

УДК 612.017.2:612.821]:62-5

<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2018-3-242-246>Для цитирования: Попечителей Е.П., Пеккер Я.С., Новикова Т.В. Проблема оценки адаптационных возможностей человека-оператора. *Бюллетень сибирской медицины*. 2018; 17 (3): 242–246.

Проблема оценки адаптационных возможностей человека-оператора

Попечителей Е.П.¹, Пеккер Я.С.², Новикова Т.В.²¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ) «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Россия, 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5

² Сибирский государственный медицинский университет (СибГМУ)

Россия, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, 2

РЕЗЮМЕ

Выполнена декомпозиция профессионального мышления человека-оператора в управлении процессами, требующими интенсивного внимания в течение длительного времени. Поставлена задача оценки способности оператора адаптироваться к мыслительным нагрузкам. Для ее решения предложена модель расчета показателей функционального состояния организма при переходе от обычной к напряженной работе. В ее основе – динамическая модель системы, которая под воздействием внешних сил не находится в стационарном состоянии, но будет изменяться до тех пор, пока скорость производства энтропии в ней не достигнет наименьшего в данных условиях постоянного значения.

Ключевые слова: профессиональное мышление, напряженность умственного труда, декомпозиция мыслительной деятельности, энтропийные методы.

Профессия оператора связана с управлением процессами, требующими интенсивного внимания в течение длительного времени. Взаимодействуя с объектом интереса через механизмы, пульт управления, компьютер, человек становится частью биотехнической системы. Функциональное состояние оператора обусловлено необходимостью быстрой и безошибочной реакции на поступающие сигналы [1]. Здесь важно сочетание двигательных навыков управляющего воздействия с его обширной мыслительной подготовкой. Работа человека-оператора активно изучается в физиологическом, психологическом и биотехническом аспектах [2–4]. Предметом рассмотрения данной статьи является мыслительная компонента с проблемой диагностики способности оператора адаптироваться к умственным нагрузкам.

В различных профессиях выделяют оперативный, эмпирический, практический и теоретический

виды мышления. Оператору в целом свойственно оперативное мышление, суть которого – в быстром принятии решений в меняющихся условиях путем динамического моделирования состояний объекта управления. Оперативное мышление реализуется посредством эмпирических, практических и теоретических компонент. Эмпирическая составляющая работает с наблюдениями и измерениями. Восприятие и интерпретация сигналов, отделение полезных сведений от шума, распознавание и формирование образа ситуации по отдельным признакам основаны на знании предмета и умении сопоставлять знания с наблюдениями.

Практическое мышление использует индивидуальный опыт, протекает в форме суждений по аналогии и применимо на любом этапе управленческого цикла: фиксация проблемы, определение цели, выбор и идентификация модели, построение стратегии управления, планирование и исполнение действий. Теоретическое мышле-

✉ Новикова Тамара Владимировна, e-mail: novitamara@yandex.ru.

ние вступает в действие, когда манипулирование наблюдениями и фактами из профессионального опыта сменяется работой воображения с привлечением законов, понятийных и структурных схем, математических моделей. Особую значимость здесь приобретает свойство системности мышления [5]. Оператор мысленно пытается заглянуть внутрь объекта, очертить внешние взаимодействия, раскрыть причины и следствия, прогнозировать события. Образ рабочей ситуации дополняется представлениями о невидимых, но реально существующих связях. Подобное представление возможно, если оператор владеет знаниями об общесистемных закономерностях функционирования объектов данной природы и умеет пользоваться эвристическими приемами активизации творчества, интуиции, метафорического мышления. Например, попытка объяснить поведение объекта в терминах саморегуляции предписывает выделить в нем управляющие и исполнительные механизмы, регулируемые величины, прямые и обратные, положительные и отрицательные связи. Из эвристических приемов интересен пример личной аналогии, когда человек ставит себя на место управляемого объекта и, отвечая на собственные вопросы, представляет, что он стал бы делать в данной ситуации.

Способы рассуждений оператора в различных ситуациях можно соотнести с типами управления: программное, циклическое, параметрическое; по структуре, целям; в условиях дефицита времени; при отсутствии информации о конечной цели [6]. Цель управления определяется как оптимальная траектория движения к желаемому результату. Воздействие на систему осуществляется после того, как оно подобрано и проверено на модели этой системы.

