

УДК 355/359

doi: 10.53816/23061456_2025_1–2_39

МЕХАНИЗМЫ КОРРЕКЦИИ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИСПОЛНИТЕЛЯ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И КАРТОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

CORRECTION MECHANISMS AND METHODS FOR ASSESSING THE DYNAMICS OF CHANGES IN THE PERFORMANCE OF TOPOGRAPHIC, GEODETIC AND CARTOGRAPHIC WORK

*Д-р техн. наук С.А. Багрецов, д-р экон. наук Д.М. Петров,
канд. техн. наук А.В. Гаврилов, канд. воен. наук С.С. Петлик*

D.Sc. S.A. Bagretsov, D.Sc. D.M. Petrov, Ph.D. A.V. Gavrilov, Ph.D. S.S. Petlik

Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского

Рассматриваются факторы, влияющие на динамику изменения работоспособности исполнителя топографо-геодезических и картографических работ, модель динамики изменения работоспособности исполнителя топографо-геодезических и картографических работ, в которой анализируются факторы, оказывающие существенное влияние на работоспособность исполнителя топографо-геодезических и картографических работ. Определены значения утомления при воздействии на работоспособность исполнителя. Приведена модель динамики изменения работоспособности операторов человеко-машинных комплексов с учетом периодов реабилитации. Проведено рациональное физиологическое обоснование режимов деятельности операторов, как чередование периодов работы, периодов переключения на другую деятельность и на отдых. Представлены зависимости, позволяющие анализировать влияние различных параметров на работоспособность исполнителей топографо-геодезических и картографических работ, начиная от интенсивности и сложности их деятельности и заканчивая условиями труда.

Ключевые слова: динамика изменения работоспособности, исполнитель топографо-геодезических и картографических работ.

The factors influencing the dynamics of changes in the working capacity of the contractor of topographic, geodetic and cartographic works are considered, a model of the dynamics of changes in the performance of topographic, geodetic and cartographic work, which analyzes the factors that have a significant impact on the performance of topographic, geodetic and cartographic work. Determination of fatigue values when affecting the performance of the performer. Model is given of the dynamics of changes in the operability of human-machine complex operators, taking into account rehabilitation periods. Rational physiological justification of the operator's mode of operation, such as alternating work periods, periods of switching to other activities and rest. Dependencies that allow us to analyze the impact of various parameters on the performance of performers of topographic, geodetic and cartographic work, ranging from the intensity and complexity of their activities, and ending with working conditions.

Keywords: the dynamics of changes in working capacity, the performer of topographic, geodetic and cartographic work.

Введение

Утомление — закономерная реакция исполнителя топографо-геодезических и картографических работ. Утомление оказывает значительное влияние на динамику основных нервных процессов, а также на сенсомоторные функции исполнителя. Следовательно, под утомлением будем понимать состояние исполнителя топографо-геодезических и картографических работ, возникающее при интенсивной или длительной нагрузке и проявляющееся во временном нарушении состояния ряда функций организма, а также в снижении эффективности и качества выполнения поставленных задач. Основное внимание будет сконцентрировано на динамике работоспособности, характеристиках ее основных фаз, а также на выявлении тех факторов, от которых зависит их продолжительность.

Модель динамики изменения работоспособности исполнителя топографо-геодезических и картографических работ

Работоспособность исполнителя топографо-геодезических и картографических работ имеет характерные фазы. Различают следующие фазы: повышение работоспособности, когда происходит повышение концентрации внимания исполнителя и устанавливается динамический стереотип; период относительно устойчивой работоспособности, сонастроенности ритмов и темпов деятельности отдельных участков нервной системы; снижение работоспособности вследствие усталости и нервного напряжения.

К главным факторам, вызывающим усталость, целесообразно отнести три группы. Первая — это факторы, определяющие основу профессиональной деятельности исполнителя топографо-геодезических и картографических работ (повышенная нагрузка, оперативность решаемых задач, жесткий лимит времени). Вторая группа — это факторы, влияющие на скорость появления усталости (воздействие неблагоприятных факторов внешней среды, нервно-психическое напряжение). Третья группа — это факторы, предопределяющие состояние исполнителя. К ним следует отнести факторы режима труда и отдыха, поддержания и

повышения необходимого уровня профессионально-должностной и физической подготовки. Названные факторы проявляются в снижении функциональной пригодности исполнителя, в результате чего снижается надежность и достоверность выполняемых топографо-геодезических и картографических работ.

