

ти вимоги статті 16 Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» від 24.02.1994 р. №4004-XII та статті 28 Закону України «Про захист населення від інфекційних хвороб» від 06.04.2000 р. №1645-III (**Законів прямої дії!**), а також продовжують здійснювати санітарно-епідеміологічний контроль вантажів, які надходять з-за кордону залізничним транспортом.

Важливим питанням для працівників санепідемстанції, які здійснюють державний санітарно-епідеміологічний нагляд на прикордонних залізничних переїздах, залишається забезпечення працівників форменим одягом, що одночасно є вимогою до всіх служб, які працюють на кордоні. На Львівській залізниці дане питання вирішено шляхом адаптування форменого одягу залізничників для потреб санітарно-епідеміологічної служби зі спеціально розробленими знаками роз-

різнення.

Summary

OPERATING EXPERIENCE OF SANITARY-AND-EPIDEMIOLOGICAL STATION OF THE LVOV LINEAR LENGTH OF THE LVOV RAILWAY IN SANITARY PROTECTION OF THE BORDERS AND TERRITORIES

Bagniuck V., Stobozhick B.

They gave the data about the territory the Lvov linear length station of sanitary-and-epidemiology is responsible for and showed some of its features. The authors treat of the possibility of especially dangerous diseases bringing in and their outbreak among passengers and rail transport workers as well as among the general population. The list of the Technological processes for the State sanitary - and - epidemiological supervision over the raw materials and production bringing in from abroad with rail transport is given.

Адаптация работников транспорта

Adaptation of transport workers

УДК 629.12.06:628.84:577.3:519.6

ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

Голиков В.А.

Украина, Одесская национальная морская академия

Моделирование адаптационных процессов в организме человека преследует две цели: приспособление жизненно важных функций к неадекватным условиям внешней среды; создание технических средств, обеспечивающих адекватные условия внешней среды.

Математическое моделирование начинается с формализованного описания факторов и связей между ними, которые отражают течение любого процесса. Модель всегда лишь частично соответствует действительности. Решение, полученное по модели справедливо лишь до тех пор, пока неконтролируемые переменные сохраняют свои значения, и соотношение между переменными модели сохраняются. Таким образом, чтобы откорректировать принятое решение по управлению объектом необходимо сначала откорректировать математическую модель объекта. Синтез систем автоматического управления и их устойчивость в значительной мере зависит от достоверности информации об объекте управления. Изменение характеристик объекта во времени приводит к состоя-

нию далекому от оптимального. Необходимость построения адаптивных систем, как правило, обусловлено отсутствием адекватных математических моделей объектов и процессов, а также характером и условием функционирования организма в целом.

Математическое описание процесса адаптации представляет значительные трудности из-за сложности изучения человеческого организма как связанных систем гомеостаза. Их невозможно разбить на звенья для решения задач управления традиционными методами теории автоматического регулирования. Попытки такого разбиения имели место в «компаратментальных» моделях терморегуляции [1]. Есть разработки моделей для численной оценки воздействия внешней среды на состояние организма по типу «черного ящика» с использованием теории математической статистики (интегральные показатели адаптивности» [2], а также термодинамический подход к изучению реакций организма на внешние и внутренние факторы [3]. Общим для всех экспериментальных моделей иссле-

дования человека является статическая оценка степени приспособляемости к неадекватным условиям внешней среды.

Необходимо, прежде всего, представить константы теплового состояния организма. Например, среднюю температуру тела (t_T). Пусть эту температуру пытаются изменить n случайных независимых факторов x_1, x_2, \dots, x_n , зависящих от времени. Поскольку воздействие каждого фактора x_i по своей мощности различно, то учёт различия представляется степенью каждого фактора $x_i^{k_i}$. Последнее очевидно, поскольку произведение случайных величин (и соответственно степень) есть то общее, против чего организму приходится бороться. Поэтому воздействие на организм всех факторов можно представить в виде случайной величины X , равной произведению конкретных случайных величин $x_i^{k_i}$.

$$X = x_1^{k_1} \cdot x_2^{k_2} \cdot \dots \cdot x_n^{k_n}, \text{ а}$$

математическое ожидание $M[X]$

$$M[X] = M[x_1^{k_1} \cdot x_2^{k_2} \cdot \dots \cdot x_n^{k_n}]$$

Любая из констант человеческого тела может быть представлена в виде величины Y , которая рассматривается как функция от $M[X]$:

$$Y = Y(M[X]).$$

Функция (3) должна обладать определенными свойствами: значения Y должны давать постоянную величину для каждой из констант тела человека; функция Y определяется эмпирически. В первом приближении ее можно считать линейной, т.е.

$$Y = kM[X] + b.$$

Однако это приближение не всегда верно.

