

В.Н. Сысоев, В.Я. Апчел, А.А. Корнилова,  
Д.А. Питикин, С.Т. Жаркен

## Динамика функционального состояния операторов в период рабочей смены

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

**Резюме.** Проведено комплексное исследование динамики функционального состояния организма операторов на протяжении смены и определены информативные методики его оценки. Операторов обследовали до заступления на смену, после смены и после межсменного отдыха, что позволило оценить степень нарастания утомления в течение одной смены и уровень восстановления функциональных резервов организма за период межсменного отдыха. Установлено, что наиболее целесообразно определять величину функционального напряжения организма, состояние резервных возможностей кардиореспираторной системы и работоспособность миокарда, используя методику определения индекса функциональных изменений, оценки функциональных резервов кардиореспираторной системы и показателя сердечной деятельности. Для адекватной оценки психофизиологического уровня функционального состояния организма наиболее целесообразно использовать определение скорости переработки информации по методике сложная сенсомоторная реакция с выбором.

**Ключевые слова:** операторская деятельность, функциональное состояние, профессиональная работоспособность, психофизиологический уровень состояния, физиологический уровень состояния, утомление, функциональное напряжение.

**Введение.** К проблеме обеспечения и оценки профессиональной надежности персонала необходимо подходить с позиций системного подхода, предусматривающего выделение системообразующего фактора и иерархических уровней рассматриваемой функциональной системы [1, 6]. Системообразующим фактором надежности персонала является уровень профессиональной адаптации персонала. Оценка и прогноз профессиональной адаптации конкретного работника должны основываться на количественной оценке состояния профессионального здоровья, рабочих функциональных состояний и функциональных резервов, выраженности профессионально важных качеств, особенностей характера и актуального психического состояния [9, 12].

Воздействие факторов профессиональной деятельности сопровождается различными по направленности реакциями физиологических систем организма, которые до определенной величины профессиональной нагрузки характеризуются состоянием функционального оптимума или адекватной мобилизации [8]. По мере продолжения работы, поддержание ее необходимого качества достигается путем мобилизации дополнительных функциональных резервов. Это требует определенных волевых усилий, что, в конечном счете, приводит к появлению симптомов хронического утомления [8, 11]. Такое функциональное состояние (ФС) организма характеризуется напряжением физиологических систем, объективно проявляющимся ухудшением ряда психофизиологических показателей, и последующим снижением качества деятельности [3].

В связи с этим существует необходимость разработки и постоянного совершенствования мероприятий, оценивающих индивидуальные реакции организма человека на действие комплекса факторов профильной профессиональной деятельности [2, 5].

**Цель исследования.** Оценить динамику функционального состояния организма операторов на протяжении рабочей смены и определить информативные методики его диагностики.

**Материалы и методы.** В исследовании участвовали 74 практически здоровых мужчины в возрасте от 28 до 48 лет (средний возраст  $32,6 \pm 1,3$  года), стаж работы по специальности – от 1 до 10 лет. Исследования проводили в три этапа: до заступления на смену, сразу после ее завершения и перед заступлением на следующую смену (аналогично первому этапу). Такая организация проведения исследований позволила оценить: степень нарастания утомления в течение одной смены и уровень восстановления функциональных резервов организма за период межсменного отдыха.

Для комплексной оценки ФС организма испытуемых использовали методики оценки физиологического и психофизиологического уровней ФС, а также определение текущего психического состояния. Исходя из анализа структуры профессиональной деятельности исследуемого контингента, квалификационных инструкций и ряда других документов, регламентирующих работу специалистов, были выбраны методики, позволяющие адекватно оценить те

характеристики ФС, которые в наибольшей степени определяют уровень профессиональной работоспособности.

Определяли следующие показатели: возраст (В); рост (Р); массу тела (МТ); артериальное давление – систолическое (САД), диастолическое (ДАД), пульсовое (ПД); частоту сердечных сокращений (ЧСС), жизненную емкость легких (ЖЕЛ), частоту дыхания (ЧДД). По ним рассчитывали физиологические индексы, интегрально характеризующие ФС организма (табл. 1).

