения (цены деятельности). Показана теоретическая и операциональная неопределенность данных понятий, затрудняющая классификацию и диагностику функциональных состояний, а также ограниченность их применения лишь областью профессиональной деятельности.

Ключевые слова: функциональное состояние, классификация, психическое напряжение, психическая нагрузка, вариабельность сердечного ритма

Профессиональная деятельность человека определяется внешними факторами: содержанием задачи, рабочим окружением (оборудование, физическая и социально-организационная среды), а также внутренними: мотивацией, когнитивными процессами, функциональным состоянием (Машин, 2007а). В понятие функционального состояния мы вкладываем следующее содержание: функциональное состояние – это характеристика нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих согласованную активность психических, соматических и вегетативных функций в процессе деятельности или поведения человека.

В основе мотивации (побуждающей и направляющей наше поведение), когнитивных процессов (поиск, переработка и хранение информации, принятие решений) лежит активность структур головного мозга. Приспособление субъекта к изменяющимся условиям внешней среды, его физическая и психическая активность, характеризующие, согласно W. Hess (1964) и E. Gellhorn (1968, 1970) "эрготропное" поведение, требуют от неспецифических (надсегментарных) корково-лимбических структур головного мозга обеспечения согласованного ответа психических, соматических и вегетативных функций (Вейн, 2003). При этом специфические (сегментарные) структуры головного мозга, образованные симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы (ВНС), способствуют поддержанию гомеостатического равновесия. В состоянии относительного покоя, когда нет возмущающих воздействий и отсутствует активная работа любого характера ("трофотропное" поведение по W. Hess и E. Gellhorn), сегментарные структуры головного мозга могут обеспечить существование организма на рефлекторном уровне (Вейн, 2003) (примером могут служить "бульбарные" животные). Необходимо заметить, что уровень активности надсегментарных структур головного мозга, и, следовательно, степень психической активности, моторной готовности, вегетативной мобилизации, зависит от значимости и глубины "погружения" субъекта в ситуацию (от его мотивации) (Вейн, 2003). В процессе выполнения профессиональной деятельности психическая нагрузка, определяемая содержанием задачи и рабочим окружением (Машин, 2007а), влияет на когнитивные процессы, которые, в свою очередь, также определяют уровень активности надсегментарных структур головного мозга. Таким образом, эрготропные формы поведения обеспечиваются активностью надсегментарных структур головного мозга (через широкое использование структур симпатического отдела ВНС), трофотропные – активностью сегментарных структур головного мозга (в первую очередь, парасимпатического отдела ВНС). Показатели активности надсегментарных и сегментарных структур головного мозга (А.М. Вейн использовал понятия надсегментарных и сегментарных отделов ВНС), обеспечивающих согласованную активность психических, соматических и

вегетативных компонентов деятельности и поведения человека, и послужили нам индикаторами его функционального состояния. Для оценки активности надсегментарных и сегментарных структур головного мозга мы использовали индексы вариабельности сердечного ритма (ВСР).

Результаты нейрофизиологических исследований второй половины XX века установили важную роль активности надсегментарных (неспецифических) структур головного мозга в регулировании сердечнососудистой деятельности в процессе различных форм поведения. Механизмы взаимодействия структур головного мозга и сердца нашли свое отражение в модели воздействия стрессоров на человека J.E. Skinner (1985), в концепции механизмов внимания M.I. Posner (1994). Нейрофизиологами были описаны комплексы структур головного мозга, включенные в когнитивную, аффективную и вегетативную регуляцию, которые обеспечивают целенаправленное поведение и адаптацию организма к новым условиям (Damasio, 1994, 1998; Masterman, Cummings 1997): например, центральная вегетативная нервная сеть (Benarroch, 1993, 1997), передняя управляющая область головного мозга (Devinsky et al., 1995). Согласно модели нейровегетативного взаимодействия, предложенной J.F. Thayer и В.Н. Johnsen (2000), все эти структуры имеют много общего как анатомически, так и функционально, а их активность детерминирует не только когнитивно-аффективное поведение, но и ВСР. Таким образом, с помощью показателей ВСР можно оценить важные аспекты регуляции деятельности и поведения (включая функциональное состояние человека), благодаря возможности этих показателей отражать механизмы взаимодействия надсегментарных и сегментарных структур головного мозга.

В своих исследованиях мы обосновали трехфакторную модель вегетативной регуляции сердечного ритма (Машин, 2004) (см. рис. 1). Первый фактор этой модели отражает общий тонус ВНС и оценивается показателем $SDNN$ - среднее квадратическое отклонение R-R интервалов анализируемого временного ряда (Степура и др., 2001, рекомендации XIX-XXII конгрессов европейского общества кардиологов). Второй фактор характеризует баланс активности надсегментарного и сегментарного отделов ВНС и оценивается показателем b_1 - тангенс угла наклона линии регрессии графа сердечного ритма (Машин, 2004, 2006). Третий фактор определяет баланс активности симпатического и парасимпатического отделов ВНС и оценивается показателем M_{NN} - средний R-R интервал анализируемого временного ряда (Coumel et al., 1995; Goldberger, 1999; Murakawa et al., 1993).

[Рисунок 1]

Предложенная трехфакторная модель вегетативной регуляции сердечного ритма позволила нам выделить 8 функциональных классов, которые описывают состояние человека в процессе как

эрготропного (психическая или физическая нагрузка), так и трофотропного поведения (покой) (Машин, 2004). Каждый класс представляет собой непрерывный континуум функциональных состояний в диапазоне, который задается минимальными и максимальными значениями нормированных показателей трехфакторной модели ВСР. Например, для первого класса "Норма" (ФК1), характерного для трофотропного поведения (высокий общий тонус ВНС – высокие значения $SDNN$, преобладание активности сегментарного отдела ВНС – низкие значения b_I , преобладание активности парасимпатического отдела ВНС – высокие значения M_{NN}), можно выделить 12 уровней функциональных состояний: начальные - активный покой, далее – различные стадии расслабления, и наивысшие уровни - глубокий сон (максимально возрастает активность сегментарного и парасимпатического отделов ВНС) (Машин, 2007а). Поэтому важно не только отнесение функциональных состояний к тому или иному классу, но и степень их выраженности в единицах нормированных значений показателей трехфакторной модели вегетативной регуляции сердечного ритма. Кратко охарактеризуем остальные 7 функциональных классов.

Важной особенностью первых четырех функциональных классов является высокий общий тонус ВНС. Во втором функциональном классе "Норма с преобладанием симпатической активности" (ФК2), в отличие от первого наблюдается преобладание активности симпатического отдела ВНС в симпато-вагусном балансе. Данный функциональный класс диагностируется у лиц с высоким тонусом активности в состоянии покоя, а также при экономичной регуляции сердечного ритма в процессе психической нагрузки (Баевский и др., 1988). Следующий функциональный класс "Эмоциональное возбуждение" (ФК3) отличается от класса "Норма" преобладанием активности надсегментарного отдела ВНС. Если при этом дополнительно наблюдается преобладание активности симпатического отдела ВНС, то диагностируется четвертый функциональный класс "Эмоциональное возбуждение с преобладанием симпатической активности" (ФК4). Функциональные состояния данных классов характерны для периодов тревожного ожидания выполнения ответственных заданий (мобилизационная фаза эрготропной деятельности), а также для периодов после их выполнения (переходная фаза от эрготропной к трофотропной деятельности) (Машин, 2007б).