Отклонение от средних значений констант организма можно представить в виде дисперсии

$$D[X] = M[(X - M[X])^2].$$

Оценку влияния отдельных случайных величин, а также их совместное воздействие на организм человека учитывается с помощью смешанных моментов k_{ij} первого порядка.

$$k_{ij} = M[x_i \cdot x_j] = \int \int (x_i - M[x_i]) \cdot (x_j - M[x_j]) f(x_i, x_j) dx_i dx_j,$$

Тогда все внешние воздействия можно представить известной корреляционной матрицей

$$k = (k_{i,j})_{i,j=1}^n$$

Вид функции распределения $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$, а также плотности распределения $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ зара-

нее неизвестны. Они определяются экспериментально. Результаты таких экспериментов указывают на возможность предположения, что x_1, \dots, x_n подчиняются нормальному закону.

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{\sqrt{|k|}}{\sqrt{(2\pi)^n}} \exp\left[-\frac{1}{2} Q(x_1, \dots, x_n)\right]$$

где $Q(x_1, \dots, x_n)$ – положительно определенная квадратичная форма, $|k|$ – определитель корреляционной матрицы.

Число описанных случайных величин конечно. В принципе можно рассматривать бесконечные последовательности случайных величин или случайную функцию $X(t)$ с дискретным или непрерывным временем $x_i = x(t_i)$.

С некоторой погрешностью можно принять функцию распределения, совпадающую с марковской

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = F(x_1)F(x_1/x_2) \dots F(x_{n-1}/x_n)$$

Это положение основывается на том, что физиологические реакции организма на очередной раздражитель откликаются лишь на приращение величины раздражения, а не на всю величины раздражителя. Этот результат как раз укладывается в рамки представленной выше функции распределения, в которой $F(x_{i-1}/x_i)$ есть условная функция распределения, которая учитывает лишь предыдущее воздействие.

Если отказаться от представления случайной функции $X(t)$ марковской функцией распределения, то возможности математического описания воздействий внешней среды на организм человека можно осуществить с помощью потоков событий или случайных процессов. Для определения потока, как известно, вводятся следующие понятия:

- вероятности $P_k(t_0, t)$ поступления k условий за время (t_0, t) , что можно истолковать как вероятность резкого изменения климата;
- $F(t) = P(T < t)$ – функция распределения случайной величины T , равной промежутку времени между двумя последовательно поступившими условиями например, за сутки (t) температура изменилась с -10°C до $+10^\circ\text{C}$;
- $M(t_0, t)$ – математическое ожидание (среднее число условий, поступивших за время (t_0, t)).

Вводится также интенсивность потока $I(t)$. При долговременной адаптации поток воздействий окружающей среды на организм человека можно считать стационарным

$$M(t) = I \cdot t$$

Например, многолетнее плавание по одному маршруту – повторяющийся процесс

с определенным периодом. В этих условиях, в первом приближении, среднее число поступлений воздействий окружающей среды за время T можно считать равным произведению интенсивности I на время τ .

Кроме вероятностных подходов при построении математических моделей динамики гомеостатических систем организма, широко используются законы сохранения энергии. Процесс адаптации организма разделяется на n факторов. Для каждого фактора вводятся два состояния – фактическое $y_{i\phi}$ и текущее оптимальное $y_{i\tau}$. Адаптация оценивается производной по времени от $y_{i\phi}$ и считается, что

$$\frac{dC_{iD}}{d\tau} = m_i (y_{i\tau} - y_{iD}), i = \left(\overline{1-n} \right).$$

где m_i – приведенная антропологическая характеристика тела.

Последняя система записана для физиологически устойчивого состояния организма и адекватных условий среды. Патологическое состояние организма оценивается дополнительной функцией. Основным недостатком такой модели (как и ранее приведенных), является идентифицируемость на узком интервале внешних воздействий на организм.