Таблица 1

**Физиологические индексы, интегрально характеризующие ФС организма**

Индекс	Формула	Оцениваемая функция
Робинсона (ИР)	$(ЧСС \times САД) : 100$ (1)	Уровень обменно-энергетических процессов
Старра-1 (ИС)	$100 + 0,5 \times ПД - 0,6 \times (ДАД + \text{возраст})$ (2)	Ударный объем сердца
Кердо (ИК)	$1 - (ДАД : ЧСС) \times 100$ (3)	Выраженность «симпатических» влияний на деятельность сердечно-сосудистой системы
Рида (ИРд)	$0,75 \times (ЧСС + 0,74 \times ПД) - 72$ (4)	Уровень основного обмена

Для оценки состояния адаптационных механизмов рассчитывали величину индекса функциональных изменений (ИФИ) по формуле:

$$ИФИ = 0,011 \times СС + 0,014 \times САД + 0,008 \times ДАД + 0,014 \times В + 0,009 \times МТ - 0,009 \times Р - 0,27. \quad (5)$$

Работоспособность сердца при физической нагрузке оценивали по пробе Руфье [4, 7]. Резервные возможности кардиореспираторной системы оценивали с помощью нагрузочных проб с задержкой дыхания на вдохе (проба Штанге) и на выдохе (проба Генча) [4, 7]. Вынесение заключения о функциональном состоянии кардиореспираторной системы (ФСкрс) осуществляли по формуле Богомазова:

$$ФСкрс = \frac{\text{проба Штанге} + \text{проба Генча}}{90} \times 100. \quad (6)$$

Для оценки скоростных и объемных характеристик дыхательного паттерна использовали цифровое устройство – спиротест скринингового определения жизненной емкости легких «УСПЦ-01» (Россия). Оценивали: форсированную жизненную емкость легких (ФЖЕЛ); объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ1). Полученные результаты сравнивали с общепринятыми в физиологии труда нормативами.

Психофизиологический уровень ФС оценивали по методикам: сложная сенсомоторная реакция (ССМР);

простая сенсомоторная реакция (ПСМР), реакция на движущийся объект (РДО) и исследование статической мышечной выносливости. Актуальное психическое состояние оценивали с использованием второго субтеста полного теста Люшера, результаты которого обрабатывали, используя его компьютеризированный вариант. Оценивали: гетерономность – автономность (ГА); концентричность – эксцентричность (КЭ); баланс личностных свойств (БЛС); баланс вегетативной системы (БВС); работоспособность (РС); наличие стрессового состояния (СС); тревожность (Тр); отклонение от аутогенной нормы (ОАН).

**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что за период исследования (табл. 2) ОФВ1 практически не изменялся. ФЖЕЛ имел тенденцию к снижению, составляя перед сменой  $3,84 \pm 0,14$  л, после смены и межсменного отдыха  $3,72 \pm 0,13$  и  $3,87 \pm 0,14$  л соответственно. Параметры результатов проб Штанге и Генча, оказались более динамичны. ЧСС, САД, ДАД, ПД и КВ практически не изменялись. ИР достоверно ( $p < 0,05$ ) повысился с  $106,8 \pm 4,5$  у.е. перед заступлением на смену до  $114,9 \pm 4,8$  усл. ед. – после ее окончания. После межсменного отдыха ИР восстановился до исходного уровня ( $99,5 \pm 3,5$  у.е.). Изменения ИС оказались статистически незначимыми.

Статистически значимо ( $p < 0,05$ ) колебались значения ИФИ, однако изменения происходили в диапазоне оптимальной величины функционального напряжения организма. ИК имел тенденцию к увеличению после окончания работы, практически восстанавливаясь в процессе межсменного отдыха. ИРд имел выраженную тенденцию к снижению при сравнении его значений до и после смены. ФСкрс характеризовалось постепенным снижением и соответствовало пограничному состоянию его резервных возможностей.

Сбалансированность процессов возбуждения и торможения, скорость проведения возбуждения и другие показатели, характеризующие психофизиологический уровень функционального состояния на 1 и 2 этапах исследования, практически не изменялись. Достоверно ( $p < 0,05$ ) снижалась скорость переработки информации и статическая мышечная выносливость после смены (табл. 3). Изменения показателей текущего психического состояния выявлены на уровне тенденций. Существенно выражено увеличение вегетативного коэффициента к моменту окончания рабочей смены (по результатам теста Люшера), что указывает на некоторое повышение тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы.

