

**В.М. Воронин, З.А. Наседкина**

**ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
НАДЕЖНОСТИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПРОФЕССИИ ОПЕРАТОРА СЛОЖНЫХ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ КОМПЛЕКСОВ  
НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ**

*zanvvm@yandex.ru*

*Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Российский  
государственный профессионально-педагогический университет, Екатеринбург*

*In the article is proposed new approach to the determination of fundamental concept in the operator activity - readiness toward the special actions (GED). This approach is based on the mathematical model, which emanates from the theory of the detection of signals. On the basis simulations are developed firmware complex and the procedure of the determination GED. Are carried out experiments with the representative sample of the students of the fifth course of the Ural state university of communications, which showed the complete fitness of this procedure for the professional selection of the machinists of the electric locomotives of high-speed motion.*

Исследование индивидуальных особенностей оператора при решении им сенсорно-моторных задач приобретает в настоящее время все большее распространение. Это связано с тем, что в условиях развития автоматизации производства и транспорта деятельность человека существенно меняется: основной акцент переносится на его интеллектуальные, мнестические и перцептивные функции. Особенную актуальность эта проблема приобретает в условиях развития железнодорожного транспорта, который становится все более высокоскоростным и предъявляет к машинистам и диспетчерам все более возрастающие требования.

Например, в практике железнодорожного транспорта большое значение имеет состояние готовности к экстренной деятельности (ГЭД), а при вождении локомотива именно ГЭД в условиях монотонной работы играет определяющую роль. Анализируя работы, в которых исследовалась ГЭД [2, 5, 3], отметим, что в качестве индикатора ГЭД использовались различные вариации времени реакции. Так общепринятый в отечественной инженерной психологии [4] показатель получил название коэффициента рабочей установки (КРУ), определяемый по формуле  $K_{ру} = \bar{\tau}_{оп} / \tau$ , где  $\bar{\tau}_{оп}$  – среднее время реакции;  $\tau$  – время реакции в данный момент работы (вычисляется по серии измерений). На основании использования указанного показателя в указанных работах были обнаружены некоторые закономерности динамики состояния ГЭД у машинистов.

Механизмы внимания интенсивно исследовались в когнитивной психологии. Достоверно установлено, что процессы внимания действуют на двух уровнях: на уровне, где может изменяться сенсорная чувствительность, и на уровне принятия решений, где могут устанавливаться различные критерии. Механизмы внимания могут изменить чувствительность наблюдателя к входному сигналу с помощью внутреннего механизма «управления усилением». Посредством сдвига критерия механизм внимания может также изменить готовность наблюдателя к тому, что при оценивании будет предъявлен конкретный сигнал. Теория обнаружения сигналов (ТОС) предлагает математический аппарат для описания рассмотренных выше явлений [1].

В результате теоретических и экспериментальных исследований нами предлагается новый метод измерения ГЭД, который бы учитывал не только временные показатели, но и

показатели ошибочности операторской деятельности. Одним из вариантов такого учета является определение коэффициента готовности к экстренному действию ( $K_{гэд}$ ) по формуле

$K_{гэд} = K_{ру} K_{бд}$ , где  $K_{бд}$  – коэффициент бдительности, отражающий способность оператора учитывать априорные вероятности появления сигнала и шума и цену, которую придется заплатить за принятые решения.

В развернутом виде коэффициент готовности к экстренному действию выглядит следующим образом

$$K_{гэд} = K_{ру} [P(S)P(H)C(H) - P(S)P(Miss)C(Miss) + P(N)P(CR)C(CR) - (N)P(FA)C(FA)],$$

где  $P(S)$  и  $P(N)$  – априорные вероятности появления сигнала и шума;  $P(H)$  и  $P(FA)$  – вероятности попаданий и ложных тревог;  $P(Miss)$  и  $P(CR)$  – вероятности пропусков и правильных отрицаний;  $C(H)$  и  $C(FA)$  – стоимости попаданий и ложных тревог;  $C(Miss)$  и  $C(CR)$  – стоимости пропусков и правильных отрицаний.

Для вычисления количественных показателей испытуемых в условиях моделирующего эксперимента создан аппаратно – программный комплекс, на котором и были проведены эксперименты. В них приняло участие 72 человека (студенты 5-го курса Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), прошедшие практику в роли помощников машинистов). Продолжительность эксперимента для каждого испытуемого составляла 1 час 30 мин. Высокая «монотонная» нагрузка в эксперименте создавалась спецификой самого опыта, а именно, однообразием и частотой повторяющихся воздействий. В разных типах экспериментов инструкция к задаче либо сообщала испытуемым априорные вероятности предъявления сигнала и шума, а также стоимости каждого из 4-ех исходов решения, либо вероятности и стоимости усваивались ими в ходе решения задачи, основываясь на субъективной оценке вероятности предъявления сигнала и информации от программы о качестве его работы. Критерий, которым руководствовались испытуемые, выведенный в рамках ТОС – максимизировать выигрыш. Стоимости 4-ех исходов решения могли варьироваться, причем для верных ответов они положительные (либо нулевые), для ошибочных – отрицательные (либо нулевые). Испытуемые должны были учитывать их все для вынесения оптимального (наиболее выигрышного) решения.