Для заключительных функциональных классов предложенной классификации характерен низкий общий тонус ВНС (низкие значения $SDNN$). Состояния пятого функционального класса "Психическое напряжение" (ФК5, преобладание активности надсегментарного и симпатического отделов ВНС – высокие значения b_I и низкие M_{NN}) типичны для воздействия когнитивного компонента психической нагрузки и отражают разные степени психического напряжения и

концентрации усилий субъекта на задаче (исполнительная фаза эрготропной деятельности). Шестой функциональный класс "Психическое напряжение с преобладанием активности вагуса" (ФК6) отличает от предыдущего преобладание активности парасимпатического отдела ВНС. Функциональные состояния данного класса диагностируются при психическом утомлении с астено-невротической симптоматикой, а также могут служить индикаторами патологических процессов (атеросклероз, рак) и вызванных ими ипохондрических мыслей. Следующий функциональный класс "Психическое напряжение с преобладанием активности сегментарных структур" (ФК7) диагностируется в процессе психической нагрузки, но в отличие от класса "Психическое напряжение" в этом случае наблюдается парадоксальная активность сегментарного отдела ВНС (снижение показателя b_1). Анализ показал, что снижение b_1 обусловлено наличием в динамике сердечного ритма низкоамплитудного стохастического шума в высокочастотной области. Согласно полученным клиническим данным (анализ ЭКГ), обнаружение такого стохастического шума в процессе психической нагрузки может служить ранним индикатором развития нарушений проводимости сердца. Другой возможный источник высокочастотного стохастического шума – помехи от мышечных сокращений при регистрации сердечного ритма. Последний функциональный класс "Психическое напряжение с преобладанием активности вагуса и сегментарных структур" (ФК8) имеет много общего с классом "Норма". Главное отличие – низкий общий тонус ВНС. Функциональные состояния данного класса характерны для хронических форм психического утомления.

Предложенная на основе нейрофизиологического анализа активности структур головного мозга классификация функциональных состояний не ограничивается лишь рамками выполнения человеком профессиональной деятельности (эрготропные формы поведения). Она позволяет анализировать функциональные состояния человека и при отсутствии психической нагрузки (относительный покой), и в процессе сеансов релаксации, и во время сна (трофотропные формы поведения). Время после выполнения человеком своей работы можно рассматривать как период "профилактики", период восстановления его функционального состояния для выполнения очередных задач. Если восстановления не происходит, то постепенно у субъекта развиваются такие негативные функциональные состояния как хронические формы психического напряжения и утомление (на языке нейроэндокринологии – возрастает "аллостатическая нагрузка"), которые мы можем наблюдать в состоянии относительного покоя. У субъекта нарушается способность психических, соматических и вегетативных функций к восстановлению, что постепенно может привести к развитию различных заболеваний. Концепция аллостатической нагрузки (*allostatic load*)

была предложена B.S. McEwen и E. Stellar (McEwen, Stellar, 1993; McEwen, Seeman, 1999) именно с целью прогнозировать развитие различных болезней исходя из эффекта "накопления" стрессовых факторов различной интенсивности в течение жизни. Она позволяет объяснить, почему после окончания психической нагрузки у человека наблюдаются функциональные состояния, характерные для выполнения профессиональной деятельности. С помощью трехфакторной модели вегетативной регуляции сердечного ритма мы можем диагностировать следующие негативные функциональные состояния при отсутствии психической нагрузки: хроническое психическое напряжение (ФК5), хроническое психическое утомление (ФК8), хроническое утомление на фоне развития болезни (ФК6). Конфликтные ситуации на производстве (как и в быту) могут выражаться в состояниях эмоционального возбуждения (ФК3, ФК4).

В процессе выполнения оперативной деятельности мотивация, когнитивные процессы и функциональное состояние субъекта определяют ее надежность и эффективность (рис. 2). Моделирование высоких психоэмоциональных нагрузок в наших исследованиях психологической устойчивости (Машин, 2004) позволили определить функциональные классы, а также степень их выраженности, при которой может произойти дезорганизация деятельности человека (резкое падение эффективности выполнения). Это функциональные классы, связанные с эмоциональным перевозбуждением (ФК3 и ФК4) и психическим перенапряжением (ФК5, ФК6, ФК7). Очень важно заметить, что в этом случае все субъекты имели высокую мотивацию и хороший уровень когнитивных процессов. Решающим фактором низкой психоэмоциональной устойчивости служили психофизиологические особенности операторов (нарушение протекания когнитивных процессов в условиях эмоционального перевозбуждения или психического перенапряжения). Результаты этих исследований могут быть полезны как для отбора персонала на должности, требующие хорошей психоэмоциональной устойчивости, так и для оперативного контроля и управления функциональным состоянием человека через воздействие на рабочее окружение и перераспределение рабочей нагрузки, как это планируется в адаптивных автоматизированных системах (рис. 2).

[Рисунок 2]

Заметим, что дезорганизация деятельности в ситуации высокой психоэмоциональной нагрузки может быть обусловлена не низкой психологической устойчивостью субъекта, а недостаточностью уровня его высших психических функций: восприятия, внимания, памяти, мышления (когнитивный компонент деятельности). Это можно установить с помощью психологической диагностики когнитивных процессов. При моделировании высокой

психоэмоциональной нагрузки субъекты с низким уровнем когнитивных функций могут не испытывать перевозбуждения или перенапряжения. Главные их трудности лежат именно в когнитивной области. Такие лица могут быть отсеяны на стадии отбора и подготовки на оперативную должность. В тоже время, при высоком уровне когнитивных функций, в ситуации высокой психоэмоциональной нагрузки функциональные состояния психического перенапряжения или эмоционального перевозбуждения могут резко снизить эффективность когнитивных процессов и нарушить выполнение деятельности. Таким образом, оперативно контролируя развитие таких негативных функциональных состояний, мы сможем контролировать и эффективность когнитивных процессов при выполнении деятельности.

Другой фактор, который определяет эффективность и надежность выполнения деятельности, это мотивация субъекта. В одном из исследований нами описан пример низкой мотивации при моделировании высокой психоэмоциональной нагрузки (Машин, 2004). Во время выполнения заданий у субъекта диагностировался функциональный класс "Норма". При этом возникающие при выполнении сложности (задержки в поиске информации), совершаемые ошибки (выбор неверного элемента из массива) не вызывали эмоционального возбуждения (тревожно-мобилизующих реакций), не приводили, как это наблюдалось у других обследуемых, к росту психического напряжения (концентрации усилий на задаче). У субъекта стабильно диагностировался функциональный класс "Норма". Собеседование с обследуемым подтвердило гипотезу низкой мотивации субъекта к работе оператором (случайно попал в группу, скомплектованную для обучения на оперативную должность). Обычно контроль мотивации проводится на стадии отбора (включая групповой ассессмент) и в процессе длительной и интенсивной подготовки на оперативную должность. В процессе деятельности мотивационный компонент может быть крайне динамичным, зависящим от многих факторов: содержание выполняемой задачи, рабочее окружение (социально-организационная среда). Высокая мотивация субъекта может выражаться в эмоциональном перевозбуждении, в психическом перенапряжении. Снижение мотивации в процессе выполнения деятельности, которое сопровождается, например, в ситуации монотонии, снижением alertности (*alertness* - состояние готовности в ситуации относительного покоя активно реагировать на критические изменения в управляемом объекте, принимать взвешенные, продуманные решения), может приводить к развитию выраженных состояний функционального класса "Норма" (сонливость, дремота). Оперативно контролируя функциональные состояния можно предотвратить снижение alertности через выделение дополнительной психической нагрузки для оператора.