Таким образом, утомление следует рассматривать как важнейший фактор изменения физического состояния (ФС) исполнителя, определяющий базовое состояние его активационных компонент в рабочей доминанте, изменение которых вызвано длительными нагрузками. Следовательно, утомление определяет макродинамику изменения ФС исполнителя, на фоне которой развиваются более динамичные процессы изменения ФС, связанные со сложностью решаемых задач, интенсивностью их возникновения, с внешними условиями деятельности и другими факторами, определяющими динамику изменения психического и эмоционального напряжения исполнителя в оперативной деятельности.

В динамике работоспособности исполнителя топографо-геодезических и картографических работ, во-первых, присутствует фактор привыкания (настройки работоспособности), а во-вторых — фактор утомления, который снижает работоспособность и влечет за собой изменение базовых физиологических функций (нарушение рабочей доминанты в связи со снижением лабильности). Эти факторы оказывают противоположное воздействие.

Современные исследования в психометрике утомления (особенно умственного утомления) показывают, что наиболее перспективными индикаторами развития этого процесса в операторской деятельности являются не оценки динамики изменения элементарных когнитивных функций, а оценки дееспособности операциональных структур более высоких порядков.

Пусть в некоторый начальный момент времени t уровень работоспособности равен

$$\bar{P}_0 = P_0 / P_{\max},$$

где P_0 — абсолютное значение параметра эффективности деятельности исполнителя (вероятности безошибочного выполнения задач) в момент времени t ;

$P_{\max}$ — максимальное значение параметра деятельности, достигаемое исполнителем в ходе обучения, контрольных проверок и т.п.

Из определения следует, что $0 < P_0 \leq 1$. Тогда уравнение, описывающее процесс $\Delta P(t_1)$ развития работоспособности исполнителя, будет иметь вид:

$$\frac{\partial \Delta P(t_1)}{\partial t} = (1 - \bar{P}_0) R_1 - \frac{\Delta P(t_1)}{T_1},$$

где t_1 — время текущей деятельности оператора;

$$\bar{P}_0 = P_0 / P_{\max};$$

R_1 — скорость поступления оперативных задач на обработку оператору;

T_1 — постоянная времени нарастания рабочей доминанты оператора.

В этом уравнении скорость становления и упрочения рабочей доминанты зависит от интенсивности труда оператора. Это подтверждается результатами исследований [1–3]. Решение уравнения дает следующий результат для определения процесса становления рабочей доминанты оператора при $R_1 = \text{const}$:

$$\Delta P(t) = [(1 - \bar{P}_0) R_1 T_1 e^{\tau_{11}} + A_1] e^{-\tau_{11}},$$

где $-\tau_{11} = t_1 / T_1$;

t_1 — время работы исполнителя на первом этапе деятельности;

$$A_1 = \text{const}.$$

Этап деятельности исполнителя состоит из периода непосредственной загруженности и периода отдыха.

Тогда с учетом начальных условий возможно получить:

$$\begin{aligned} \Delta P(t_1) &= (1 - \bar{P}_0) R_1 T_1 - (1 - \bar{P}_0) R_1 T_1 e^{-\tau_{11}} = \\ &= (1 - \bar{P}_0) R_1 T_1 (1 - e^{-\tau_{11}}). \end{aligned}$$

Абсолютное значение роста работоспособности исполнителя будет $P'(t) = P_0 + \Delta P(t)$. Нормируя, получим:

$$P'(t) = \bar{P}_0 + (1 - \bar{P}_0) \frac{R_1 T_1}{P_{\max}} (1 - e^{-\tau_{11}}).$$

Вместе с процессом становления работоспособности происходит процесс ее нарушения, описываемый уравнением

$$\frac{\partial \Delta P(t_1)}{\partial t_1} = R_s, \quad (1)$$

где R_s — скорость нарушения работоспособности, определяющая процесс утомления исполнителя топографо-геодезических и картографических работ.