Показано, что колебания большинства показателей ФС организма не выходят за диапазон принятых норм. При этом незначительно снижается уровень ФСкрс. Функциональное напряжение адаптивных механизмов находилось в оптимальном диапазоне, но к окончанию смены появилась выраженная тенденция к ухудшению его значений. Аналогичные изменения наблюдаются и по отношению к показателям сердечной деятельности. В центральной нервной системе утомление нарастало

Таблица 2

Динамика ФС испытуемых на этапах обследования, n=33, X±m

Этап обследования	ЧСС, уд/мин	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	ПД, мм рт. ст.	Проба Штанге, с	Проба Генча, с	ФСкрс, у.е.	КВ, у.е.
Перед сменой	78,4±2,8	137,3±4,5	82,0±3,0	55,3±3,9	45,1±3,6	25,3±1,4	70,6±3,4	6,62±0,91
После смены	76,8±2,4	135,1±4,2	81,6±2,8	55,3±2,5	41,8±3,6	25,3±1,5	80,9±5,3*	7,64±0,70
После межсменного отдыха	74,2±1,8	139,0±4,0	83,4±2,8	55,6±3,2	38,8±3,8	27,7±1,6	74,6±5,0	6,57±0,53

Этап обследования	ИР, у.е.	ИС, у.е.	ИК, у.е.	ИР, у.ед.	ИФИ, у.е.	ОФВ1, л	ФЖЕЛ, л
Перед сменой	106,8±5,5*	55,3 ±3,2	-0,8±4,4	17,7±2,6	2,87±0,11	3,68±0,13	3,84±0,13
После смены	114,9±6,1	54,6±2,3	5,6,2±4,1	15,7±2,8	2,56±0,12*	3,73±0,13	3,72±0,14
После межсменного отдыха	99,5±3,5	54,5±2,7	1,1±4,5	16,5±2,5	2,85±0,11	3,60±0,13	3,87±0,14

Примечание: \* – p<0,05.

Таблица 3

Динамика показателей ФС и текущего психического состояния испытуемых на этапах обследования

Этап обследования	РДО, мс	ССМР, бит/с	ПСМР, мс	ПСМР, %	Вегетативный коэффициент, баллы	Суммарное отклонение, баллы	Гетерономность/автономность, баллы
Перед сменой	402,4±70,3	1,91±0,08	0,29±0,01	25,3±1,4	1,19±0,09	12,9±0,9	-2,35±0,43
После смены	230,2±32,8	1,57±0,09*	0,27±0,07	22,0±1,6	1,31±0,09*	11,7±0,8	-3,31±0,37
После межсменного отдыха	265,5±86,9	1,73±0,07*	0,27±0,06	23,6±1,5	1,28±0,10	12,4±1,0	-3,23±0,43

Этап обследования	Концентричность/эксцентричность, баллы	Личностный баланс, баллы	Вегетативный баланс, баллы	Работоспособность, баллы	Наличие стресса, баллы	Динамометрия, кг	Статическая мышечная выносливость, с
Перед сменой	-0,72±0,64	3,04±0,61	5,23±0,59	18,6±0,4	9,1±1,0	54,8±2,0	56,5±1,6
После смены	-1,44±0,65	2,36±0,48	6,03±0,54	18,9±0,9	8,6±1,1	56,3±2,0	53,4±1,1*
После межсменного отдыха	-1,07±0,73	2,22±0,47	5,41±0,69	18,1±1,0	9,3±1,1	55,6±2,5	55,6±2,0

Примечание: \* – p<0,05.

преимущественно в двигательном анализаторе. Выявленные тенденции к увеличению вегетативного коэффициента и вегетативного баланса являются проявлением увеличения тонауса неспецифической активирующей системы мозга.

**Заключение.** Учет величины индекса функциональных изменений, состояния резервных возможностей кардиореспираторной системы и показателя сердечной деятельности позволяет выявить «группу риска» срыва адаптации, то есть тех лиц, у которых существует высокая вероятность развития хронического утомления, ведущего к снижению профессиональной надежности персонала.

