

**Трехфакторная модель вариабельности сердечного ритма. Часть 2:  
Исследование тревожных состояний при моделировании  
операторской деятельности.**

**В.А. Машин**

Нововоронежский учебно-тренировочный центр подготовки специалистов для АЭС,  
396072 Россия, г. Нововоронеж, Воронежская обл., НВУТЦ АТЭ.  
E-mail: [utc@vmail.ru](mailto:utc@vmail.ru)

С помощью трехфакторной модели вариабельности сердечного ритма исследуются тревожные состояния, моделируемые выполнением ответственных заданий в процессе профессионального отбора. Рассматривается динамика функциональных состояний и показателей вариабельности сердечного ритма у здоровых обследуемых в ситуациях ожидания теста (стадия антиципации), во время его выполнения и после завершения (стадия восстановления). С помощью трехфакторной модели вариабельности сердечного ритма диагностируется высокая частота различных форм эмоционального возбуждения на стадиях антиципации и восстановления. Подтверждается влияние различных функциональных состояний на эффективность выполнения тестовых заданий, а также их связь с данными личностного опросника ММПИ на стадиях антиципации и восстановления. Констатируется сложная динамика функциональных состояний на различных стадиях исследования.

*Ключевые слова:* тревожные состояния, факторная модель, вариабельность сердечного ритма, функциональные состояния, психический стрессор, ММПИ.

**Three-factor model of heart rate variability. Part II:  
Analysis of anxiety states in simulated operator activity.**

**V. A. Mashin**

Novovoronezh Training Centre,  
396072 Russia, Novovoronezh, Voronezh region, NV TC. E-mail: [utc@vmail.ru](mailto:utc@vmail.ru)

By factor model of heart rate variability (HRV) is explored anxiety states are induced mental stressor in healthy subjects during professional selection of 64 healthy subjects. The functional states dynamics is investigated during baseline, before task (anticipation), mental task (Shulte-Gorbov test) and recovery periods. Factor model of HRV are applied for assessment of the functional states. High frequency of functional states with dominance of emotional excitement was diagnosed during anticipation and recovery periods. The effect of different functional states on efficiency of task performing and the connection of functional states during anticipation and recovery periods with MMPI (Minnesota Multiphasic Personality Inventory) data were confirmed. The comparative analysis of HRV indexes dynamics (time, frequency domains and heart rate graph) for different functional states was made. The complex dynamics of functional states on different periods was underlining.

*Key words:* anxiety states, factor model, heart rate variability, functional states, mental stressor, MMPI.

Анализ динамики функциональных состояний при воздействии различных уровней психической нагрузки заставил нас обратить пристальное внимание на содержание тревожных состояний операторов, вызванных эмоциональными нагрузками. Исследования состояний тревожности операторов крайне важны, так как тревога делает человека более чувствительным к признакам опасного развития событий и, тем самым, позволяет вовремя локализовать источник этой опасности, организовать ресурсы для его нейтрализации и выстроить адекватную линию поведения [Каплан А.Я., 2003; Машин В.А. и др., 1997]. В тоже время, повышенная тревожность может мешать принятию правильного решения в критической ситуации, а тревожные переживания после локализации и ликвидации нарушения или аварии могут способствовать росту аллостатической нагрузки [Hockey G.R.J. et al., 2003; McEwen B.S., Seeman T., 1999; McEwen B.S., Stellar E., 1993; Sterling P., Eyer J., 1988].

В данной статье мы представляем результаты исследований тревожных состояний, которые моделировались ситуацией профессионального отбора кандидатов на оперативные должности АЭС. Процедура регистрации показателей ВСР, которую мы использовали в своих исследованиях, позволила нам в лабораторных условиях проанализировать не только эффекты когнитивного компонента психической нагрузки, но и влияния эмоционального компонента психической нагрузки на функциональные состояния человека, что характерно для выполнения задач в реальных обстоятельствах [Sekiguchi C. et al., 1978]. Основным инструментом анализа стала предложенная нами трехфакторная модель ВСР и разработанная на ее основе классификация функциональных состояний [Машин В.А., Машина М.Н., 2002; Машин В.А., Машина М.Н., 2004]. Объективная сложность тестовых заданий, психологическое давление ситуации отбора и высокая значимость результатов выполнения порождали у кандидатов на оперативные должности тревожные состояния, которые и стали предметом наших исследований. Нас интересовала динамика показателей variability сердечного ритма и диагностированных с помощью трехфакторной модели функциональных состояний на стадиях антиципации (предвосхищения выполнения теста) и восстановления после теста. Мы полагали, что на стадиях антиципации и восстановления должны преобладать функциональные состояния с различными формами эмоционального возбуждения. Нам важно было также выяснить возможную психофизиологическую природу устойчиво диагностированных на этих стадиях функциональных состояний класса "Психическое напряжение".