Касаясь физических основ механизма адаптации [4], следует иметь в виду, что все автоколебательные системы организма обладают жестким механизмом возбуждения, т.е., когда колебания могут нарастать, только начиная с определенной пороговой амплитуды. Это условие определяется свойствами нервной системы: нервный импульс может возникать только при силе раздражения выше порогового уровня; ниже этого уровня импульс отсутствует, а выше – имеет всегда одну форму и скорость независимо от раздражения. Отклик биообъектов на колебания внешней среды появляется в ближней окрестности колебаний с частотами накачки $\nu_H = 2 \nu_0 \cdot n^l$, где ν_0 – собственная частота осциллятора, n – целое число. Ширина этой окрестности тем больше, чем больше амплитуда изменения параметра. В то же время ширина не может расти беспредельно, поскольку организм стремится погасить излишнюю амплитуду колебаний. По этой причине не могут беспредельно длиться резонансные процессы: они имеют место до тех пор, пока все задействованные системы не вернут организм в состояние оптимального функционирования. По сути, этот процесс и есть адаптация, а время, необходимое для перестройки организ-

ма – время адаптации.

В процессе эволюции человек постоянно приспосабливался к ритмике внешней среды. Поэтому наряду с гомеостазом действуют автоколебательные системы, в которых «записаны» особо устойчивые ритмы на уровне характерных частот протекания внутренних процессов. Так при увеличении широтной разницы между пунктами пребывания усугубляются отрицательные эффекты в самочувствии по причине длительной адаптации организма. Длительность адаптации определяется не только периодом стабилизации основных гомеостатических констант, но и тем насколько основательна частотная перестройка организма.

Исследование замкнутых систем начинается с установления зон устойчивости: в малом, если регуляторные процессы не позволяют стабилизируемому параметру выходить за зону нечувствительности; в большом, если возмущенное движение по истечении некоторого времени войдет в заданную область стабилизации параметра.

Устойчивость в малом характерна для нейтральных систем, а полное отсутствие устойчивости характерно для систем с неустойчивым регулированием.

Из сказанного следует, что в зависимости от величины и интенсивности внешнего возмущения даже устойчивая система управления может стать колебательной или неустойчивой.

Адаптационные процессы в организме человека формируются на фоне неустойчивого движения систем как за счет перенастройки программ в регулирующих органах, так и непосредственно в объекте управления, который представлен в виде материального тела, обладающего инерционностью, упругостью и сопротивляемостью.

Наиболее полно объекты управления в процессах адаптации представляются типичными звеньями с передаточными функциями:

- линейными (интегратор с апериодическим звеном)

$$W_{(p)} = \frac{k}{p(T_p + 1)};$$

- нелинейным (колебательным звеном)

$$W_{(p)} = \frac{k}{T^2 p^2 + 2T\xi p + 1};$$

- линейное с запаздыванием

$$W_{(p)} = \frac{ke^{-\tau p}}{p(Tp + 1)},$$

где k - коэффициент передачи; T - постоянная времени; τ - декремент затухания; t - время запаздывания.

Известны модели адаптации, использующие 2-й закон Ньютона для поступательного движения [5], консервативное звено (ядро, оболочка) [6].

Регуляторы в моделях адаптации из-за сложности получения экспериментальных характеристик реализуют П-закон регулирования.

$$m = k_p f,$$

где μ - регулирующее воздействие; k_p - коэффициент передачи регулятора; f - регулируемая величина.

Степень идентификации модели зависит от точности установления закономерностей изменения k_p от внутренних и внешних возмущений на объект и регулятор. Что касается процессов адаптации, то в нем задействованы не только параметр настройки регулятора, но параметры объекта управления: T и k . Это, в первую очередь, изменение или перераспределение массы органов тела, их упругости и сопротивляемости.

Изменение законов регулирования, например, ПД (пропорционально-дифференциального), достигается тренировками к предстоящим нагрузкам или возмущениям.

Дифференциальная составляющая действует в период тренировки (адаптации) и прекращает действие при стабилизации регулируемого параметра на прежнем или новом уровне.