После краткого изложения предложенной нами классификации функциональных состояний, перейдем к рассмотрению основных подходов к решению этой проблемы в отечественных и западных исследованиях. В отечественной литературе по инженерной психологии и эргономике распространено определение функционального состояния, как интегрального комплекса наличных характеристик тех функций и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение деятельности (Зараковский и др., 1974; Медведев, Леонова, 1981). Само понятие функционального состояния вводится для характеристики эффективной стороны деятельности человека. Подчеркивается, что только в том случае, когда наблюдаются изменения в динамике эффективности трудовой деятельности, можно говорить об изменении функционального состояния. Первоначально под эффективностью понимались показатели результативности работы: производительность, качество и темп, количество ошибок. Но многочисленные данные исследований, в которых негативная динамика функциональных состояний (например, утомления) не сопровождалась изменением показателей результативности труда (компенсированная фаза утомления), заставили расширить содержание понятия эффективности и включить в него дополнительно такой показатель, как степень адекватности ответа функциональных систем на содержание деятельности: способ их функционирования и согласованности, расход психофизиологических ресурсов (цена деятельности) (Леонова, 1984). Но совершенно очевидно, что этот показатель относится к характеристике функционального состояния человека. Следовательно, если изменяется функциональное состояние (показатель степени адекватности), то неизбежно будет изменяться и эффективность деятельности. Действительно, о снижении эффективности деятельности может свидетельствовать повышение психофизиологических затрат при сохранении результативной стороны работы (Леонова, 1984). Но тогда возникает вопрос, а можем ли мы при изменениях в динамике эффективности трудовой деятельности однозначно говорить об изменениях функционального состояния человека? Ведь эффективность деятельности связана как с показателями результативности работы, так и с показателями функционального состояния (адекватность ответа функциональных систем). Положительный ответ возможен только в том случае, если между показателями функционального состояния и результативности работы существует взаимосвязь. Но это противоречит данным о несовпадении динамики функционального состояния и показателей результативности работы. Если ответ отрицательный, то тогда мы должны признать, что рост ошибок или произведенной продукции может быть обусловлен не динамикой функционального состояния человека, а чем-то иным. Что не

возможно, поскольку функциональное состояние, согласно данному подходу, отражает все "функции и качества" человека, которые влияют на эффективность деятельности. Таким образом, мы не можем однозначно судить об изменении функционального состояния человека по изменению динамики эффективности деятельности, независимо от того, какое содержание мы в понятие "эффективность" вкладываем.

Еще более запутанной становится картина, когда мы переходим к конкретным экспериментальным исследованиям функциональных состояний на основе понятия эффективности. Например, в исследовании сменной динамики работоспособности (эффективность деятельности в течение рабочего дня), выполненной А.Б. Леоновой (1984), анализ проводился с использованием следующих показателей, отражающих, по мнению автора, изменения функционального состояния человека: производительность труда, частота сердечных сокращений ("величина физиологической напряженности со стороны энергетической мобилизации" – цена деятельности), результаты выполнения психометрических методик, субъективные оценки утомления. Но каким образом показатель результативности работы (производительность) стал характеризовать не эффективность деятельности, а функциональное состояние? В работе Л.Г. Дикой (2002), посвященной вопросам саморегуляции состояний, функциональные состояния диагностировались не только с помощью психофизиологических и психологических показателей, но также, что важно, и показателей работоспособности (характеристик деятельности) оператора. Все эти примеры объясняются тем, что для сторонников данного подхода эффективность труда (темп, качество, производительность, количество ошибок) является такой же мерой функционального состояния, как показатели функционирования физиологических систем (сердечной, дыхательной, эндокринной, двигательной) или показатели субъективных переживаний, таких как усталость, раздражительность, скука или душевный подъем, собранность (Медведев, 2003). Но в этом случае, функциональное состояние определяется теми же показателями результативности работы, что и эффективность деятельности. Заметим, что в исследовании А.Б. Леоновой (1984), не изменения в эффективности деятельности (работоспособности) позволяют судить об изменениях функционального состояния, а изменения функционального состояния позволяют автору анализировать динамику работоспособности. Все это обусловлено, с нашей точки зрения, ошибочной попыткой сторонников данного подхода использовать эффективность деятельности как главный критерий функциональных состояний. В реальности понятие функционального состояния нельзя свести к показателям производительности, качества или надежности труда,

"растворив" его в эффективности деятельности и игнорируя многочисленные данные исследований о наличии самостоятельных нейрофизиологических механизмов, выполняющих интегрирующую роль в регуляции функциональных систем в процессе деятельности и поведения человека (Данилова, 1992).

Для оценки динамики функциональных состояний сторонники рассматриваемого подхода применяют метод "срезов" и предлагают использовать широчайший спектр физиологических и психометрических методик, опросники и личностные тесты, наблюдения, регистрацию поведения, результативные характеристики деятельности. Но в этом случае диагностика функционального состояния человека, как справедливо заметил Е.П. Ильин, подменяется простым описанием (перечислением) сдвигов в симптомокомплексе психических и психофизиологических функций (Ильин, 2005). Понимая, что метод "срезов" актуального состояния человека позволяет исследователю получить лишь мозаичную картину разнонаправленных сдвигов отдельных параметров, в качестве критерия оценки изменения функционального состояния человека и было предложено использовать понятие эффективности деятельности (Леонова, 1984). Но как показал наш анализ, теоретическая и операциональная неопределенность этого понятия не решает этой проблемы. Примером может служить исследование А.Б. Леоновой, в котором динамика функционального состояния оценивается на основании статистического анализа сдвигов отдельных показателей (средних по группам) между отдельными замерами, без использования методов многомерного анализа на основе единого интегрального показателя или фактора (Леонова, 1984). Речь в этом случае может идти о функциональном состоянии отдельных систем (сердечной, дыхательной, эндокринной, двигательной, зрительной) и процессов (прием и переработка зрительной информации, запоминание и воспроизведение чисел, абстрактное мышление), обеспечивающих выполнение деятельности. Заметим, что используя метод "срезов" необходимо учитывать важный фактор, который, согласно многочисленным экспериментам, может оказывать существенное влияние на результаты исследований – это гетерогенность (неоднородность) индивидов относительно динамики анализируемых показателей функциональных состояний (Данилова, 1992; Машин, 2007b, 2007c; Healey J.A., Picard 2005; Mezzacappa et al., 2001).

В рамках рассматриваемого подхода была предложена следующая классификация функциональных состояний. В ее основу была положена динамика работоспособности (эффективности трудовой деятельности) (Зараковский и др., 1974). Различным фазам (этапам) изменения работоспособности в процессе выполнения оператором своей деятельности

соответствовали изменения его функционального состояния: (1) мобилизация, (2) первичная реакция, (3) гиперкомпенсация, (4) компенсация, (5) субкомпенсация, (6) декомпенсация, (7) срыв. Сразу же заметим, что неопределенность понятия "эффективность трудовой деятельности" ("работоспособность") делает описание фаз крайне "размытым" и трудным для экспериментальной проверки. Кроме указанных фаз авторы дополнительно вводят состояние оперативного покоя (нулевая фаза), которое должно обеспечить выполнение трудовой деятельности. Более корректно назвать его "фоновым состоянием" (*background state*), которое характеризует человека за пределами его деятельности при отсутствии какой-либо внешней нагрузки. И сразу возникает противоречие: каким образом в рамках данного подхода мы можем оценить функциональное состояние при отсутствии главного критерия – эффективности деятельности? Авторы не уточняют, что мы должны контролировать, отсутствует операциональное определение состояния (как, в прочем, и для других фаз деятельности). Если исходить из нашей классификации, то оптимальное фоновое состояние человека должно соответствовать функциональному классу "Норма" (ФК1). При наличии аллостатической нагрузки мы будем диагностировать либо функциональные состояния психического напряжения (ФК5), либо различные формы психического утомления (ФК6 и ФК8). В этом случае необходима профилактика хронических форм психического напряжения и утомления. При диагностике выраженного функционального класса ФК6 необходимы дополнительные медицинские данные против развития заболеваний. Кроме этих негативных состояний мы можем наблюдать различные формы эмоционального возбуждения (ФК3 и ФК4), вызванные переживанием конфликтной ситуации, в которую вовлечен субъект. В этом случае могут потребоваться психологические консультации. В наших исследованиях показана эффективность сеансов релаксации (аутотренинга) для коррекции различных негативных состояний (Машин, Машина, 2001). Таким образом, уже в "фоновом состоянии", согласно нашей классификации, мы можем наблюдать разнообразные функциональные состояния, отличные от "Нормы", источником которых может быть как профессиональная деятельность индивида, так и различные жизненные ситуации.