В эксперименте приняли участие кандидаты на оперативные инженерные должности АЭС, которые проходили профессиональный отбор в ЛПФО НВУТЦ. У всех кандидатов отсутствовали какие-либо клинические формы тревожности. Поскольку сама ситуация профессионального отбора не могла не влиять на состояние обследуемых, предварительно (исходная стадия исследования) были отобраны 64 кандидата (средний возраст = 27.23 лет, SD =

2.63 лет), у которых до начала проведения тестовых испытаний по данным трехфакторной модели ВСР диагностировались функциональные состояния класса "Норма" (регистрация сердечного ритма выполнялась в положении сидя, в течение 10 минут).

Для анализа variability сердечного ритма методами временной области рассчитывались следующие показатели:  $M$  – среднее значение нормальных R-R интервалов (мсек); SDNN – стандартное отклонение нормальных R-R интервалов (мсек), RMSSD (квадратный корень из среднего значения квадратов разностей величин последовательных R-R интервалов). Методами частотной области рассчитывались спектральные показатели variability сердечного ритма: мощность спектральной плотности (в мсек<sup>2</sup>) в высокочастотном (HF, 0.15-0.4 Гц), низкочастотном (LF, 0.04-0.15 Гц) и очень низкочастотном (VLF,  $\leq 0.04$  Гц) диапазонах. Кроме этого в анализе использовались нормированные значения спектральных показателей: HF/TP (TP – общая мощность спектра),  $HF_{nu} = HF/(HF+LF)$ , а также отношение LF/HF. Из показателей графа сердечного ритма в анализ был включен  $b_1$  – тангенс угла наклона линии регрессии графа. Нормирование показателей факторной структуры (SDNN<sub>n</sub>,  $b_{1n}$ ,  $M_n$ ) выполнялось по данным референтной группы (848 здоровых мужчины, средний возраст = 29.73 лет, SD = 6.43 лет). Согласно трехфакторной модели ВСР классифицировались следующие функциональные классы: ФК1 - "Норма", ФК2 - "Норма с преобладанием симпатической активности", ФК3 - "Эмоциональное возбуждение", ФК4 - "Эмоциональное возбуждение с преобладанием симпатической активности", ФК5 - "Психическое напряжение", ФК6 - "Психическое напряжение с преобладанием активности вагуса", ФК7 - "Психическое напряжение с преобладанием активности сегментарных структур", ФК8 - "Психическое напряжение с преобладанием активности вагуса и сегментарных структур".

Экспериментальная программа состояла из 2 основных стадий. Первая стадия представляла собой ситуацию ожидания (антиципации) обследуемыми начала тестовых испытаний (положение "сидя в кресле", длительность 10 минут). В качестве психологического теста (психическая нагрузка) использовалась методика Шульте-Горбова "Черно-красная таблица" (компьютерный вариант). Вторая стадия эксперимента представляла собой восстановительный период после выполнения тестовых заданий (положение "сидя в кресле", длительность 10 минут). Все обследования проводились в первой половине дня.

В процессе психофизиологических обследований каждый кандидат также заполнял бланки многопрофильного личностного опросника ММРІ (вариант Ф.Б. Березина) [Березин Ф.Б. и др., 1976]. Для последующего анализа были отобраны данные по трем шкалам, отражающим тревожные состояния: D ("Тревога и депрессивные тенденции") - ощущение внутренней напряженности, неуверенности, тревоги, пониженная самооценка, пессимистическая оценка своих перспектив; Hs ("Соматизация тревоги") – беспокойство за состояние своего

физического здоровья, которое возникает на фоне высокого уровня тревоги, наиболее часто наблюдается у тревожных личностей с выраженным вегетативным комплексом тревожных реакций; Pt ("Фиксация тревоги и ограничительное поведение") – сомнения и колебания при необходимости принять решение, тревога и страх по поводу возможных последствий, постоянная готовность к возникновению тревожных реакций, неуверенность в себе, склонность к навязчивому беспокойству, чувству напряженности.