Эксперимент по исследованию бдительности и готовности к экстренному действию в лабораторных условиях был нами построен следующим образом. Вначале на основе 50 измерений определяется среднее значение времени реакции  $\bar{\tau}_{оп}$  испытуемого. При этом экспериментатор устанавливал максимальные значения целевого стимула и времени его экспозиции и минимальный уровень помех, т.е. создавал наиболее комфортные условия для испытуемого, способствующие минимизации ВР. Полученные результаты для двух испытуемых А.К. и В.П. составили 320 и 327 мсек соответственно при среднем по группе 336 мс.

Данная процедура занимает 5 мин. 30 сек. После этого приступаем к основному эксперименту. Прежде всего нужно установить в *режиме меню* необходимые параметры стимуляции. После задания всех параметров они запоминаются программой и при запуске очередной серии их изменение не требуется. Передвижение по пунктам меню осуществляется клавишами *вверх-вниз* управления курсора. В ходе предварительной части эксперимента, изменяя значения параметров: размер сигнального стимула, время экспозиции сигнального стимула на фоне помех, яркость помех экспериментатор устанавливает такой их

уровень, при котором вероятность правильного обнаружения  $P(H)$  становится отличной от единицы (приблизительно равной  $0,85 \pm 0,9$ ), а вероятность ложной тревоги  $P(FA)$  отличной от нуля. Априорная вероятность предъявления сигнала  $P(S)$  при этом устанавливалась равной  $0,5$ .

После этого испытуемый, получив от экспериментатора информацию о вероятностях предъявления сигнала  $P(S)$  в сериях и информацию о штрафах за принятые решения о пропуске цели и ложной тревоге и поощрениях за правильное обнаружение и за правильную оценку отсутствия цели, приступает к основному эксперименту.

Продолжительность эксперимента для каждого испытуемого составляла 1 час 30 мин. Высокая «монотонная» нагрузка в эксперименте создавалась спецификой самого опыта, а именно, однообразием и частотой повторяющихся воздействий. В разных типах экспериментов инструкция к задаче либо сообщала испытуемым априорные вероятности предъявления сигнала и шума, а также стоимости каждого из 4-ех исходов решения, либо вероятности и стоимости усваивались ими в ходе решения задачи, основываясь на субъективной оценке вероятности предъявления сигнала и информации от программы о качестве его работы. Критерий, которым руководствовались испытуемые, выведенный в рамках ТОС – максимизировать выигрыш.

Испытуемые должны были учитывать их все для вынесения оптимального (наиболее выигрышного) решения.

Фрагменты динамики изменения  $K_{ру}$  и  $K_{гэд}$  у двух испытуемых А.К. и В.П. в условиях монотонной работы показаны на рисунках 1 и 2, на которых отчетлива видна разница этих двух показателей.

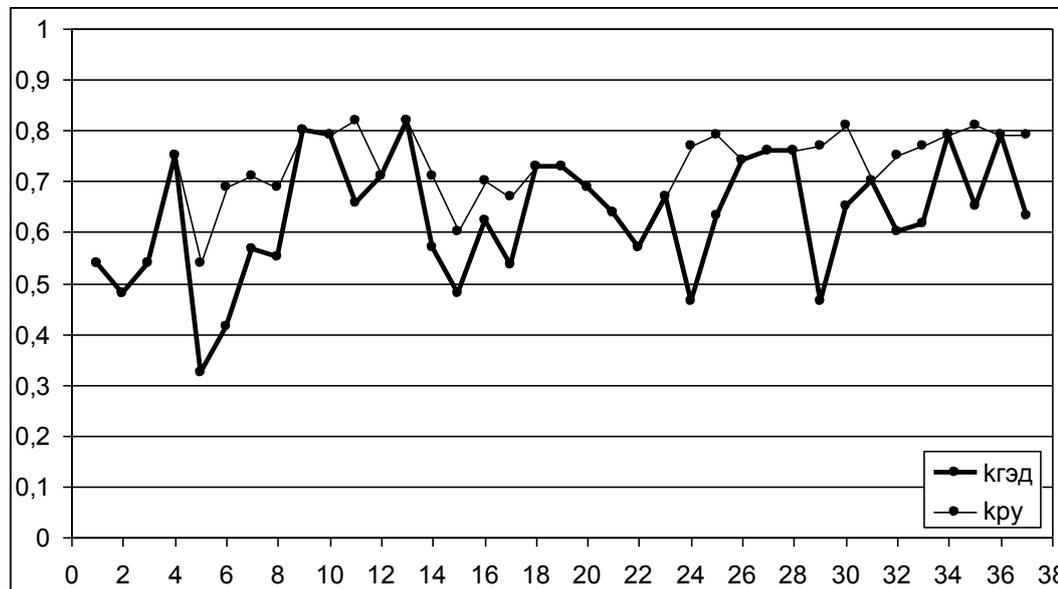


Рис. 1. Динамика изменения коэффициентов готовности к экстремному действию и рабочей установки в ходе эксперимента (40 минутный фрагмент, исп. А.К.)