Рассмотрим теперь фазу мобилизации. Это состояние "предстартового" ожидания, готовности к выполнению деятельности. Мы используем для этой фазы понятие "исходное состояние" (*baseline state*). Для этого состояния, согласно авторам (Зараковский и др., 1974), характерно повышение тонуса центральной нервной системы (ЦНС) и усиление функциональной активности ряда органов и систем. Действительно, согласно нашей классификации, для периода ожидания выполнения ответственного и нового для субъекта задания характерно преобладание

функциональных классов эмоционального возбуждения ФК3 и ФК4 (свыше 52% от числа всех обследованных; мобилизационная фаза эрготропного поведения) (Машин, 2007с). Они обеспечивают гибкую и быструю мобилизацию и подстройку функциональных систем для решения возникшей проблемы (Friedman, Thayer, 1998). Выраженность функциональных состояний данных классов может достигать при этом уровня ажитации (сильного волнения, возбуждения, с повышенной двигательной активностью). В этом случае трудно согласиться с мнением авторов, что "субъективно эта фаза выражается в некотором отвлечении от внешних посторонних раздражителей, во внутренней собранности, обдумывании особенностей предстоящей работы" (Зараковский и др., 1974). Кроме классов эмоционального возбуждения на этой стадии также отмечается значимо высокая частота функциональных состояний психического напряжения (ФК5, 29%). Функциональные состояния психического напряжения характерны для исполнительной фазы эрготропного поведения: функциональные системы мобилизованы и оптимизированы для выполнения текущей задачи (общий тонус ВНС снижен и все основные ресурсы ЦНС направлены на обеспечение когнитивных процессов). Если эмоциональное возбуждение можно рассматривать как проявление пластичности, гибкой подстройки функциональных систем под содержание задачи (под уровень психической нагрузки), то психическое напряжение (в ситуации ожидания незнакомой задачи) – как проявление ригидности: функциональные системы находятся в режиме "выполнения" при отсутствии реальной психической нагрузки. Мы предположили, что состояния эмоционального возбуждения в этих ситуациях могут отражать различные реакции тревоги, а психического напряжения – страха (Машин, 2007а, 2007б). Необходимо отметить, что существует значимая доля "хладнокровных" субъектов, которые не испытывают ни эмоционального возбуждения, ни психического напряжения ожидая выполнения ответственных заданий. Их функциональные состояния характеризуются классом "Норма" (ФК1, 8%) - активный покой.

Следующие две фазы (первичной реакции и гиперкомпенсации) в литературе нередко объединяют в одну фазу - втягивания или вработываемости. В целом они характеризуются приспособлением человека к наиболее экономному, оптимальному режиму выполнения данной конкретной работы (Зараковский и др., 1974). Авторы иллюстрируют это через двигательные реакции, не конкретизируя специфику психофизиологических процессов. Если использовать нашу классификацию, то на этой стадии отмечается снижение частоты функциональных классов эмоционального возбуждения (ФК3, ФК4) и рост частоты функциональных классов психического

напряжения (ФК5, ФК7). Динамика этого процесса, выраженность функциональных классов зависит от величины психоэмоциональной нагрузки.

Четвертая фаза – фаза компенсации: функциональное состояние организма становится стабильным, может превышать или быть равным исходному уровню (состоянию оперативного покоя), эффективность труда максимальна (Зараковский и др., 1974). Здесь авторы вводят новое понятие – "функциональное состояние организма". Интуитивно можно догадаться, что оно характеризует физиологические процессы при выполнении деятельности оператора. Но тогда трудно представить, что в ситуации воздействия психической нагрузки (активная когнитивная деятельность оператора) функциональное состояние организма вернется к исходному ("фоновому") уровню, как полагают авторы. Согласно нашей классификации, для этой стадии (стадии активной когнитивной деятельности) будут характерны функциональные классы психического напряжения (ФК5, ФК7), выраженность которых отражает уровень психической нагрузки, которая будет изменяться при изменении содержания задач и рабочего окружения. Кроме этого необходимо учитывать эмоциональный компонент рабочей нагрузки, обусловленный возникновением непредвиденных ситуаций, осложнений при выполнении стандартных операций, совершением ошибочных действий и т.п. В этом случае наблюдается рост функциональных состояний эмоционального возбуждения (ФК3, ФК4), которые мобилизуют функциональные системы на преодоление внезапно возникших проблем. Такая сложная динамика функциональных состояний является характерной для активной когнитивной деятельности оператора (Машин, 2007с).

Следующие две фазы (субкомпенсации и декомпенсации) в литературе объединяют также в одну фазу – утомление: при определенной интенсивности и длительности работы уровень физиологических реакций начинает снижаться, показатели функционального состояния ухудшаются, эффективность труда понижается (Зараковский и др., 1974). В качестве вегетативных нарушений авторы приводят рост частоты сердечных сокращений. Согласно нашей классификации процесс развития утомления можно представить следующим образом. Длительная интенсивная деятельность сопровождается психическим напряжением оператора (ФК5 и ФК7), что приводит к снижению функциональных ресурсов и возникновению различных форм психического утомления (ФК6 и ФК8). Этот процесс может быть растянут во времени и носить кумулятивный характер из-за неполного восстановления организма человека в периоды отдыха после трудовой деятельности и возрастания аллостатической нагрузки. Другой механизм развития утомления связан с монотонией. Очень часто монотонию описывают как функциональное состояние (Дикая, 2002;

Леонова, 1984). С нашей точки зрения, монотония характеризует содержание деятельности, а не состояние (Асеев, 1974; Ильин, 2005). При монотонии, когда деятельность однообразная, сенсорно-обедненная, с низкой психической нагрузкой (например, контроль показателей приборов при автоматическом управлении авиалайнером или атомной станцией), возможны две основные копинг-стратегии оператора. Во-первых, с помощью волевых усилий попытаться сохранить необходимый уровень alertности (Meijman, 1997; O'Hanlon, 1972). Это требует значительного психического напряжения от субъекта (ФК5), и также как длительная психическая нагрузка может привести к развитию функциональных состояний психического утомления (ФК6 и ФК8). Но наиболее часто в ситуации монотонии можно наблюдать вторую копинг-стратегию: снижение уровня активности, бдительности, внимания; однообразие вызывает скуку, сонливость, дремоту. Ведь ежедневно оператор убеждается в том, что оборудование надежно, а автоматика эффективна. А если сюда добавить ночную смену, монотонное гудение приборов, накопленную усталость (Машин, 1994). В итоге у субъекта развиваются функциональные состояния класса "Норма" (ФК1), выраженность которых обусловлена глубиной процессов расслабления ("погружения" в тропотропное поведение). Это приводит к снижению уровня alertности, и при возникновении внештатной ситуации субъект может оказаться не готов действовать. Для исключения подобных сценариев и должен служить оперативный контроль функционального состояния человека при выполнении деятельности.