**Таблица 1.**

Частота диагностирования функциональных классов на различных стадиях эксперимента.

<b>Функциональные классы</b>	<b>Перед тестом (антиципация)</b>	<b>После теста (руминация)</b>
<b>ФК1</b>	10 (15.63%)	9 (14.06%)
<b>ФК2</b>	0	2 (3.13%)
<b>ФК3</b>	35 (54.69%)	33 (51.56%)
<b>ФК4</b>	13 (20.31%)	17 (26.56%)
<b>ФК5</b>	4 (6.25%)	2 (3.13%)
<b>ФК6</b>	0	0
<b>ФК7</b>	1 (1.56%)	1 (1.56%)
<b>ФК8</b>	1 (1.56%)	0

В табл. 1 приведена частота диагностирования функциональных классов у обследуемых с помощью трехфакторной модели ВСР на различных стадиях эксперимента. Как мы и предполагали, наибольшее число классов функциональных состояний на стадиях антиципации и восстановления составили различные формы эмоционального возбуждения (ФК3 и ФК4). На первой стадии они диагностировались в 75.0% случаях (48 обследуемых), на второй – в 78.12% (50 обследуемых). Для оценки согласия между частотой диагностирования функциональных классов на различных стадиях исследования вычислялся критерий Пирсона ( $\chi^2$ ). Предварительно для каждой стадии были объединены данные по ячейкам с частотой менее 5 [Ллойд Э. и др., 1989]: ФК2, ФК5, ФК6, ФК7 и ФК8. Полученная величина критерия Пирсона для стадий антиципации и восстановления ( $\chi^2 = 1.37, p < 0.712$ ) позволяет принять гипотезу об отсутствии достоверных различий в частоте диагностированных классов функциональных состояний. У 41 обследуемого (64%) функциональные классы, диагностирован-

ные на первой стадии эксперимента, совпали с функциональными классами, диагностированными на третьей стадии эксперимента. При этом мы должны отметить богатую палитру диагностированных функциональных классов даже при условии, что на исходной стадии функциональный класс для всех обследуемых был одинаков.

**Таблица 2.**

Средние и стандартные отклонения показателей variability сердечного ритма (BCP) для основных функциональных классов (ФК), диагностированных на различных стадиях эксперимента.

Показатели	Перед тестом				После теста		
	ФК1	ФК3	ФК4	ФК5	ФК1	ФК3	ФК4
<b>M</b>	857.4 (62.12)	890.8 (80.61)	710.6 (45.52)	694.7 (92.54)	940.6 (114.3)	881.0 (71.55)	733.7 (52.14)
<b>SDNN</b>	63.13 (13.36)	70.34 (19.90)	58.52 (17.70)	29.94 (7.20)	75.77 (23.56)	69.32 (17.69)	53.25 (11.20)
<b>RMSSD</b>	52.53 (12.46)	43.55 (13.31)	31.22 (8.40)	18.95 (7.08)	63.40 (18.16)	42.61 (12.12)	31.39 (8.63)
<b>b<sub>1</sub></b>	0.643 (0.052)	0.799 (0.043)	0.844 (0.053)	0.800 (0.068)	0.633 (0.091)	0.798 (0.055)	0.819 (0.056)
<b>VLF</b>	1389 (746.8)	2782 (2215)	1796 (1614)	356 (145)	1882 (1087)	2635 (1834)	1183 (667.5)
<b>LF</b>	1341 (628.7)	1739 (842.6)	1263 (578.9)	356 (153.6)	2488 (1723)	1682 (877.4)	1115 (419.5)
<b>HF</b>	1292 (643.0)	761.6 (465.4)	594.4 (359.2)	201.4 (115.6)	1638 (993.7)	760.0 (475.7)	595.5 (425.5)
<b>HF/TP</b>	0.323 (0.106)	0.147 (0.052)	0.174 (0.078)	0.206 (0.045)	0.283 (0.086)	0.156 (0.066)	0.200 (0.082)
<b>LF/HF</b>	1.257 (0.732)	2.817 (1.416)	2.556 (0.863)	2.115 (0.758)	1.660 (0.879)	2.720 (1.603)	2.446 (1.179)
<b>HF<sub>nu</sub></b>	0.481 (0.119)	0.299 (0.096)	0.308 (0.091)	0.342 (0.056)	0.420 (0.127)	0.312 (0.110)	0.329 (0.118)

Для дальнейшего анализа обследуемые были объединены в группы, согласно диагностированным на различных стадиях эксперимента основным классам функциональных со-

стояний: ФК1, ФК3, ФК4, ФК5. В табл. 2 приведены средние значения и стандартные отклонения показателей ВСР для полученных групп обследуемых на каждой стадии эксперимента.