Программное управление возможно, когда воздействие, вычисленное с помощью модели и реализованное на объекте, дает целевую траекторию. Это означает, что модель адекватна поставленной цели. Оператор использует стереотипные реакции, усвоенные в процессе обучения.

Циклическое управление часто определяют как «метод проб и ошибок» – понятие, возникшее при формировании профессиональной терминологии в теории управления. Проба – очередное управляющее воздействие, ошибка – расхождение между целевым и полученным значениями выходной функции. Отсюда исходит представление об одном цикле управления. Сначала с помощью модели отыскивается управляющее воздействие, которое позволяет получить требуемую траекторию на выходе этой модели. Затем воздействие

подается на вход реальной системы и фиксируется выходная реакция – отклик. В случае обнаружения ошибки производится коррекция модели и снова вычисляется управляющее воздействие. Циклический метод управления применяется, когда отклик системы отличается от ожидаемого, и это различие имеет тенденцию к увеличению. Делается вывод о том, что модель неадекватна цели управления. Однако величина отклонения позволяет надеяться на улучшение модели путем извлечения информации из выполненных проб и полученных ошибок. Наиболее трудной для оператора является оценка возможности достижения (риска не достичь) цели. Поэтому говорят, что если человек действует методом проб и ошибок, то он имеет дело со сложной системой.

Параметрическое управление выполняется, когда управляющее воздействие первоначально удерживает систему вблизи целевой траектории. Однако через некоторое время появляется расхождение. В этот момент оператор должен понять причину отклонения: неадекватность модели или случайное возмущение. В первом случае необходимо изменить модель, во втором – можно ограничиться настройкой параметров функционирования системы, т. е. следовать стратегии регулирования.

Управление в условиях дефицита времени связано с проблемой своевременности управляющего воздействия. Субъект располагает достаточным информационным ресурсом для эффективного управления (модель адекватна). Однако для поиска наилучшего решения требуется перебор большого числа вариантов, для выполнения которого в приемлемое время не хватает трудовых, вычислительных или материальных ресурсов. В результате время, требуемое для нахождения оптимального решения, может превзойти предельно допустимое для исполнения управляющего вмешательства. Задача оператора сводится к оценке риска запаздывания и предложению менее эффективного, но удовлетворительного алгоритма, обеспечивающего своевременный результат. Часто в подобных случаях упрощают модель.

Управление по структуре применяется, когда система так быстро и так далеко отклоняется от целевой траектории, что не может быть возвращена на нее ни изменением параметров, ни подбором вмешательства методом проб и ошибок. Это означает, что поставленная цель для существующей системы недостижима. В этом случае изменяют структуру системы с надеждой достичь целевого состояния хотя бы по другой траектории. Оператор, действующий таким способом,

должен иметь представление о взаимозаменяемости частей, последствиях включения или отключения связей, компенсаторных механизмах, инновационном потенциале управления объектами подобного типа.

Управление по целям применяется, когда никакая комбинация частей существующей системы, ни введение новых элементов не обеспечивают достижение цели. Это означает, что в существующих условиях поставленная цель неосуществима. В этом случае изменяют цель, снижают требования к результату или ослабляют ограничения.

При управлении сложными объектами бывают ситуации, когда объективно конкретизировать цель невозможно. Действия оператора: составить субъективное представление о результате и надеяться, что существует траектория продвижения к нему; подобрать модель, позволяющую предсказывать отклик системы на воздействие; с помощью модели исследовать ближайшую окрестность текущего состояния и выбрать воздействие, наиболее предпочтительное с точки зрения приближения к цели. Затем исследовать достигнутое новое состояние и действовать далее тем же способом.

В заключение анализа ситуаций обратим внимание на управление «вдали от равновесия» [7]. Оператор оказывается в условиях резких временных ограничений: нет времени ни на моделирование, ни на пробы, ни на исследование ближайшего окружения. Такую ситуацию можно представить в случае резкой потери устойчивости объекта интереса. Чтобы вернуть его в равновесие, оператор вынужден действовать практически мгновенно

по интуиции, согласно здравому смыслу, наугад с учетом внешних сил и тенденций. Данный тип поведения ассоциируется со стратегией детерминированного хаоса, поэтому возможны ошибки, последствия которых могут проявиться в дальнейшем.

