Машин В.А.

ЛПФО НВУТЦ ФГУП АТЭ

Международная научно-практическая конференция

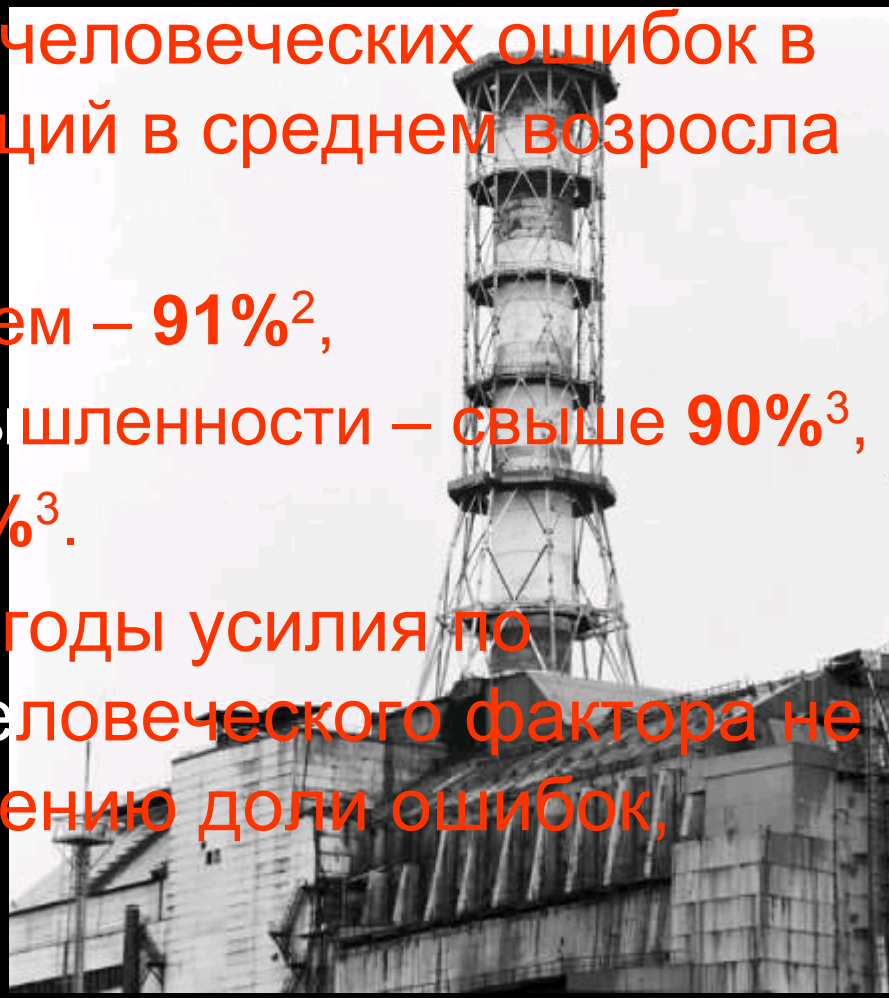
«Человеческий фактор безопасности атомной энергетики и промышленности»

17 – 20 сентября 2007 года, г. Обнинск, Россия.

Трехфакторная модель вариабельности сердечного ритма для контроля функциональных состояний операторов

Проблема надежности ЧФ

- Бурный рост высоких технологий высветил проблему надежности человека-оператора.
- За последние 40 лет доля человеческих ошибок в развитии аварийных ситуаций в среднем возросла в 4 раза: с **20%** до **80%**[1]:
  - Управление авиадвижением – **91%**[2],
  - Различные отрасли промышленности – свыше **90%**[3],
  - Управлении АЭС – **70÷90%**[3].
- Затраченные в последние годы усилия по повышению надежности человеческого фактора не привели к реальному снижению доли ошибок, связанных с человеком[4].



1. Hollnagel E., 1993, 2. Zhang J., et al., 2000, 3. Isaac A. et al., 2002], 4. Courteney H., Newman T., 2003

Психическая нагрузка оператора

- Одно из перспективных направлений снижения человеческих ошибок – контроль психической нагрузки (ПН) оператора в процессе деятельности[1].
- Источники снижения надежности оператора[2]:
  - Низкая ПН – монотонная деятельность,
  - Высокая ПН – перенапряжение.
- Для контроля ПН в реальных условиях используют оценку функционального состояния (ФС) оператора с помощью физиологических показателей[3].
- Согласно экспертам, показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР) относятся к наиболее эффективным методам для решения этой задачи[4].