Последняя, седьмая фаза – фаза срыва: значительное расстройство регулирующих механизмов, нарушение деятельности внутренних органов, резкое падение работоспособности, вплоть до невозможности продолжения работы (Зараковский и др., 1974). В современных, высокоавтоматизированных производствах данная фаза практически отсутствует. Исследователей в первую очередь интересуют функциональные состояния, которые могут привести к дезорганизации деятельности в ситуации высокой либо длительной психоэмоциональной нагрузки или монотонии. Например, наши исследования психологической устойчивости обнаружили, что критическими показателями для оценки функциональных состояний эмоционального перевозбуждения (ФК3 и ФК4) и психического перенапряжения (ФК5, ФК6, ФК7), негативно влияющих на надежность и эффективность деятельности, являются общий тонус ВНС ($SDNN$) и баланс активности надсегментарных и сегментарных отделов ВНС (b_I) (Машин, 2004). Не менее важен контроль функциональных состояний при низких психических нагрузках, когда в условиях монотонии развивается сонливость и дремота, наблюдается снижение alertности (ФК1), более

рельефно выступают функциональные состояния психического утомления (ФК6 и ФК8), которые могут критически повлиять на уровень когнитивных функций в процессе активных действий.

В представленной динамике работоспособности не хватает, с нашей точки зрения, еще одного важного этапа – этапа после выполнения деятельности. Он характеризуется не только восстановлением функциональных систем, участвовавших в обеспечении деятельности, но и размышлениями, переживаниями субъекта по поводу своих действий и достигнутого результата ("руминация"). В наших исследованиях (Машин, 2007b) для этой стадии также была получена пестрая картина функциональных классов, в которой доминировали состояния эмоционального возбуждения (ФК3 и ФК4): субъект мысленно возвращался к тому, что и как он делал, критически оценивая свой результат, допущенные ошибки, эмоционально переживая неудачи. Анализ функциональных состояний, их динамики на этой стадии может быть крайне полезным для оценки способностей субъекта к восстановлению после психоэмоциональных нагрузок и определению уровня аллостатической нагрузки. Длительное сохранение функциональных состояний эмоционального возбуждения (ФК3 и ФК4) или психического напряжения (ФК5) могут служить ранними индикаторами аллостатической нагрузки. Другие функциональные состояния, на которые необходимо обратить внимание, функциональные состояния психического утомления (ФК6 и ФК8).

Рассмотренная выше классификация функциональных состояний строится на представлениях о динамике работоспособности в процессе трудовой деятельности. Каждой фазе трудовой деятельности, согласно авторам, соответствует определенное функциональное состояние. Но наши исследования показали, что для различных стадий деятельности мы можем наблюдать очень широкий спектр функциональных классов, их гетерогенность, в основе которой лежат индивидуальные особенности психофизиологических процессов. Данная классификация, в виду неопределенности основания – понятия "работоспособности", носит в основном описательный характер и не содержит важных для специалистов критериев для дифференциальной диагностики функциональных состояний. Подчеркнем также ограниченность ее исключительно сферой трудовой деятельности.

В западных исследованиях по инженерной психологии и эргономике для описания различных состояний в процессе деятельности используют понятие "психическое напряжение" (*mental strain*), понимаемое как "цена", которую оператор платит за выполнение задачи (*effort costs, physiological and psychological costs*). В настоящее время отсутствует общепринятое определение понятия "психическое напряжение". Ряд авторов для понимания психического напряжения

предлагают следующую формулу: "психическое напряжение" = "психическая нагрузка" – "способности индивида" (Eggemeier, 1988; Sanders M.S., McCormick, 1993; Prinz et al, 2003). К способностям индивида также добавляют мотивацию, цели и стратегии выполнения, физическое состояние и настроение, уровень подготовки и опыт работы (Rouse et. al, 1993; De Waard, 1996; Collet et al., 2003). Из этой формулы следует один полезный вывод: в процессе выполнения когнитивной деятельности на психическое напряжение оператора (на его цену деятельности) реально можно воздействовать через изменение психической нагрузки (исходный принцип построения адаптивных автоматизированных систем). Для измерения психического напряжения предлагается тот же широкий спектр методик, как и для оценки функционального состояния. При этом вновь анализируются отдельные функции и процессы, а не глубинные механизмы, регулирующие целостную реакцию функциональных систем на поставленную задачу.

Неопределенность термина "психическое напряжение" затрудняет не только диагностику, но и построение классификаций функциональных состояний. Рассмотрим классификацию, предложенную D. De Waard (1996), в основу которой положено понятие "требования задачи" ("психическая нагрузка"). Зависимость уровня выполнения задачи от уровня психической нагрузки определяется законом Йеркса-Додсона (инвертированная U-кривая): наличие максимального уровня выполнения при оптимальном уровне психической нагрузки и падение уровня выполнения при минимальных (дезактивация) и максимальных (перегрузка) требованиях задачи. В тоже время, зависимость психического напряжения от уровня психической нагрузки имеет U-образную форму. D. De Waard выделил 6 областей (D, A1, A2, A3, B, C) на шкале требований задачи, которым он поставил в соответствие определенный уровень психического напряжения и выполнения.

Центральная область психической нагрузки "A2": уровень выполнения максимальный, уровень психического напряжения - минимальный. Оператор может легко справиться с требованиями задачи и сохранять без дополнительных усилий стабильный уровень выполнения при возрастании нагрузки в данном диапазоне. Согласно классификации функциональных состояний на основе трехфакторной модели ВСР, этой области психической нагрузки соответствует функциональный класс "Психическое напряжение" (ФК5, умеренная выраженность).

В диапазонах психической нагрузки "A1" и "A3" уровень выполнения значимо не ухудшается, но оператор должен приложить дополнительные усилия для его поддержания. Область "A1" – усилия обусловлены состоянием оператора: эффект монотонии (низкой психической нагрузки), которая вызывает скуку, апатию и компенсируется психическим напряжением (не приводит к снижению уровня выполнения). Эта область соответствует первой

рассмотренной нами копинг-стратегии оператора в ситуации монотонии: волевые усилия для сохранения требуемого уровня alertности (ФК5), которые при длительных нагрузках подобного рода могут привести к функциональным состояниям психического утомления (ФК6 и ФК8). Вероятно, именно их имеет автор в виду, когда характеризует крайнюю левую область с максимальным падением требований задачи – "D": достижение минимума уровня выполнения при высоком уровне психического напряжения оператора, обусловленного нарушением его состояния (ухудшением способности выполнять деятельность). Очевидно, что здесь под психическим напряжением понимается скорее состояние выраженного утомления, а не перенапряжения, что согласно нашей классификации соответствует функциональным классам ФК6 и ФК8 (максимальная выраженность). Заметим, что для областей психической нагрузки "A1" и "D" автор не рассматривает второй копинг-стратегии поведения оператора в ситуации монотонии: снижение уровня активности, бдительности, внимания; развитие сонливости, дремоты. В этом случае мы должны наблюдать функциональные состояния класса "Норма" (ФК1), выраженность которых повышается со степенью расслабления. Игнорирование данной формы поведения в ситуации низкой психической нагрузки во многом определено стремлением автора представить зависимость психического напряжения от требований задачи в виде U-образной зависимости.