**Таблица 3.**

Z-значения U-критерий Манна-Уитни (в скобках указан уровень значимости - p) при сравнении показателей ВСР для групп с различными функциональными классами на двух стадиях эксперимента.

ВСР	До теста						После теста		
	ФК1 ФК3	ФК1 ФК4	ФК3 ФК4	ФК1 ФК5	ФК3 ФК5	ФК4 ФК5	ФК1 ФК3	ФК1 ФК4	ФК3 ФК4
<b>M</b>	-1.092 (0.275)	4.031 (0.000)	5.278 (0.000)	2.828 (0.005)	3.240 (0.001)	-0.226 (0.821)	1.855 (0.064)	4.123 (0.000)	5.745 (0.000)
<b>SDNN</b>	-0.792 (0.429)	1.054 (0.292)	2.169 (0.030)	2.828 (0.005)	3.240 (0.001)	2.944 (0.003)	0.782 (0.434)	2.398 (0.017)	3.328 (0.001)
<b>RMSSD</b>	2.239 (0.025)	3.535 (0.000)	3.004 (0.003)	2.828 (0.005)	3.148 (0.002)	2.265 (0.024)	3.213 (0.001)	3.854 (0.000)	3.508 (0.000)
<b>b<sub>1</sub></b>	-4.778 (0.000)	-4.031 (0.000)	-2.610 (0.009)	-2.828 (0.005)	0.324 (0.746)	1.359 (0.174)	-4.552 (0.000)	-4.123 (0.000)	-0.993 (0.321)
<b>VLF</b>	-2.348 (0.019)	-0.248 (0.804)	1.821 (0.069)	2.687 (0.007)	3.240 (0.001)	2.831 (0.005)	-0.966 (0.334)	1.806 (0.071)	3.369 (0.001)
<b>LF</b>	-1.420 (0.156)	0.310 (0.757)	1.891 (0.059)	2.687 (0.007)	3.240 (0.001)	2.944 (0.003)	0.751 (0.453)	1.806 (0.071)	2.591 (0.010)
<b>HF</b>	2.430 (0.015)	2.605 (0.009)	1.125 (0.261)	2.546 (0.011)	2.870 (0.004)	2.265 (0.024)	2.835 (0.005)	3.153 (0.002)	1.587 (0.113)
<b>HF/TP</b>	3.959 (0.000)	2.791 (0.005)	-0.916 (0.340)	2.263 (0.024)	-2.083 (0.037)	-1.132 (0.258)	3.479 (0.001)	2.183 (0.029)	-1.956 (0.051)
<b>LF/HF</b>	-3.740 (0.000)	-3.039 (0.002)	0.093 (0.926)	-2.263 (0.024)	0.741 (0.459)	1.246 (0.213)	-1.977 (0.048)	-1.671 (0.095)	0.297 (0.767)
<b>HF<sub>nu</sub></b>	3.768 (0.000)	2.791 (0.005)	-0.220 (0.826)	2.121 (0.034)	-0.741 (0.459)	-1.246 (0.213)	2.130 (0.033)	1.752 (0.080)	-0.317 (0.751)

Чтобы продемонстрировать, насколько значимо различаются показатели ВСР между группами, сравним их на каждой стадии эксперимента. Поскольку данные не отвечали критерию нормальности, был использован непараметрический U-критерий Манна-Уитни (несвя-

занные выборки). Из-за небольшого объема группа с функциональным классом ФК5 после выполнения теста не анализировалась [Сидоренко Е.В., 2002]. Результаты сравнения между группами представлены в табл. 3.