1. Nachreiner F., Schultetus W., 2003, 2. De Waard D., 1996, 3. Hockey G.R. et al., 2003, 4. Balkin T. et al, 2004

Приложения вариабельности СР

Проектирование и оценка эффективности современных средств управления[1]

1. Bonner M.A., Wilson G.F., 2002; Dussault C. et al., 2004; Wilson G.F., 2002b

Приложения вариабельности СР

Разработка и оценка эффективности современных средств отображения информации[1]

1. Chen D., Vertegaal R., 2004; DeSenti C.T. et al., 2001; Ward R.D. et al., 2002

Приложения вариабельности СР

Разработка и оценка автоматизированных систем поддержки водителей транспортных средств[1]

1. Mayser C. et al., 2003; Piechulla W. et al., 2003; van Driel C.J., van Arem B., 2006

Приложения вариабельности СР

Создание адаптивных автоматизированных систем регулирования ПН в процессе деятельности[1]

1. Prinzel L.J. 3rd. et al., 2003; Hoover A., Muth E.A., 2004; Scerbo M.W. et al., 2001

Приложения вариабельности СР

Анализ различных параметров рабочего места: температуры, освещенности, шума, воздуха[1]

1. Miyake S. et al., 2002; Tzaneva L. et al., 2001; van Amelsvoort L.G. et al., 2000

Приложения вариабельности СР

Оценка режима работы и содержания труда[1]

1. Furlan R. et al., 2000; Ha M. et al., 2001; Munakata M. et al., 2001

Приложения вариабельности СР

Оценка эффективности программ обучения и подготовки специалистов[1]

1. Jorna P.G., 1993; Lee Y.H., Liu B.S., 2003; Lindholm, E., Cheatham C.M., 1983

Трехфакторная модель ВСР

- Данная модель разработана в ЛПФО НВУТЦ.
- Модель позволяет классифицировать функциональные состояния операторов на основе динамики показателей ВСР в трехмерном пространстве[1]:
  - SDNN – фактор общего тонуса ВНС,
  - M_{R-R} – баланс между активностью симпатического и парасимпатического отделов ВНС,
  - b1 - баланс между активностью корковых и подкорковых структур головного мозга[2].

1. Машин В.А., Машина М.Н., 2004, 2. Машин В.А., 2006.