В области психической нагрузки "A3" дополнительные усилия оператора связаны с требованиями задачи: рост требований задачи компенсируется психическим напряжением оператора (повышение выраженности функционального класса ФК5) и не приводит к снижению уровня выполнения. При длительных психических нагрузках данного диапазона повышенное психическое напряжение может привести к стрессу и развитию опасных ситуаций. Согласно нашей классификации последствиями длительных повышенных психических нагрузок могут быть функциональные состояния психического утомления (ФК6 и ФК8) либо хронического психического напряжения (ФК5).

Область психической нагрузки "B" характеризуется постепенным снижением уровня выполнения с ростом требований задачи при высоком уровне психического напряжения. При длительных нагрузках это может вести к перенапряжению оператора. Согласно нашим исследованиям, функциональные состояния данной области отвечают классам психического напряжения (ФК5 и ФК7), высокая выраженность которых может привести к дезорганизации деятельности.

Крайняя правая область психической нагрузки "C": достижение минимума уровня выполнения с максимальным ростом требований задачи, оператор испытывает психическое

перенапряжение. Согласно нашим исследованиям, в этом диапазоне мы также как для "D" должны наблюдать "ухудшение способности выполнять деятельность", но уже не за счет переутомления или снижения alertности, а за счет выраженного психического перенапряжения (ФК5 и ФК7).

Заметим, что все области психической нагрузки автор пытается охарактеризовать с помощью функциональных состояний психического напряжения. Это явно недостаточно, как показал наш беглый анализ. Кроме функциональных состояний оператора, связанных с утомлением (ФК6 и ФК8), с потерей alertности (ФК1), для обеспечения требуемого уровня выполнения крайне важно учитывать и функциональные состояния эмоционального возбуждения (ФК3 и ФК4), которые характерны при возникновении внештатных ситуаций, при совершении ошибочных действий.

Главная задача исследователя при использовании модели "областей" - где на шкале психической нагрузки в диапазонах "A1" и "A3" провести "красную черту" (*redline*), за которой дальнейшее понижение (область "D" – дезактивация) или повышение (область "B" – перегрузка) требований задачи может привести к критическому снижению уровня выполнения. Эта задача является актуальной и для разработчиков адаптивных автоматизированных систем. Сложность ее заключается в том, что функциональное состояние оператора (например, психическое напряжение) определяется не только, а часто и не столько объективными характеристиками задачи, сколько индивидуальными характеристиками оператора (включая субъективные оценки трудности задачи) (Машин, 2007а, 2007б, 2007с). Мы полагаем, что решение этой важнейшей практической задачи невозможно без анализа нейрофизиологических механизмов, выполняющих интегрирующую роль в регуляции функциональных систем в процессе деятельности и поведения человека.

Выполненный нами краткий анализ различных подходов высветил сложности, с которыми сталкиваются исследователи при определении функциональных состояний человека через такие понятия как "эффективность деятельности" ("работоспособность") и "психическая нагрузка" ("требования задачи"). Исходная неопределенность понятий "функциональное состояние", "психическое напряжение", "цена деятельности" затрудняет их классификацию и диагностику. Понятие эффективности деятельности вводилось в качестве объективного критерия динамики функциональных состояний, но каким образом можно отделить влияние мотивации и когнитивных способностей человека на эффективность деятельности? В западных исследованиях все функциональные состояния пытаются описать через психическое напряжение или цену деятельности (подобно шкалы уровней бодрствования В. Блока в теории активности), но как таким образом дифференцировать состояния эмоционального возбуждения или психического утомления?

Внимание исследователей направлено в первую очередь на анализ функциональных состояний отдельных систем и процессов, обеспечивающих выполнение профессиональной деятельности. Это может иметь практическую ценность при решении частных задач, например, при ранней диагностике сонливости у водителя или машиниста поезда), когда используются показатели электроокулограммы (изменение биопотенциалов глаза при его движении). Но для построения адаптивных автоматизированных систем управления, которые основаны на оперативном контроле функциональных состояний при различных психоэмоциональных нагрузках, нам требуется анализ центральных механизмов, выполняющих интегрирующую роль в регулировании деятельности и поведения человека.

В основу предложенной нами классификации положено представление о функциональном состоянии как о характеристике нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих согласованную активность психических, соматических и вегетативных функций в процессе деятельности или поведения человека. Для оценки нейрофизиологических механизмов была разработана трехфакторная модель ВСП, которая позволила классифицировать и диагностировать функциональные состояния человека как при воздействии различных психоэмоциональных нагрузок, так и при их отсутствии (в покое). Показательно, что на основании сравнительного анализа эффективности ряда физиологических методик для оперативного контроля функционального состояния оператора в адаптивных автоматизированных системах, экспертами NASA (Scerbo et al., 2001; Prinzel et al., 2003) были рекомендованы: ВСП, ЭЭГ и вызванные потенциалы. Заметим, что последние два метода непосредственно связаны с нейрофизиологической активностью структур головного мозга.

Литература

1. Машин В.А. Психическая нагрузка, психическое напряжение и функциональное состояние операторов систем управления // Вопросы психологии. 2007а. № 6. С. 86-96.
2. Hess W. The central control of the activity of internal organs // Nobel lectures. Physiology or medicine 1942-1962. Elsevier Publishing Company. Amsterdam. 1964. p. 243-260.
3. Gellhorn E. Conditioning, sensations, and the ergotropic-trophotropic balance. Integrative Psychological and Behavioral Science. V. 3. № 1. 1968. p. 34-44.
4. Gellhorn E. The emotions and the ergotropic and trophotropic systems. Psychological Research. V. 34. № 1. 1970. p. 48-66.
5. Вейн А.М. Краткий анатомо-физиологический очерк // Вегетативные расстройства: Клиника, диагностика, лечение. М.: МИА. 2003. С. 14-43.

6. Skinner J.E. Psychosocial stress and sudden cardiac death: brain mechanisms / In: R.E. Beamish, P.K. Singal, N.S. Dhalla (Eds.) Stress and Heart Disease. Boston: Martinus Nijhoff Publishing. 1985. p. 44-59.
7. Posner M.I. Attention in cognitive neuroscience: an overview / In: Gazzaniga M.S. (Ed.) The cognitive neurosciences. Cambridge. MA. USA: MIT Press. 1994. p. 615-624.
8. Posner M.I., Raichle M.E. Images of Mind. New York: Scientific American Library. 1994. 257 p.
9. Damasio A.R. Descartes' error: Emotion, reason and the human brain. Putnam Publishing Group. 1994. 312 p.
10. Damasio A.R. Emotion in the perspective of an integrated nervous system // Brain Res Rev. 1998. V. 26. № 2-3. p. 83-86.
11. Masterman D.L., Cummings J.L. Frontal-subcortical circuits: The anatomical basis of executive, social and motivated behaviors. J Psychopharmacol., 1997, V. 11, No 2, p. 107-114.
12. Benarroch E.E. The central autonomic network: Functional organization, dysfunction, and perspective // Mayo Clin Proc. 1993. V. 68. № 10. p. 988-1001.
13. Benarroch E.E. The central autonomic network / In: Low P.A. (Ed.) Clinical Autonomic Disorders. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven. 1997. p. 17-23.
14. Devinsky O., Morrell M.J., Vogt B.A. Contributions of anterior cingulate cortex to behavior // Brain. 1995. № 118 (Pt 1). p. 279-306.
15. Thayer J.F., Lane R.D. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation // J Affect Disord. 2000. V. 61. N 3. P. 201-216.
16. Машин В.А., Машина М.Н. Классификация функциональных состояний и диагностика психоэмоциональной устойчивости на основе факторной структуры показателей variability сердечного ритма // Росс. физиол. ж. им. И.М. Сеченова. 2004. Т. 90. № 12. С. 1508-1521.
17. Машин В.А. Связь тангенса угла наклона линии регрессии графа сердечного ритма с периодической и нелинейной динамикой ритма сердца на коротких стационарных отрезках // Биофизика. 2006. Т. 51. № 3. С. 534-538.
18. Степура О.Б., Томаева Ф.Э., Гаджиев А.Н., Иванова С.В. Variability сердечного ритма при хронической сердечной недостаточности (По материалам XIX-XXII конгрессов европейского общества кардиологов) // Российский кардиологический журнал. 2001. Т. 2. № 28. С. 59-67.
19. Coumel P., Maison-Blanche P., Catuli D. Heart Rate and Heart Rate Variability / In: M. Malik, A.J. Camm (Eds.) Heart Rate Variability. Armonk, NY: Futura. 1995. p. 207-222.
20. Goldberger J.J. Sympathovagal balance: how should we measure it? // Am J Physiol. 1999. V. 276. № 4 (Pt 2). p. H1273-1280.