Утомление оказывает воздействие на работоспособность исполнителя только до определенных значений. Утомлению в организме противодействуют контрмеры, интенсивность которых прямо пропорциональна утомлению. Помимо этого, при снижении работоспособности вследствие утомления снижается нагрузка и объем выполняемых задач. Наличие жестких отрицательных обратных связей, компенсирующих процесс утомления, с одной стороны, свидетельствует о наличии гомеостатических свойств в системе регуляции производительности у исполнителя, которые во многом формируются в процессе подготовки исполнителя, а с другой — служит обоснованием справедливости выражения (1).

Учитывая изложенное, параметр R_s возможно трактовать следующим образом:

$$R_s = C_y \mu (P(t_1) - P_{\min}),$$

где C_y — интегральный психофизиологический уровень поддержания работоспособности в процессе производства;

μ — коэффициент пропорциональности;

$P(t_1)$ — текущее значение работоспособности;

$P_{\min}$ — наихудший уровень развития работоспособности.

Принимая во внимание, что C_y в общем случае может рассматриваться как функция текущего состояния ведущих функциональных систем организма оператора, обеспечивающих деятельность данного типа, с их наилучшим альтернативным состоянием, определим

$$C_y = D_k^+ / (D_k^+ + D_k^-),$$

где D_k^+, D_k^- — соответственно расстояния между образом текущего состояния ведущих функциональных систем организма и их наилучшими и наихудшими альтернативными вариантами.

В случае их нечеткого определения параметр C_y также будет нечетким [4, 5].

Для оценки нечетких значений C_{yi} для каждого класса функциональных состояний $i = \overline{1,10}$ (то есть для определения функции принадлежности) воспользуемся методом двойной обратной трансформации (рис. 1).

Согласно этому методу на первом этапе на основе экспериментальных данных определяется нечеткое множество $\nu_1 = \langle C_y, \mu_i(C_y) \rangle$. На его основе определяется шкала размытой классификации ΦC , то есть определяются центры ($\nu_1(C_y)$: $i = \overline{1,10}$) классов ΦC , диагностируемых по параметру C_y . На втором этапе определяется множество функций принадлежности ($\mu_{C_y}(i); C_y \in [0,1]$) значений параметра C_y , соответствующих каждому классу ΦC . Результаты расчетов нечетких значений ВПР операторов для множества их функциональных состояний приведены на рис. 2.

С учетом изложенного уравнение разрушения рабочей доминанты оператора в процессе деятельности может быть записано следующим образом:

$$\frac{\partial \Delta P(t_1)}{\partial t} = \mu_{C_y}(P(t_1) - P_{\min}).$$

Решением этого уравнения будет:

$$P(t_1) = P_{\min} + A_2 e^{-\mu_{C_y} t_{12}},$$



Рис. 1. Структурная схема определения значений параметров работоспособности оператора для различных его функциональных состояний $i = \overline{1,10}$

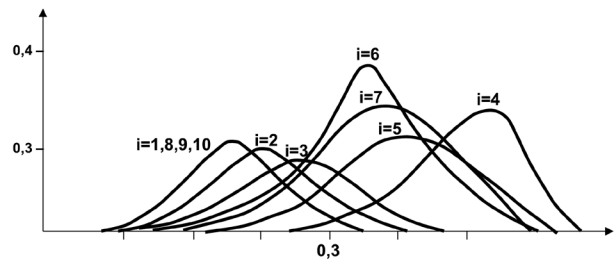


Рис. 2. Результаты расчетов нечетких значений параметров профессиональной работоспособности оператора

где $\tau_{12} = t_1 C_y$; $A_2 = P_0 - P_{\min}$.

Процессы становления и разрушения доминанты протекают одновременно. Тогда, предполагая их взаимно независимыми и противоположно направленными, получим следующее выражение для определения характера изменения рабочей доминанты оператора топографо-геодезических и картографических работ [6, 7] в процессе деятельности:

$$P(t_1) = \beta_1 \bar{P}_0 + \beta_1 (1 - \bar{P}_0) \frac{R_1 T_1}{P_{\max}} (1 - e^{\tau_{11}}) - \beta_2 \bar{P}_0 + \beta_2 P_{\min} + \beta_2 (1 - \bar{P}_0) e^{-\mu_{C_y} t_{12}}. \quad (2)$$

Константы β_1 и β_2 могут быть найдены из начальных и конечных условий:

- а) $P(t_1) = P_0$, при $t_1 = 0$;
- б) $P(t_1) = P_{\min}$, при $t_1 \rightarrow \infty$.