Трехфакторная модель ВСР

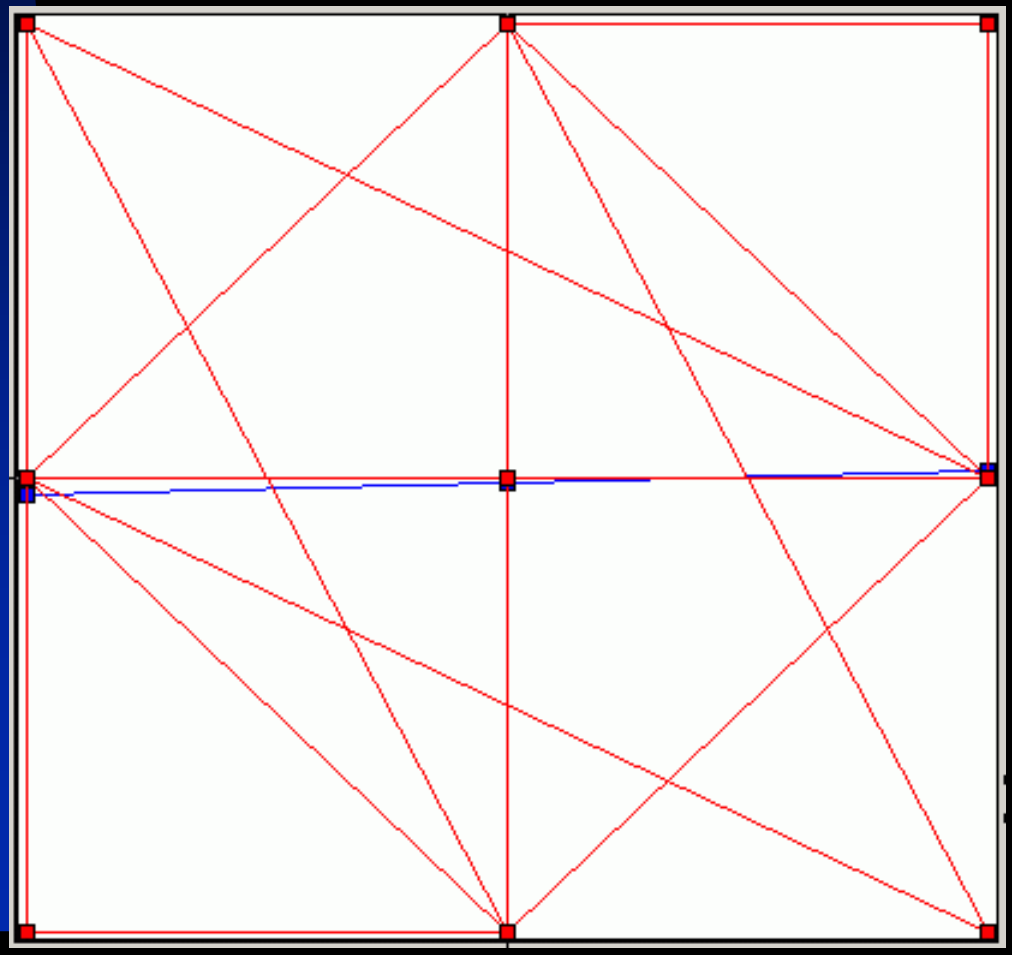
- Разработанная модель позволяет:
  - Анализировать эффекты ПН на надежность действий операторов с учетом таких негативных функциональных состояний как[1]:
    - Психическое перенапряжение,
    - Монотония,
    - Эмоциональное перевозбуждение,
    - Утомление.
  - Прогнозировать эмоциональную устойчивость операторов в критических ситуациях в рамках процедуры профессионального отбора на должность[2].

1. Машин В.А., Машина М.Н., 2004, 2. Машин В.А., Машина М.Н., 2005

Трехфакторная модель ВСР

Функциональное состояние

Психическое перенапряжение



SDNN = 5 мс

M_{R-R} = 380 мс
(158 уд/мин)