21. Murakawa Y., Ajiki K., Usui M., Yamashita T., Oikawa N., Inoue H. Parasympathetic activity is a major modulator of the circadian variability of heart rate in healthy subjects and in patients with coronary artery disease or diabetes mellitus // *Am Heart J*. 1993. V. 126. № 1. p. 108-114.
22. Баевский Р.М., Барсукова Ж.В., Берсенева А.П., Тазетдинов И.Г., Кирилов О.И. Оценка функционального состояния организма на основе математического анализа сердечного ритма. Методические рекомендации. Владивосток: ДВО АН СССР. 1988. 72 с.
23. Машин В.А. Трехфакторная модель вариабельности сердечного ритма. Часть 2: Исследование тревожных состояний при моделировании операторской деятельности // *Труды психол. службы в атомной энергетике и промышленности. Том. 3. Обнинск: Изд-во ИГ-СОЦИН. 2007б. С. 190-198.*
24. McEwen B.S., Stellar E. Stress and the individual. Mechanisms leading to disease // *Arch Intern Med*. 1993. V. 153. № 18. p. 2093-2101.
25. McEwen B.S., Seeman T. Protective and damaging effects of mediators of stress. Elaborating and testing the concepts of allostasis and allostatic load // *Ann N Y Acad Sci*. 1999. № 896. p. 30-47.
26. Зараковский Г.М., Королев Б.А., Медведев В.И., Шлаен П.Я. Диагностика функциональных состояний / Введение в эргономику. М.: "Советское радио". 1974. С. 94-110.
27. Леонова А.Б., Медведев В.И. Функциональные состояния человека в трудовой деятельности. М.: Изд-во МГУ. 1981. 112 с.
28. Леонова А.Б. Психодиагностика функциональных состояний человека. М.: Изд-во МГУ. 1984. 200 с.
29. Данилова Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний. М.: Изд-во МГУ. 1992. 192 с.
30. Дикая Л.Г. Психология саморегуляции функционального состояния субъекта в экстремальных условиях деятельности. Дис. д-ра психол. наук. М. 2002. 342 с.
31. Медведев В. И. Адаптация человека. СПб: ИМЧ РАН. 2003. 584 с.
32. Ильин Е.П. Психофизиология состояний человека. СПб.: Питер. 2005. 412 с.
33. Машин В.А. Трехфакторная модель вариабельности сердечного ритма. Часть 1: Исследование психических нагрузок при моделировании операторской деятельности // *Труды психологической службы в атомной энергетике и промышленности. Том. 3. Обнинск: Изд-во ИГ-СОЦИН. 2007с. С. 181-189.*
34. Healey J.A., Picard R.W. Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors / In: *Intelligent Transportation Systems*. 2005. V. 6. № 2. p. 156-166.

35. Mezzacappa E.S., Kelsey R.M., Katkin E.S., Sloan R.P. Vagal rebound and recovery from psychological stress // *Psychosom Med.* 2001. V. 63. № 4. p. 650-657.
36. Машин В.А., Машина М.Н. Анализ variability ритма сердца как инструмент контроля и оценки эффективности методов психологической релаксации // *Вопросы психологии.* 2001. № 1. С. 72-81.
37. Friedman B.H., Thayer J.F. Anxiety and autonomic flexibility: a cardiovascular approach // *Biol Psychol.* 1998, V. 49. № 3. p. 303-323.
38. Асеев В.Г. Преодоление монотонности труда в промышленности. М.: Экономика, 1974, 191 с.
39. Meijman T.F. Mental fatigue and the efficiency of information processing in relation to work times // *International Journal of Industrial Ergonomics.* 1997. V. 20. № 1. p. 31-38.
40. O'Hanlon J.F. Heart rate variability: A new index of driver alertness/fatigue // *Society of Automotive Engineers (SAE). Report № 720141.* New York. 1972. p. 1-7.
41. Машин В.А. О психологической проблеме эксплуатации и управления АЭС // *Электрические станции.* 1994. № 3. С. 36-39.
42. Eggemeier F.T. Properties of workload assessment techniques / In: Hancock P.A., Meshkati N. (Eds.) *Human mental workload.* North-Holland: Elsevier Science Publishers. 1988. p. 41-62.
43. Sanders M.S., McCormick E.J. *Human factors in engineering and design.* NY: McGraw-Hill. 1993. 790 p.
44. Prinzel L.J. 3rd., Parasuraman R., Freeman F.G., Scerbo M.W., Mikulka P.J., Pope A.T. Three experiments examining the use of electroencephalogram, event-related potentials, and heart-rate variability for real-time human-centered adaptive automation design. NASA/TP-2003-212442. Hampton: NASA Langley Research Center. 2003. 70 p.
45. Rouse W.B., Edwards S.L., Hammer J.M. Modeling the dynamics of mental workload and human performance in complex systems. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics,* 1993, V. 23, No 6, p. 1662-1671.
46. De Waard D. The measurement of drivers' mental workload. Traffic Safety Research Centre VSC. University of Groningen. Haren. 1996. 135 p.
47. Collet C., Averty P., Delhomme G., Dittmar A., Vernet-Maury E. Subjective aspects of mental workload in air-traffic control. Centre National de la Navigation Aerienne. France. 2003. 11 p.
48. Scerbo M.W., Freeman F.G., Mikulka P.J., Parasuraman R., Nocero F.D., Prinzel L.J. 3rd. The efficacy of psychophysiological measures for implementing adaptive technology. NASA/TP-2001-211018. Hampton: NASA Langley Research Center. 2001. 71 p.

The questions of operator functional states classification

V. A. Mashin

Central Institute of Continuing Education and Training (NOU DPO CIPK)
249031 Russia, Obninsk, Kaluga region, CICE&T, 21, Kurchatov str.
E-mail: mashin-va@mail.ru

Summary

The different approaches to operator functional states classification are considered. The functional states classification in terms of three-factor model of heart rate variability is used inherently comparative analysis. This model reflects the modern data about neurophysiological regulation of performance and behaviour. It enables to diagnose the functional states both at impact the different psychoemotional workloads and under their absence. The functional states classifications on basis of operating efficiency (capacity for work) and mental strain (effort costs) are applied in comparative analysis. It is shown the theoretical and operational uncertainty these conceptions obstructing classification and diagnostics of the functional states, as well as limitation their using by only field of professional activity.

Key words: functional state, classification, mental strain, mental workload, heart rate variability.