Подставив в полученное выше уравнение (2) значения, соответствующие пунктам а и б, получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \beta_1 \bar{P}_0 + \beta_2 \bar{P}_0 + \beta_2 \bar{P}_{\min} + \beta_2 \bar{P}_0 - \beta_2 \bar{P}_{\min} = \bar{P}_0; \\ \beta_1 \bar{P}_0 + \beta_1 (1 - \bar{P}_0) \frac{R_1 T_1}{P_{\max}} - \beta_2 P_{\min} + \beta_2 \bar{P}_{\min} = \bar{P}_{\min}. \end{cases}$$

Отсюда имеем: $\beta_1 = 1$;

$$\beta_2 = \frac{\bar{P}_0 - (1 - \bar{P}_0) \frac{R_1 T_1}{P_{\max}} - \bar{P}_{\min}}{P_0 - P_{\min}}.$$

Подставив найденные значения коэффициентов в (2), получим:

$$P(t_1) = \bar{P}_0 + (1 - \bar{P}_0) \frac{R_1 T_1}{P_{\max}} (1 - e^{-\tau_{11}}) - \left(\bar{P}_0 + \frac{R_1 T_1}{P_{\max}} (1 - \bar{P}_0) - P_{\min} \right) (1 - e^{-\mu \tau_{12}}). \quad (3)$$

Параметры, $\bar{P}_0 = \frac{P_0}{P_{\max}}$, $\frac{R_1 T_1}{P_{\max}}$ определяются прежде всего свойствами индивидуума и характером деятельности.

Как видно из выражения (3), интенсивность труда исполнителя, определяемая параметром R_1 , оказывает влияние как на фактор вхождения в работу исполнителя, так и на фактор его утомления. Чем выше R_1 , тем интенсивнее происходят процессы нарастания и разрушения его рабочей доминанты. В общем виде параметры T_1 , C_y , μ зависят от нагрузки исполнителя, то есть от R_1 .

Константы T_1 , C_y , R_1 определяются опытным путем для каждой фазы утомления оператора.

Если $P(t)$ выражает некоторую физиологическую функцию оператора (например, время его реакции), то коэффициент $\frac{R_1 T_1}{P_{\max}}$ будет выражать степень актуальности данной функции для выполнения исследуемого вида операторской деятельности.

Таким образом, формула (3) осуществляет анализ утомления исполнителя в процессе деятельности в зависимости от физических характеристик и характера решаемых задач, а также от профессиональных качеств и личной подготовлен-

ности, умений и фаз утомления. Она отличается, хотя и совпадает по внешнему виду, от описанных математических моделей утомления, полученных эмпирическим путем, обоснованностью включенных в состав модели физических параметров и их логикой, их взаимных связей, отражающей характер физиологических процессов утомления.

В частном случае при $P_{\min} = P_0 = 0$ формула (2) будет иметь вид:

$$P(t_1) = \frac{R_1 T_1}{P_{\max}} (e^{-\mu \tau_{12}} - e^{-\tau_{11}}). \quad (4)$$

Выражение (3) совпадает с точностью до коэффициентов с формулой динамики изменения ключевой физиологической функции оператора, полученной эмпирическим путем.

Максимум выражения (4) выполняется при

$$t_1^* = \frac{1 - \mu T_1 C_y}{T_1} \ln \frac{1}{\mu T_1 C_y}.$$

Как видно, условием существования максимума рабочей доминанты оператора в конкретном виде деятельности является выполнение неравенства $\mu T_1 C_y < 1$.

Практические исследования динамики изменения работоспособности оператора в различных видах деятельности показывают [8], что для значительного числа видов операторской деятельности это неравенство выполняется, и максимум эффективности деятельности действительно имеет место. Сравнительный анализ реальных и моделируемых процессов изменения эффективности по t -критерию на выборке из 15 операторов подтвердил допустимость применения рассмотренной выше модели при уровне значимости $\alpha_3 = 0,05$.