Для поддержания высокой эффективности деятельности наиболее существенное значение имеют адаптивные качества операторов, обусловленные, прежде всего, характеристиками физиологического уровня ФС организма. Для оценки этих качеств наиболее целесообразно определять величину функционального напряжения организма, состояния резервных возможностей кардиореспираторной системы и работоспособность миокарда, используя для этой цели методику определения индекса функциональных изменений, оценки функциональных резервов кардиореспираторной системы и определения показателя сердечной деятельности.

Для адекватной оценки психофизиологического уровня ФС организма наиболее целесообразно использовать определение скорости переработки информации по методике: сложная сенсомоторная реакция с выбором. Снижение скорости переработки информации является прогностически неблагоприятным фактором, указывающими на снижение надежности профессиональной деятельности персонала.

#### Литература

1. Боченков, А.А. Методология и принципы комплексной психологической оценки профессиональной пригодности военных специалистов / А.А. Боченков, С.В. Чермянин, В.И. Булыко // Воен.-мед. журн. – 1994. – №11. – С. 41–46.
2. Боченков, А.А. Актуальные проблемы военной психофизиологии / А.А. Боченков, В.И. Шостак, Г.И. Глушко // Воен.-мед. журн. – 1996. – № 12. С. 35–40.
3. Гембицкий, Е.В. Вопросы ранней диагностики, патогенеза и профилактики заболеваний, связанных с условиями военного труда / Е.В. Гембицкий, И.Д. Кудрин // Воен.-мед. журн. – 1980. – № 3. – С. 44–48.
4. Загрядский, В.П. Методы исследования в физиологии труда / В.П. Загрядский, З.К. Сулимо-Самуйлло. – Л.: Изд-во ВМедА, 1991. – 110 с.
5. Захаров, И.В. Оценка профессиональной деятельности военнослужащих по психофизиологическим показателям / И.В. Захаров, Б.В. Кулагин // Воен.-мед. журнал. – 1982. – № 8. – С. 36–37.
6. Литвинцев, С.В. Методологические аспекты оценки нервно-психической устойчивости военнослужащих / С.В. Литвинцев, С.В. Чермянин, А.Г. Маклаков // Морск. мед. журн. – 1997. – № 3. – С. 5–8.
7. Карпман, В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков. – М.: ФиС, 1988. – 206 с.
8. Медведев, В.И. Физиология трудовой деятельности. Основы современной физиологии / В.И. Медведев [и др.] – СПб: Наука, 1993. – 528 с.
9. Новиков, В.С. Теоретические и прикладные основы профессионального психологического отбора военнослужащих / В.С. Новиков, А.А. Боченков. – СПб.: ВМедА, 1997. – 187 с.
10. Физиологическая оценка функционального напряжения организма на производстве. – М.: Би.и., 1990. – 12 с.
11. Розенблат, В.В. Проблема утомления / В.В. Розенблат. – М.: Медгиз, 1975. – 240 с.
12. Фролов, М.В. Состояние и его основные переменные. Методика и техника психофизиологических исследований операторской деятельности / М.В. Фролов. – М.: Наука, 1984. – С. 53 – 58.
13. Schedlowski, M. Stress und immunsystem / M. Schedlowski, R. Schmidt // Naturwissenschaften. Vol. 83 – №. 5 – 1996. – P. 214–220.

V.N. Sysoev, V.Ya. Apchel, A.A. Kornilova, D.A. Pitikin, S.T. Dgarken

#### Evaluation of operators' body functional status dynamics during work

**Abstract.** A comprehensive study of the functional state of operators during the shift and identifies informative method to assess it was carried out. Operators were tested before and after the work and after the rest before the next work day that allowed us to estimate the extent of growth of fatigue during one shift and the level of restoration of functional reserves for the period of rest. It was determined that it is most appropriate to determine the value of the functional stress of the body, the condition of reserve capacity of the cardiorespiratory system and the efficiency of the myocardium, using for this purpose, the method of the index of the functional changes, a method for assessing the functional reserves of the cardiorespiratory system and method for determining the rate of cardiac activity. In order to adequately assess the psycho-physiological levels of functional state it is appropriate to use the definition of speed of information processing by the method of complex sensorimotor reaction to the choice.

**Key words:** operator activity, functional status, professional performance, psycho-physiological state level, the physiological state level, fatigue, functional stress.

Контактный телефон: 542-46-05; 8-911-288-99-11; e-mail vnsiy@mail.ru