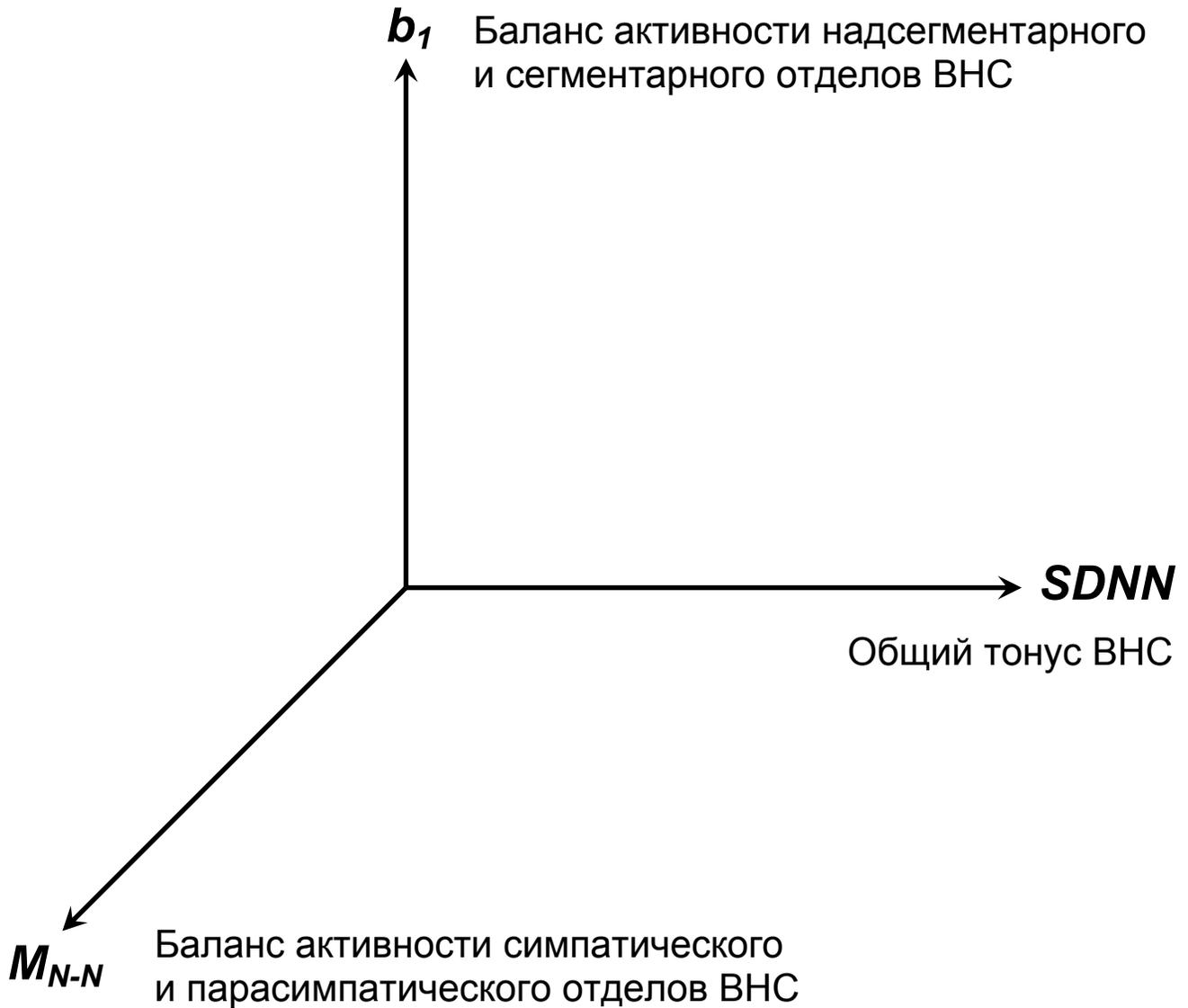


Рис. 1. Трехфакторная модель вегетативной регуляции сердечного ритма.

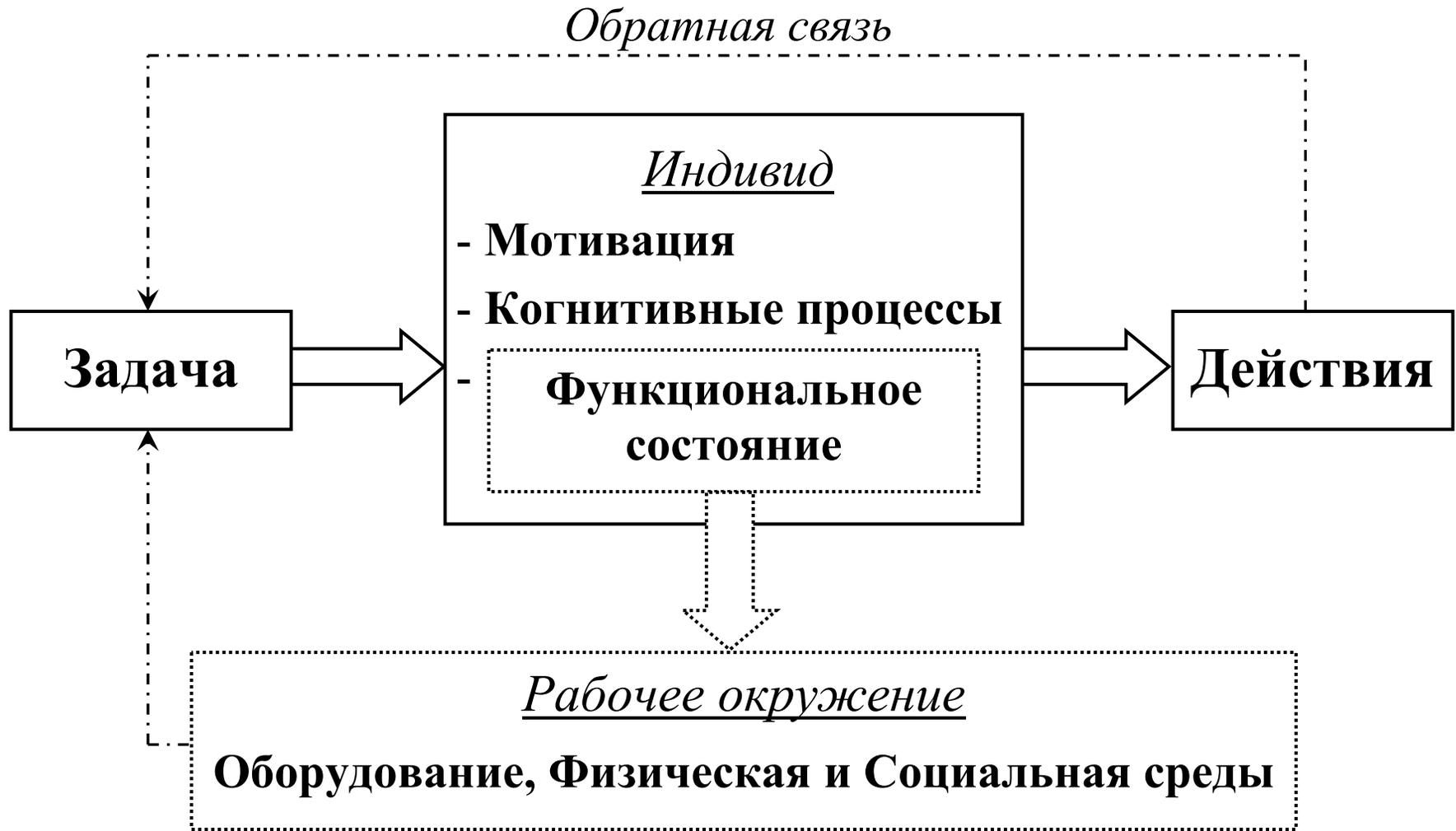


Рис. 2. Оперативный контроль функционального состояния человека для регулирования психической нагрузки в процессе деятельности.