Согласно U-критерию Манна-Уитни на первой стадии эксперимента (ожидание теста) функциональные группы статистически значимо различались ( $p < 0.05$ ) по следующим показателям ВСР:

*ФК1 и ФК3*: в сравнении с группой, имеющей функциональные состояния класса "Норма", группа с функциональным классом "Эмоциональное возбуждение" отличалась более высокой активностью надсегментарных структур головного мозга в управлении сердечным ритмом ( $b_1$ ), более низкими значениями показателей RMSSD, мощности сердечных колебаний в HF диапазоне и индексов HF/TP и HF<sub>nu</sub>, а также более высокими значениями мощности VLF и индекса LF/HF;

*ФК1 и ФК4*: в сравнении с группой, имеющей функциональные состояния класса "Норма", группа с функциональным классом "Эмоциональное возбуждение с преобладанием симпатической активности" имела более высокую активность надсегментарных структур головного мозга в управлении сердечным ритмом ( $b_1$ ), преобладание симпатической сердечной активности в вегетативном балансе (M), а также более низкие значения показателей RMSSD, HF, HF/TP и HF<sub>nu</sub>, и более высокие для индекса LF/HF;

*ФК3 и ФК4*: в сравнении с группой, имеющей функциональные состояния класса "Эмоциональное возбуждение", группа с функциональным классом "Эмоциональное возбуждение с преобладанием симпатической активности" характеризовалась более высокой активностью надсегментарных структур головного мозга в управлении сердечным ритмом ( $b_1$ ) и преобладанием симпатической сердечной активности в вегетативном балансе (M), а также более низким общим вегетативным тонусом (SDNN) и сниженными значениями показателя RMSSD.

Общее отличие группы с функциональным классом "Психическое напряжение" от рассмотренных выше групп заключается в снижении общего вегетативного тонуса (SDNN), абсолютных значений мощности спектра сердечных сокращений в диапазонах VLF, LF и HF, и показателя RMSSD. В сравнении с группами, имеющими функциональные классы "Норма" и "Эмоциональное возбуждение", группа с функциональным классом "Психическое напряжение" также характеризуется преобладанием симпатической сердечной активности в вегетативном балансе (M) и снижением индекса HF/TP. Кроме этого ее отличает от группы с функциональным классом "Норма" более высокая активность надсегментарных структур головного мозга в управлении сердечным ритмом ( $b_1$ ), повышение по индексу LF/HF и снижение нормированного показателя HF<sub>nu</sub>.

Для второй стадии эксперимента (восстановление после теста) согласно U-критерию Манна-Уитни были установлены следующие статистически значимые различия показателей ВСР между группами, с различными функциональными классами. Группы с различными формами эмоционального возбуждения отличаются от группы с функциональным классом "Норма" более высокой активностью надсегментарных структур головного мозга в управлении сердечным ритмом ( $b_1$ ), низкими значениями показателя мощности в HF диапазоне и индекса HF/TP. Группу с функциональным классом "Эмоциональное возбуждение с преобладанием симпатической активности" дополнительно отличает от группы с ФК1 преобладание симпатической сердечной активности в вегетативном балансе (M) и более низкий общий вегетативный тонусом (SDNN), а группу с функциональным классом "Эмоциональное возбуждение" - более низкие значения  $HF_{nu}$  и более высокие LF/HF. Кроме преобладания симпатической сердечной активности в вегетативном балансе (M) группа с функциональным классом "Эмоциональное возбуждение с преобладанием симпатической активности" в сравнении с группой с функциональным классом "Эмоциональное возбуждение" имеет более низкий общий вегетативный тонус (SDNN), а также снижение мощности в VLF и LF диапазонах.

Мы представили здесь столь подробный анализ различий между группами, чтобы продемонстрировать, насколько значимо могут отличаться индивидуальные значения показателей ВСР в тревожных ситуациях даже при наличии единых исходных функциональных состояний, и насколько важно учитывать гетерогенность индивидуальных данных при оценке тревожных состояний.

Функциональный класс "Психическое напряжение" также диагностировался нами при моделировании тревожных состояний (см. табл. 1), хотя частота диагностирования в этом случае (6.25%) была значимо ниже, чем в предыдущих наших исследованиях (12.13% и 28.57%). Отметим здесь важное отличие различных форм эмоционального возбуждения от психического напряжения. При эмоциональном возбуждении рост показателя  $b_1$  (активности надсегментарных структур головного мозга в регулировании сердечного ритма) сопровождается сохранением повышенного общего тонуса ВНС, а при психическом напряжении – снижением общего тонуса ВНС. В первом случае высокий тонус активности центральной нервной системы обеспечивает гибкую мобилизацию нервных ресурсов организма и быструю подстройку его функциональных систем для решения возникшей проблемы, на что указывают [Friedman В.Н., Thayer J.F., 1998a; Friedman В.Н., Thayer J.F., 1998b; Thayer J.F., Friedman В.Н., 1997]. В отечественной психофизиологии эти функциональные состояния относятся к "предрабочим" (или "предстартовым"), которые характеризуются мыслями о предстоящей деятельности и мобилизационной готовностью к ней (активизация ВНС) [Ильин Е.П., 2005]. При психическом напряжении мы имеем дело с состояниями, когда нервные ресурсы орга-