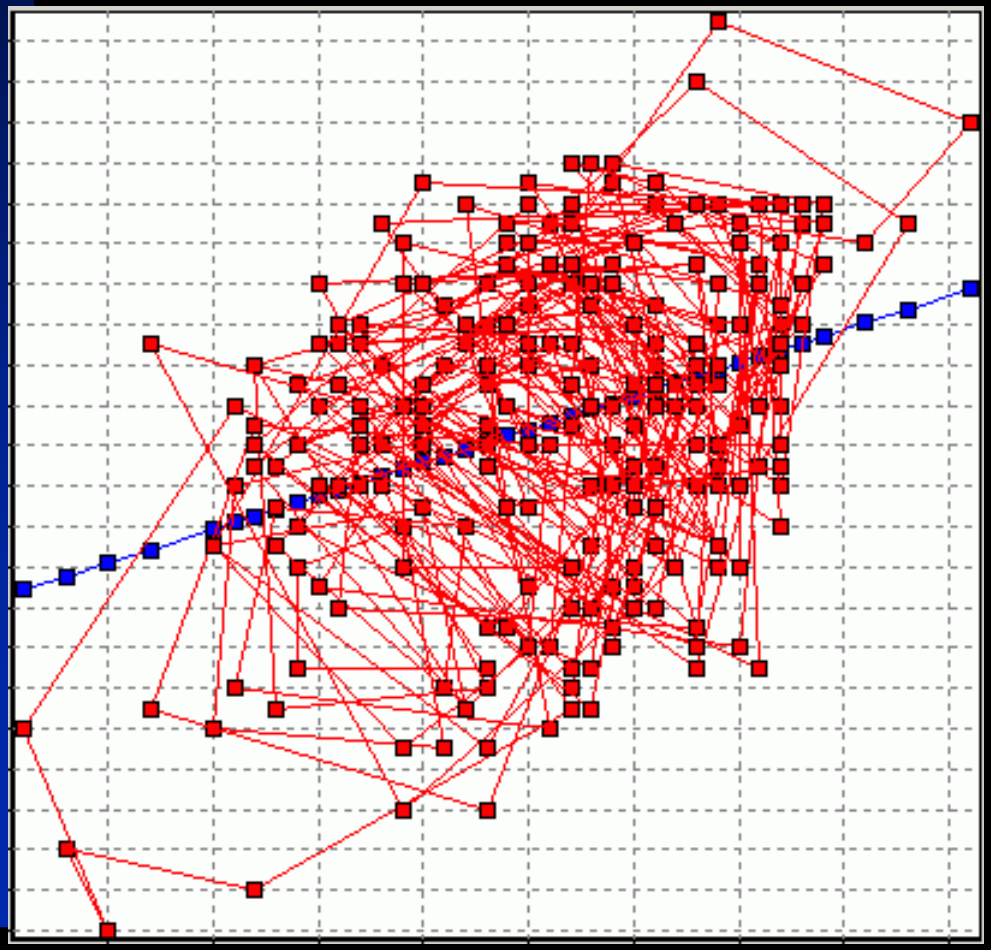
b1 = 0.031

Рис. Граф сердечного ритма

Трехфакторная модель ВСР

Функциональное состояние

Монотония



SDNN = 82 мс

M_{R-R} = 1117 мс
(54 уд/мин)

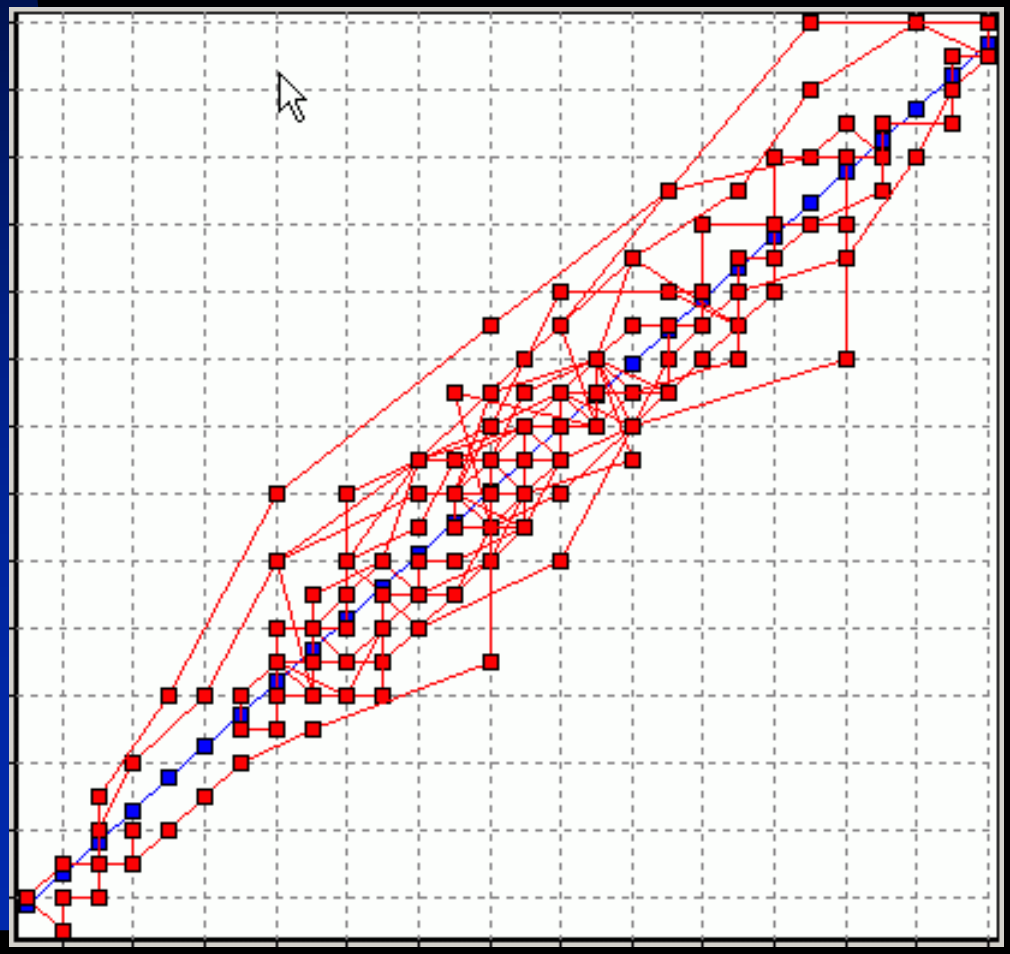
b1 = 0.309

Рис. Граф сердечного ритма

Трехфакторная модель ВСР

Функциональное состояние

Эмоциональное перевозбуждение



SDNN = 59 мс

M_{R-R} = 662 мс
(91 уд/мин)