Разнообразие ситуаций создает напряженность в работе, требует адаптации и когнитивной гибкости. Поэтому контроль функционального состояния организма оператора является необходимым условием успеха. Существуют методы измерения различных психофизиологических параметров. Однако для сложности характерны изменчивость и непредсказуемость факторов, действующих изнутри системы и со стороны окружающей среды [6, 7]. Поэтому абсолютные значения показателей функционального состояния дают адекватную оценку лишь при значительных допущениях. Чтобы учесть вариабельность, предложено фиксировать распределение показателей в определенные интервалы времени и вычислять энтропию этих распределений [8]. Идея метода основана на теореме И. Пригожина о минимальном производстве энтропии в стационарном состоянии системы неравновесных процессов и предположении, что в условиях нагрузки производство энтропии должно отклоняться от стационарного уровня. Экспериментальные исследования особенностей адаптации функционального состояния различных людей при переходе от обычной к напряженной работе дали четыре типа закономерностей, для обозначения которых авторы ввели понятие «адаптационная стратегия» $I(t_k)$ (рис.).

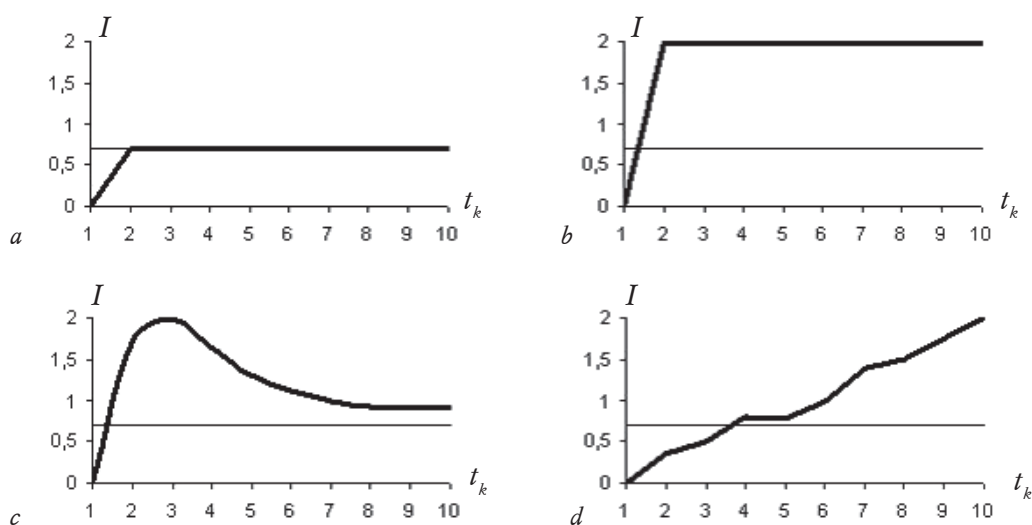


Рисунок. Типы адаптационных стратегий I : а) адаптивный; б) компенсаторный; в) адаптивно-компенсаторный; д) дезадаптивный

Figure. Types of adaptation strategies I : a) adaptive; b) compensatory; c) adaptive-compensatory; d) disadaptive

Система полностью адаптирована, когда никаких изменений в ее состоянии под воздействием внешних и внутренних факторов не наблюдается (а). Графики *b–d* представляют стратегии, в которых состояние системы изменяется в условиях нагрузки. Наиболее опасным, требующим коррекции, является дезадаптивный тип стратегии.