низма мобилизованы, и функциональные системы организма оптимизированы для выполнения текущей задачи: общий вегетативный тонус снижен, и все основные ресурсы ЦНС направлены на обеспечение когнитивных функций (активность корковых отделов головного мозга). Уровень психического напряжения в ситуации ожидания ответственного задания может быть настолько высок, что при выполнении тестовых испытаний мы можем не наблюдать его повышения, а в ряде случаев отмечать парадоксальное снижение. Функциональный класс "Эмоциональное возбуждение с преобладанием симпатической активности", как показывает анализ показателей ВСР выполненный выше, занимает, в этом контексте, промежуточное значение между функциональными классами "Эмоциональное возбуждение" и "Психическое напряжение".

На сегодняшний день отсутствует единая концепция тревожности, исследователям еще предстоит разработать объективные критерии для дифференциальной диагностики тревоги и страха [Есауленко И.Э. и др., 2001a; Есауленко И.Э. и др., 2001b; Щербатых Ю.В., Ивлева Е.И., 1998]. В монографии [Berntson G.G., Cacioppo J.T., 2002] авторы предположили, что если когнитивно-опосредованные тревожные реакции индивидов имеют зависимость от кортикальных (надсегментарных) структур головного мозга [Berntson G.G. et al, 1998; Lang P.J. et al, 2000; McNaughton N., Gray J.A., 2000; Morris J.S. et al, 1999], то элементарные реакции страха могут опосредоваться лишь подкорковыми (сегментарными) структурами. Построенная нами классификация функциональных состояний на основе трехфакторной модели ВСР не подтверждает эту гипотезу. Преобладание активности сегментарных структур головного мозга в управлении сердечным ритмом (низкие значения показателя  $b_1$ ) отмечаются, согласно нашей классификации, например, в функциональном классе "Норма" и достигают максимальных значений при глубоком расслаблении и во время сна. Моделирование ситуации тревожного ожидания выполнения ответственного задания позволило нам диагностировать три основных класса функциональных состояний: "Эмоциональное возбуждение", "Эмоциональное возбуждение с преобладанием симпатической активности" и "Психическое напряжение". Все три функциональные классы характеризуются преобладанием активности надсегментарных структур головного мозга в регулировании сердечного ритма и различаются общим вегетативным тонусом. Но если эмоциональное возбуждение можно рассматривать как "вхождение" субъекта в проблемную ситуацию, то психическое напряжение - как "включенность" субъекта в проблемную ситуацию. Мы предполагаем, что состояния тревожности характеризуются различными формами эмоционального возбуждения (ФК3 и ФК4), а состояния страха - психического напряжения (ФК5). Существуют многочисленные исследования, в которых тревожные состояния характеризовались высокими значениями SDNN (общего вегетативного тонуса) и ростом очень низкочастотных составляющих ритма сердечного