Модель динамики изменения работоспособности операторов человеко-машинных комплексов с учетом периодов реабилитации

Рассмотренный выше процесс деятельности оператора считался непрерывным. Реальная деятельность оператора чередуется с периодами отдыха (смены деятельности), в процессе которых происходит восстановление затраченных сил и осуществляется фиксация рабочей доминанты

оператора на некотором (дежурном) уровне, позволяющем ему начать в любой момент выполнять функциональные обязанности в системе. Причем как процесс утомления, то есть разрушения рабочей доминанты оператора в процессе деятельности, так и процесс ее восстановления во время отдыха протекают с различными значениями постоянной времени и предельного параметра восстановления $P_{B\max}$ (реабилитации) рабочей доминанты. Так как процесс восстановления функциональных возможностей оператора протекает в условиях активно действующего охранительного торможения, то, как и в случае анализа утомления, для изучения процесса восстановления $P(t_2)$ справедлива линейная модель:

$$\frac{\partial \Delta P(t_2)}{\partial t_2} = -R_z, \quad (5)$$

где t_2 — время восстановления;

R_z — скорость восстановления рабочей доминанты P оператора в процессе отдыха.

Как и в анализе процессов утомления, примем

$$R_z = \frac{\mu_B}{T_B} (P_0 - P(t_2)),$$

где μ_B — коэффициент восстановления затраченных сил оператором в период отдыха;

T_B — соответствующая этому процессу постоянная времени восстановления, зависящая от методологического и технического оснащения подсистемы реабилитации операторов.

Решение уравнения (5) имеет вид:

$$P(t_2) = P_0 + A_3 e^{-\mu_B \tau_B},$$

где $\tau_B = t_2 / T_B$; $A_3 = \text{const}$.

Константа A_3 находится из условия $P(t_2) = P(t_1)$ при $t_2 = 0$. Отсюда получим: $A_3 = P(t_1) - P_0$. Тогда

$$P(t_2) = P_0 - (P_0 - P(t_1)) - \mu_B T_B. \quad (6)$$

Нормируя, представим выражение (6) в следующем виде:

$$\bar{P}(t_2) = \bar{P}_0 (1 - e_1) + E_1 e_1,$$

где $\bar{P}(t_2) = \frac{P(t_2)}{P_{\max}}$; $\bar{P}_0 = \frac{P_0}{P_{\max}}$;

$$e_1 = e^{-\mu_B \tau_{1B}}; E_1 = P(t_{11}); \tau_{1B} = \frac{t_{21}}{T_{21}};$$

t_{11}, t_{21} — текущие времена работы и отдыха оператора в первом цикле дежурства;

$$t_1 = t_{11} + t_{21};$$

T_{21} — постоянная времени восстановления (реабилитации) оператора в первом цикле дежурства;

$P(t_{11})$ — безразмерное выражение количественного значения параметра деятельности оператора, выражающего уровень развития рабочей доминанты оператора в конце первого периода деятельности t_{11} . Из предыдущего раздела ясно, что

$$\begin{aligned} \bar{P}(t_{11}) &= \bar{P}_0 + (1 - \bar{P}_0) \frac{R_1 T_{11}}{P_{\max}} (1 - e^{-\tau_{11}}) - \\ &- \left(\bar{P}_0 + \frac{R_1 T_{11}}{P_{\max}} (1 - \bar{P}_0) - \bar{P}_{\min} \right) (1 - e^{-\mu_y \tau_{12}}); \quad (7) \\ \tau_{11} &= \frac{t_{11}}{T_{11}}; T_{12} = \frac{t_{11}}{T_{21}}, \end{aligned}$$

где R_1 — скорость поступления оперативных задач на обработку оператору;

T_{11} — постоянная нарастания рабочей доминанты оператора;

μ_y — коэффициент утомления оператора.

С учетом выражения (6) получим:

$$E = \bar{P}(t_{11}) = E_{11} + \bar{P}_0 E_{21}; \quad (8)$$

$$E_{11} = \bar{P}_{\min} (1 - e^{-\mu_y \tau_{12}}) + \frac{R_1 T_{11}}{P_{\max}} (e^{-\mu_y \tau_{12}} - e^{-\tau_{11}}),$$

$$\text{где } E_{21} = 1 - \frac{R_1 T_{11}}{P_{\max}} (e^{-\mu_y \tau_{12}} - e^{-\tau_{11}}) (1 - e^{-\mu_y \tau_{12}}).$$

В общем случае для непрерывного процесса деятельности оператора, складывающегося из непрерывной последовательности следующих друг за другом периодов работы и отдыха, параметры T_{11} , T_{21} , μ_y от цикла к циклу изменяются, что определяется, в первую очередь, нарастающим утомлением оператора [9, 10, 11].