В заключение отметим, что в современных высокотехнологичных средах, обязательными атрибутами которых являются сверхбыстродействующие компьютеры и многофункциональные пульта управления, проблема оценки психофизиологического состояния и адаптационного ресурса человека актуальна для любого вида профессиональной деятельности.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Попечителей Е.П. Влияние рабочей обстановки на функциональное состояние человека. *Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ*. 2016; 10: 7784. [Popchitelev E.P. Effect of the working environment on the functional status of human. *Izvestiya SPbGETU «LETI» – Izvestiya SPbGETU “LET” I*. 2016; 10: 7784 (in Russ.).]
2. Ильина А.В., Бабайцев С.А., Блощинский И.А., Богданов Н.Н., Макаров А.К. Особенности психологического профиля и вегетативные нарушения в результате профессиональной деятельности у операторов сложных технических систем. *Экология человека*. 2013; 2: 2228. [Il'ina A.V., Babaytsev S.A., Bloshchinskiy I.A., Bogdanov N.N., Makarov A.K. Psychological and vegetative disorders of compound technical system operators as a result of professional activity. *Ekologiya cheloveka – Human Ecology*. 2013; 2: 2228 (in Russ.).]
3. Городецкий И.Г., Трофимов Е.А. Индекс когнитивной работоспособности операторов в эргатических системах. *Психологический журнал*. 2016; 37 (5): 2231. [Gorodetskiy I.G., Trofimov E.A. Index of operator's cognitive performance in operator-dependent systems. *Psikhologicheskii zhurnal – Psychological Journal*. 2016; 37 (5): 2231 (in Russ.).]
4. Бобырь М.В., Скринникова А.В., Милостная Н.А., Серегин С.П. Нечеткая биотехническая система управления производительностью человека-оператора. *Медицинская техника*. 2017; 4: 4650. [Bobyry' M.V., Skrinnikova A.V., Milostnaya N.A., Seregin S.P. Fuzzy biotechnical control system by the human operator performance. *Meditinskaya tekhnika – Biomedical Engineering*. 2017; 4: 5357 (in Russ.).]
5. Новикова Т.В. Проблема формирования системного мировоззрения врача. *Бюллетень сибирской медицины*. 2014; 13 (4): 7380. [Novikova T.V. Problem of formation of the systemic philosophy of the doctor. *Byulleten' sibirskoy meditsiny – Bulletin of Siberian Meditsine*. 2014. 13 (4): 7379 (in Russ.).]
6. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ. М.: КНОРУС, 2017: 220. [Tarasenko F.P. Applied System Analysis. M.: KNORUS Publ., 2017: 220 (in Russ.).]
7. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. М.: Мир, 1990: 344. [Nikolis G., Prigozhin I. Exploring Complexity. M.: Mir Publ., 1990: 344 (in Russ.).]
8. Берестнева О.Г., Пеккер Я.С., Мурзина С.С. Энтропийные методы в анализе биосистем. *Бюллетень сибирской медицины*. 2014; 13 (4): 1520. [Berestneva O.G., Pekker Ya.S., Murzina S.S. Entropy methods in analysis of biological systems. *Byulleten' sibirskoy meditsiny – Bulletin of Siberian Medicine*. 2014. 13 (4): 1520 (in Russ.).]

Поступила в редакцию 28.03.2017

Подписана в печать 15.05.2018

Попечителей Евгений Парфирович, д-р техн. наук, профессор, кафедра биотехнических систем, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург.

Пеккер Яков Семёнович, канд. техн. наук, профессор, кафедра медицинской и биологической кибернетики с курсом медицинской информатики, СибГМУ, г. Томск.

Новикова Тамара Владимировна, канд. техн. наук, доцент, кафедра медицинской и биологической кибернетики с курсом медицинской информатики, СибГМУ, г. Томск.

(✉) Новикова Тамара Владимировна, e-mail: novitamara@yandex.ru.

УДК 616-006.33-073.756.8-073.8-079.4

<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2018-3-242-246>

For citation: Popchitelev E.P., Pekker Ya.S., Novikova T.V. The problem of assessing the adaptive capacity of the human operator. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2018; 17 (3): 242–246.

The problem of assessing the adaptive capacity of the human operator

Popechitelev E.P.¹, Pekker Ya.S.², Novikova T.V.²

¹ Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”

5, Professor Popov Str., Saint-Petersburg, 197376, Russian Federation

² Siberian State Medical University (SSMU)

2, Moskow Trakt, Tomsk, 634055, Russian Federation

ABSTRACT

Decomposition of professional thinking of the human operator in process control, requiring intense attention for a long time, was performed. The problem of assessing the ability of the operator to adapt to mental stress was formulated. The authors proposed a model for calculation of the indicators of the functional state of the body during the transition from normal to hard work. It is based on a dynamic model of the system, which is not in a stationary state under external forces, but will be changing until the rate of entropy production within the system reaches the minimum in these conditions. It is shown that this model can be used to solve the problem.

Key words: man-operator, professional thinking, tension mental work, decomposition thinking, estimation of adaptive capacities, entropy analysis.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

SOURCE OF FINANCING

The authors state that there is no funding for the study.

Received 28.03.2017

Accepted 15.05.2018

Popechitelev Evgenij P., DTSc, Professor, Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, Saint Peterburg, Russian Federation.

Pekker Yakov S., PhD, Professor, SSMU, Tomsk, Russian Federation.

Novikova Tamara V., PhD, Associate Professor, SSMU, Tomsk, Russian Federation.

(✉) Novikova Tamara V., e-mail: novitamara@yandex.ru.