ритма (VLF – активность надсегментарных структур головного мозга) [Зациорский В.М., Сарсания С.К., 1968; Машин В.А., Машина М.Н., 2000; Машин В.А., Машина М.Н., 2001; Хаспекова Н.Б., Вейн А.М., 1999; Хаспекова Н.Б., 2003; Lindholm E., Cheatham C.M., 1983; Mashin V.A., Mashina M.N., 2000; Riediker M. et al., 2005]. Исследования, в которых бы анализировались состояния страха с помощью физиологических показателей, практически отсутствуют. В качестве исключения можно привести эксперимент [Inagaki H. et al., 2004], в котором японские ученые специально моделировали в лабораторных условиях состояния тревоги и страха у крыс. Состояние тревоги достигалось предвосхищением (антиципацией) животными начала воздействия стрессора - воздушной струи (формирование условного стимула). Состояние страха регистрировалось сразу же после окончания стрессора (безусловного стимула). Согласно полученным результатам, моделирование состояния тревоги сопровождалось статистически значимым ростом ЧСС, отношения LF/HF и мощности в LF-диапазоне, без значимого изменения мощности в HF-диапазоне. Моделирование состояния страха характеризовалось статистически значимым ростом ЧСС и снижением мощности в HF-диапазоне, без значимого изменения мощности в LF-диапазоне и слабым ростом отношения LF/HF. К сожалению авторы использовали очень узкий круг показателей BCP, но представленные результаты позволяют нам отнести смоделированные состояния тревоги (сопровождавшиеся ростом ЧСС и мощности в LF диапазоне) к функциональному классу "Эмоциональное возбуждение с преобладанием симпатической активности" (ФК4). При моделировании у крыс состояний страха эти авторы зафиксировали рост ЧСС и снижение HF. Мы предполагаем, что это соответствует функциональному классу "Психическое напряжение". Любопытно, что состояние тревоги достигалось ожиданием ("вхождение" в ситуацию) животными начала воздействия стрессора - воздушной струи (формирование условного стимула), а состояние страха регистрировалось сразу же после окончания стрессора - безусловного стимула (сохранение "включенности" в ситуацию).

В исследованиях [Piccirillo G. et al., 1997; Piccirillo G. et al., 1998] субъекты с выраженной тревожной симптоматикой по шкале Kawachi характеризовались более низкими значениями в покое всех спектральных показателей BCP (TP, VLF, LF, HF) в сравнении с индивидами без тревожной симптоматики. Согласно нашей классификации такой паттерн показателей BCP отвечает функциональному классу "Психическое напряжение". И если наше предположение верно, то данная шкала Kawachi оценивает симптоматику не состояния тревоги, а страха. Также мы можем предположить, что понижение общей вариабельности сердечного ритма в покое (показателя SDNN) в исследовании [Kawachi I. et al., 1995] у пациентов с симптомами фобической тревожности объясняется функциональными состояниями класса "Психическое напряжение" (страхом), а выраженное нарастание SDNN и VLF в пред-

приступном периоде у больных с пароксизмальными вегетативными расстройствами (включая панические атаки) - эмоциональным возбуждением невротического характера (тревога). В любом случае, использование трехфакторной модели ВСП при исследовании тревожных состояний, как мы полагаем, позволяет исследователям на первом шаге дифференцировать состояния эмоционального возбуждения и психического напряжения, а на втором – проанализировать их психофизиологические источники.

Как было отмечено нами ранее, для стадии восстановления, как и стадии антиципации, характерен значительный рост различных форм эмоционального возбуждения (см. табл. 1, ФК3 и ФК4). Возникает закономерный вопрос, чем обусловлена эта динамика на стадии, когда выполнение ответственных заданий уже завершено. Для ответа на него обратимся к исследованиям, в которых изучались постстрессовые размышления, переживания (так называемая "руминация" - "умственная жвачка") [Vitaliano P.P. et al., 1995; Schwartz A.R. et al., 2003; Zefferino R. et al., 2003]. В них доказывалось, что постстрессовые размышления могут служить негативным фактором для развития депрессии [Nolen-Hoeksema S. et al., 1999; Roberts J.E. et al., 1998], посттравматических стрессовых нарушений [Ehlers A. et al., 1998], для сохранения длительного времени гнева и раздражения, спровоцированных стрессовой ситуацией [Rusting C.L. et al., 1998], сердечно-сосудистых заболеваний [Earle T.E. et al., 1999]. В исследованиях [Glynn L.M. et al., 2002; Vitaliano P.P. et al., 1995] было установлено, что восстановление после эмоционального стрессора занимает более длительный период, чем после неэмоционального, даже когда величина сердечно-сосудистой реактивности для стрессоров идентична. Это подтверждает мысль, что когнитивные или эмоциональные реакции, вызванные после стрессора, сохраняют очень длительное время сердечно-сосудистую активность. Результаты экспериментальных исследований служат доказательством тому, что тревожные состояния могут продуцироваться кортикально-когнитивными процессами не только в ситуации ожидания стрессовых заданий, но и после их выполнения. Именно этим и можно объяснить значительный рост различных форм эмоционального возбуждения на второй стадии нашего эксперимента.