Рассмотрим n -й цикл деятельности оператора. Из (7) и (8) получим:

$$P_{0n} = P(t_{2n}) = P_0 (1 - e_n) + E_n e_n,$$

где $E_n = E_{1n} - P_{0(n-1)}E_{2n}$;

$$P_{0(n-1)} = P(t_{2(n-1)}) = P_0(1 - e_{n-1}) + E_{n-1}e_{n-1} \text{ и т.д.}$$

Если принять $e_n \approx e_{n-1} \approx e_{n-2} \dots \ll e_1$, то после несложных преобразований получим:

$$P_{0n} = \bar{P}_0 + \sum_{j=1}^n e^{j-1} (E_{n-(j-1)}(\bar{P}_0) - P_0) \prod_{i=1}^{j-1} E_{2(n+1-j)}, \quad (9)$$

где $E_{n-(j-1)}(\bar{P}_0) = E_{1(n+1-j)} - \bar{P}_0 E_{2(n+1-j)}$.

Уравнение (9) позволяет вычислить для любого номера цикла деятельности оператора значение показателя его работоспособности. Таким образом, используя данную методику, представляется возможным оценить допустимую длительность периодической деятельности оператора человека-машинных комплексов (ЧМК) (например, число циклов дежурство — отдых при вахтовом методе обслуживания и эксплуатации ЧМК), определить эффективность организации его отдыха (или активной реабилитации) и в целом обосновать режим его деятельности. В данном случае под рациональным, физиологически обоснованным режимом деятельности операторов ЧМК подразумевается такое чередование периодов работы, периодов переключения на другую деятельность и на отдых, при котором достигается большая эффективность совместного труда операторов и обеспечивается высокий уровень их работоспособности.

Формула (9) записана для общего случая, в отдельных частных условиях применения вид упрощается. Так, постоянные времени утомления в каждом цикле деятельности работа — отдых могут быть приняты отличающимися друг от друга в ξ раз, то есть:

$$T_{2n} = \frac{T_{2(n-1)}}{\tau_{12}}; \quad \mu = \xi \mu_{n-1}.$$

В ряде случаев могут быть приняты равенства

$$E_{n-(j-1)}(P_0) = E(P_0), \text{ при } \forall j$$

и

$$E_{2(n+1-i)} = E_{2n}, \text{ при } \forall i.$$

Справедливость последних равенств определяется тем, что, как правило, распределение вре-

мени в циклах деятельности операторов между работой и отдыхом (сменой деятельности) строго регламентировано и изменяется сравнительно редко. В этом случае формула (9) примет вид:

$$P_{0n} = \bar{P}_0 + e(E(\bar{P}_0) - \bar{P}_0) \sum_{j=1}^n (eE_{2n})^{j-1},$$

или, переходя от ряда, представляющего геометрическую прогрессию, к его сумме, получим:

$$P_{0n} = \bar{P}_0 + e(E(\bar{P}_0) - \bar{P}_0) \frac{1 - (eE_{2n})}{1 - eE_{2n}}.$$

В общем случае модель дает отклик как на изменения обстановки и подготовленности исполнителя, так и на их психологические характеристики и результаты деятельности.

Приведенные зависимости позволяют анализировать влияние различных параметров на работоспособность исполнителей топографо-геодезических и картографических работ, начиная от интенсивности и сложности их деятельности и заканчивая условиями труда, эффективностью средств реабилитации и оптимальностью принятых организационных решений.

Заключение

Для оценки достоверности рассмотренных выше моделей динамики изменения ФС операторов в деятельности были использованы данные экспериментов, полученных ранее.

Сравнение прогнозируемых ФС операторов с их реальными значениями осуществлялось с учетом всего спектра нечеткого определения ФС в отдельные фиксированные промежутки времени (через 1, 4 и 7 суток дежурства).

Для статического анализа использовался модифицированный t -критерий. Результаты оценки по выборке из 35 операторов, несущих дежурство, показали, что в целом экспертно-моделирующий комплекс обеспечивает достоверность прогноза состояний операторов в режиме дежурства на уровне значимости $P = 0,05 \dots 0,1$.