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие основные выводы.

Во-первых, кривая коэффициента готовности к экстремному действию ( $K_{гэд}$ ) располагается существенно ниже, чем кривая коэффициента рабочей установки ( $K_{ру}$ ). Из графиков видно, что это в большей степени проявилось у В.П., чем у А.К.

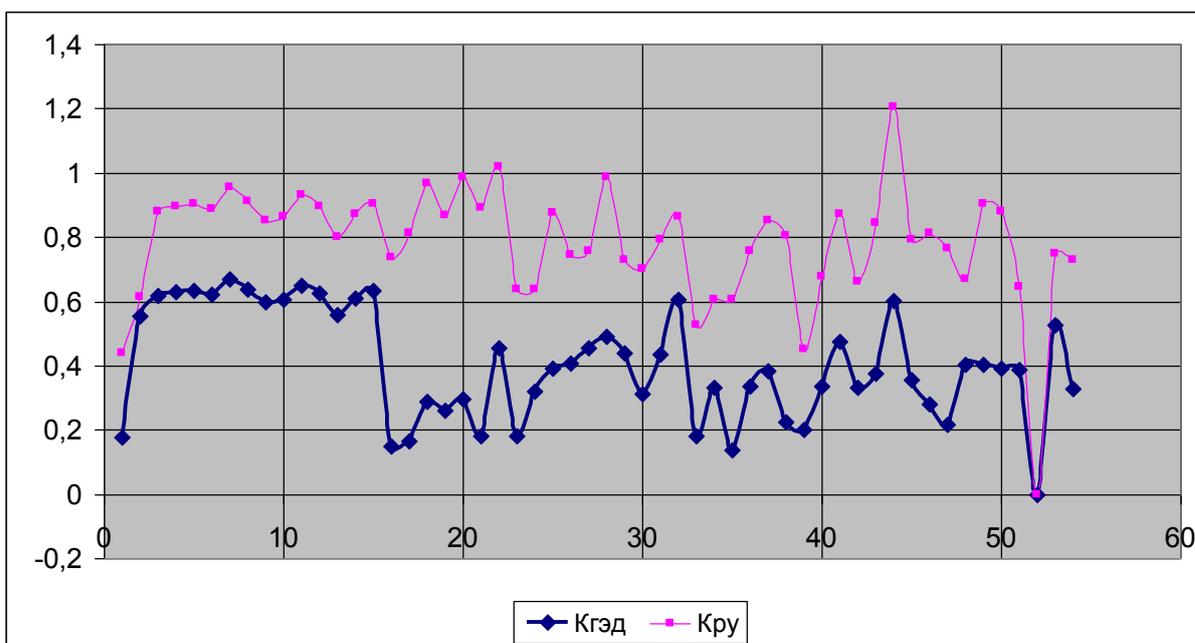


Рис. 2. Динамика изменения коэффициентов готовности к экстренному действию и рабочей установки в ходе эксперимента (55 минутный фрагмент, исп. В.П.)

Во-вторых, кривые испытуемых *Кгэд* и *Кру* не синхронизированы друг с другом, т.е. подъемы и впадины на одной кривой не всегда совпадают с подъемами и впадинами на другой. Такая картина отчетливо наблюдается у испытуемого В.П. между 15-й и 23-й минутами и между 33-й и 38-й минутами. В большей или меньшей степени отсутствие синхронизации проявилось и у других испытуемых.

В-третьих, различные испытуемые в условиях монотонности характеризуются разным уровнем своего коэффициента готовности к экстренному действию (*Кгэд*). Это отчетливо видно при сравнении графиков испытуемых А.К. и В.П. Так, если у А.К. кривая *Кгэд* располагается в полосе  $0,5 \div 0,8$ , то у В.П. в полосе  $0,2 \div 0,6$ .

В заключение отметим, что методика и программно-аппаратный комплекс в настоящее время проходят апробацию с целью практического внедрения.

#### **Библиографический список**

- 1 *Иган Дж.* Теория обнаружения сигнала и анализ рабочих характеристик. М.: Наука, 1983.
- 2 *Нерсеян Л.С., Конопкин О.А.* Инженерная психология и проблема надежности машиниста. М., 1978.
- 3 *Нерсеян Л.С.* Железнодорожная психология. М., 2005.
- 4 *Основы инженерной психологии / Под ред. Б.Ф. Ломова.* М.: «Высшая школа», 1986.
- 5 *Пушкин В. Н., Нерсеян Л.С.* Железнодорожная психология. М., 1973.