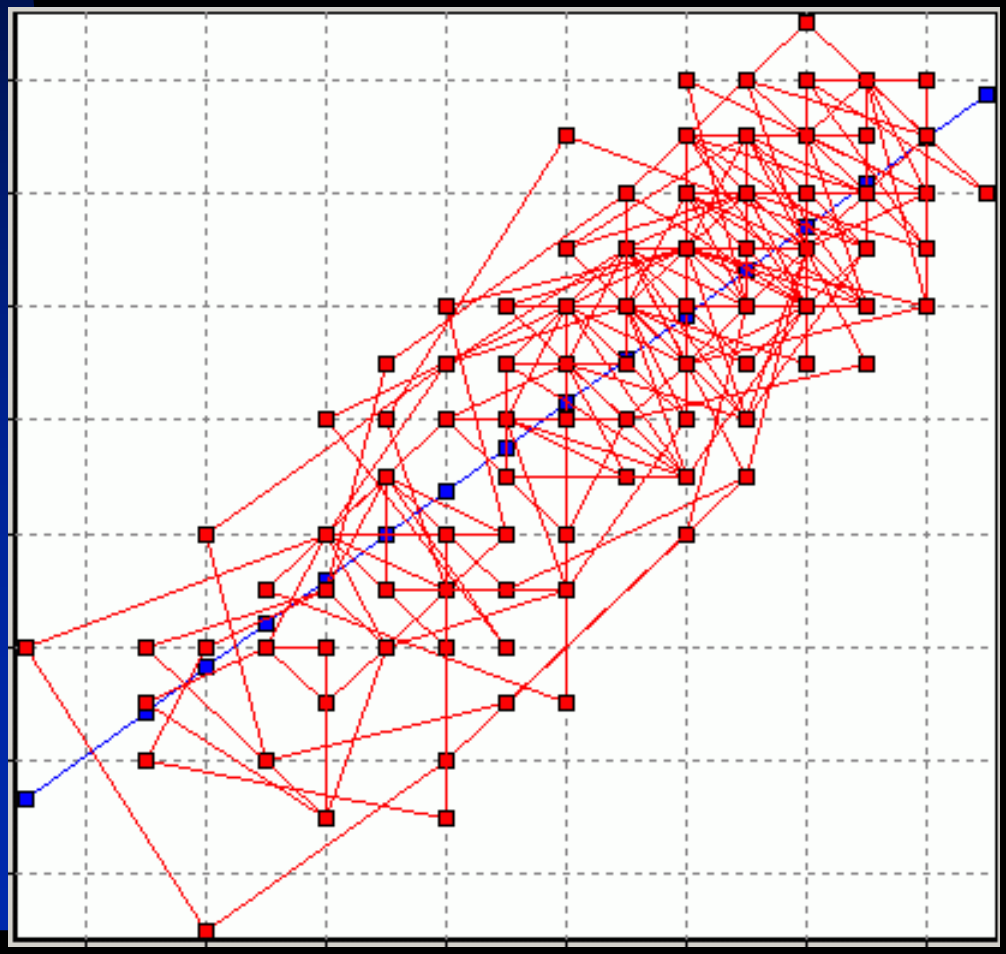
b1 = 0.950

Рис. Граф сердечного ритма

Трехфакторная модель ВСР

Функциональное состояние

Утомление



SDNN = 30 мс

M_{R-R} = 871 мс
(69 уд/мин)

b1 = 0.768

Рис. Граф сердечного ритма

Трехфакторная модель ВСР

Процедура профессионального отбора на должность

Фактор F1. Оценка личностных свойств (сфера отношений).

Фактор F2. Оценка психологических способностей (когнитивная сфера).

Фактор F3. Оценка эмоциональной устойчивости (эмоциональная сфера).

Фактор F4. Оценка работы в группе (сфера командного взаимодействия).