Интересные результаты предоставил нам анализ данных по тесту ММРІ. В табл. 4 представлена частота повышения по шкалам ММРІ ( $T \geq 70$ ), отражающим различные формы тревожности, для функциональных классов, диагностированных на различных стадиях исследования. На стадиях антиципации и восстановления повышение по шкалам ММРІ соответствовало, главным образом, различным формам эмоционального возбуждения: соответственно, ФК3 = 78.57%, ФК4 = 14.29% и ФК3 = 64.29%, ФК4 = 21.43%. Анализируя полученные результаты, мы можем сделать вывод, что данные ММРІ хорошо согласуются с трехфакторной моделью ВСП на стадиях антиципации (размышлений и переживаний перед вы-

полнением ответственных тестовых заданий) и восстановления (размышлений и переживаний после выполнения ответственных тестовых заданий).

**Таблица 4.**

Частота повышения по шкалам ММРІ, отражающим различные формы тревожности, для функциональных классов (ФК), диагностированных на различных стадиях эксперимента.

ФК	Перед тестом			После теста		
	Hs	D	Pt	Hs	D	Pt
ФК1	0	0	0	1	0	1
ФК3	3	4	4	2	4	3
ФК4	1	1	0	1	2	0
ФК5	0	1	0	0	0	0

#### **Общие выводы**

Таким образом, данное экспериментальное исследование подтвердило наше предположение, что при моделировании тревожных ситуаций в функциональных состояниях человека преобладают различные формы эмоционального возбуждения ("Эмоциональное возбуждение", "Эмоциональное возбуждение с преобладанием симпатической активности"). Рост доли различных форм эмоционального возбуждения на стадии антиципации можно объяснить когнитивно-опосредованными тревожными реакциями ожидания ответственных заданий и активностью надсегментарных структур головного мозга. Во время восстановления такая динамика функциональных состояний обусловлена влиянием постстрессовых размышлений (переживаний), когда кортикально-когнитивные процессы порождают тревожные реакции, вызывая различные формы эмоционального возбуждения [Verntson G.G., Cascioppo J.T., 2004].

Кроме диагностирования различных форм эмоционального возбуждения ("Эмоциональное возбуждение", "Эмоциональное возбуждение с преобладанием симпатической активности"), в ситуации тревожного ожидания мы вновь, как и в предыдущих экспериментах зафиксировали функциональный класс "Психическое напряжение". Все три функциональные классы характеризуются преобладанием активности надсегментарных структур головного мозга в регулировании сердечного ритма и различаются общим вегетативным тонусом. Но если эмоциональное возбуждение можно рассматривать как "вхождение" субъекта в проблемную ситуацию, то психическое напряжение - как "включенность" субъекта в проблем-

ную ситуацию. Мы предполагаем, что состояния тревожности характеризуются различными формами эмоционального возбуждения (ФК3 и ФК4), а состояния страха – психического напряжения (ФК5). Данное предположение требует дополнительных исследований.

Данные нашего исследования позволяют предположить, что противоречия в результатах анализа показателей ВСП при различных тревожных расстройствах и фобиях, которые были представлены в начале параграфа, могут быть обусловлены различными функциональными классами, характерными для исследуемых индивидов. Требуются специальные исследования, чтобы понять, существует ли связь между конкретными формами тревожных расстройств и фобий с конкретными функциональными классами трехфакторной модели ВСП.

Анализ данных ММРІ позволил сделать вывод, что результаты личностного опросника хорошо согласуются с трехфакторной моделью ВСП на стадиях антиципации (размышлений и переживаний до воздействия эмоциональных нагрузок) и восстановления (размышлений и переживаний после воздействия эмоциональных нагрузок). На этих стадиях повышение по шкалам ММРІ, отражающим различные формы тревожности, соответствовало, главным образом, различным формам эмоционального возбуждения.

В целом можно сделать вывод, что изменение показателей ВСП при тревожных состояниях представляет собой более сложную картину, чем это принято считать. Согласно трехфакторной модели ВСП мы можем наблюдать в состоянии антиципации (тревожного ожидания) и при восстановлении (постстрессовые переживания) сложную динамику функциональных состояний даже в достаточно однородной группе здоровых обследуемых, у которых на исходной стадии диагностировался общий класс функциональных состояний. Мы полагаем, что использование трехфакторной методологии в изучении показателей ВСП может стать эффективным инструментом в изучении как клинических, так и неклинических форм тревожности.