Список источников

1. Петров Д.М., Бирюков А.Н., Гаврилов А.В., Петлик С.С. Методика определения объема внутренних ресурсов организации тре-

буемых для обеспечения выпуска топографо-геодезической продукции в условиях риска // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2024. № 11–12. С. 3–8.

2. Багрецов С.А., Колганов С.К., Львов В.М. Диагностика и прогнозирование функциональных состояний операторов в деятельности. Вопросы проектирования и применения: монография. М.: Радио и связь, 2000. 192 с.

3. Багрецов С.А., Везилов В.Н., Львов В.М. и др. Трансформация синтеза организационных структур сложных систем управления: монография. М.: ГУП «ВИМИ», 1998. 224 с.

4. Шевцов Г.С. Линейная алгебра: теория и прикладные аспекты: учеб. пособие; 3-е изд. испр. и доп. М.: Магистр: ИНФРА-М., 2003. 576 с.

5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.

6. Единые нормы времени и выработки (времени) на геодезические и топографические работы. Ч. 1. Полевые работы. М.: ЦНИИГАиК, 2002. 167 с.

7. Единые нормы времени и выработки (времени) на геодезические и топографические работы. Ч. 2. Камеральные работы. М.: ЦНИИГАиК, 2003. 145 с.

8. Петров Д.М., Гаврилов А.В., Гарифуллин Н.Б. Методический подход при планировании специальных работ по заблаговременной подготовке территорий в топогеодезическом отношении в условиях ограниченного количества ресурсов // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2022. № 11–12. С. 3–7.

9. Васильев И.В., Коробов А.В., Побединский Г.Г. Стратегические направления развития топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации // Вестник СГУГиТ. 2015. № 2. С. 5–23.

10. Власов А.Н. Риск-менеджмент: система управления потенциальными потерями // Бизнес. 2013. № 5. С. 25–32.

11. Риск-менеджмент инвестиционного проекта: учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям; под ред. М.В. Грачевой, А.Б. Сакерина. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. 544 с.

References

1. Petrov D.M., Biryukov A.N., Gavrilov A.V., Petlik S.S. Methodology for determining the amount of internal resources of an organization required to ensure the production of topographic and geodetic products in conditions of risk // Issues of defense technology. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2024. No 11–12. Pp. 3–8.

2. Bagretsov S.A., Kolganov S.K., Lvov V.M. Diagnostics and forecasting of functional states of operators in their activities. Issues of design and application: A monograph. Moscow: Radio and Communications, 2000. 192 p.

3. Bagretsov S.A., Vezirov V.N., L'vov V.M. et al. Transformation of the synthesis of organizational structures of complex management systems: Monograph. Moscow: SUE «VIMI». 1998. 224 p.

4. Shevtsov G.S. Linear algebra: theory and applied aspects: textbook. manual; 3rd ed. ispr. and add. M.: Master: INFRA-M., 2003. 576 p.

5. Saati T. Decision-making. Method of hierarchy analysis. Moscow: Radio and Communications, 1993. 278 p.

6. Uniform standards of time and production (time) for geodetic and topographic work. Part 1. Field work. Moscow: TsNIIGAiK, 2002. 167 p.

7. Uniform standards of time and production (time) for geodetic and topographic work. Part 2. Desk work. Moscow: TsNIIGAiK, 2003. 145 p.

8. Petrov D.M., Gavrilov A.V., Garifullin N.B. A methodological approach to planning special work on the advance preparation of territories in topogeodetic terms in conditions of limited resources // Issues of defense technology. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2022. № 11–12. Pp. 3–7.

9. Vasiliev I.V., Korobov A.V., Pobedinsky G.G. Strategic directions for the development of topographic, geodetic and cartographic support of the Russian Federation // Bulletin of the State University of Economics, 2015. No 2. Pp. 5–23.

10. Vlasov A.N. Risk management: a system for managing potential losses // Business. 2013. No 5. Pp. 25–32.

11. Risk management of an investment project: a textbook for university students studying economics; edited by M.V. Gracheva, A.B. Sakerin. Moscow: UNITY-DANA, 2009. 544 p.