Выводы

1. Перед моделированием процессов адаптации следует установить зоны устойчивости рассматриваемой системы.
2. Формализовать модель объекта управления как минимум нелинейным звеном второго порядка, а регулятору придать П-закон регулирования.
3. Идентифицировать модель путем экспериментального установления законов изменения постоянных времени и коэффициентов передачи элементов системы в зависимости от нагрузки и внешних возмущений.
4. Для адаптационного процесса разработать временной алгоритм стабилизации регулируемого параметра на прежнем или новом уровне при действии неадекватных

нагрузок и возмущений.

5. Рекомендуемый подход к моделированию стабилизации гомеостатических констант позволяет на порядок повысить идентифицируемость динамических процессов в зависимости от величины внешних возмущений.

Литература

1. Биологическая и медицинская кибернетика. Справочник /Минцер О.П., Мометков В.Н., Угаров Б.Н. и др. – К.: Наукова думка, 1986.-375с.
2. Кушниренко Э.Ю., Матюхин В.Н. Интегральный показатель функционального отклика организма на воздействие множества факторов внешней среды // Бюл. СОАМН СССР.-1986.-№5.-С.73-82.
3. Зотин А.И. Термодинамическая основа реакции организмов на внешние и внутренние факторы. - М.: Наука, 1988.-272с.
4. Khabarova O. The influence of cosmic weather on the Earth // Intern. School of Space Science. Book of Proceedings of the 10-th course on "Sun –Earth Connection and Space Weather" (L'Aquila 2000), Society Italiana di Fisica, 2001. - p.p. 56-62.
5. Овчинников П.Ф., Голиков В.А. Математические модели адаптации человека к окружающей среде // Док. НАН України, 2000, №2.
6. Голиков В.А., Бурденко А.Ф., Цюпко Ю.М. Математическое моделирование процессов теплообмена организма человека с окружающей средой // Судове энергетические установки: науч.-техн. сб. - 2003.- Вып.8.-О.: ОНМА.-С.104-115.

Summary

THE PROBLEMS OF ADAPTIVE PROCESSES SIMULATION IN A HUMAN BODY

Golikov V.A.

In the work presented some modern approaches to the simulation of adaptive processes in a human body are set forth. The author considers critically the existing probable approaches at construction of the systems dynamics and widely used law of conservation of energy. The variants of a body's pathological state estimation with highlighting of the acting simulations main drawbacks are examined. The approach to the stabilization of homeostatic constants offered, allows to increase identification of dynamic processes depending on the quantity of outer disturbances and perturbations.

Реферат

ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ
АДАПТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В ОРГАНІЗМІ
ЛЮДИНИ

Голіков В.А.

В роботі викладені сучасні підходи до моделювання адаптаційних процесів в організмі людини, з урахуванням критичного осмислення наявних вірогідних підходів при будові математичної моделі динаміки гомеостатичних систем організму і широко викори-

стовуємих законів збереження енергії. Розглянуті варіанти оцінки патологічного стану організму з розбором основних недоліків діючих моделей. Запропонований підхід до моделювання стабілізації гомеостатичних констант дозволяє на порядок підвищити здібність до ідентифікації динамічних процесів в залежності від розміру зовнішніх збурень.

УДК 612.12+612.46]: 612.015.3:612.08

ПОКАЗАТЕЛИ КАРДИОГЕМОДИНАМИКИ, ПОЧЕЧНЫХ ФУНКЦИЙ И
ГУМОРАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ВОДНО-СОЛЕВОГО ОБМЕНА У
ЗДОРОВЫХ ЛИЦ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕВЕСОМОСТИ В
АНТИОРТОСТАЗЕ

Гоженко А.И., Билецкий С.В.

Одесский государственный медицинский университет.
Буковинская государственная медицинская академия.

Вступление. Изучение механизмов адаптации организма человека к изменяющимся условиям жизнедеятельности и экстремальным факторам внешней среды является актуальным в связи с развитием авиации, космонавтики, подводного флота, интенсивным освоением подземных недр, высокогорья. Особый интерес представляет механизм перестройки кардиогемодинамики и волюморегулирующей функций почек в условиях космического полета и при моделировании невесомости [4, 5, 14]. Для наземного моделирования эффектов невесомости широко используют пребывание человека и животных в "сухой" и водной иммерсионной среде, а также в условиях горизонтальной и антиортостатической гипокинезии [8, 9, 11]. Полученные в различных модельных условиях экспериментальные данные свидетельствуют о развитии однонаправленных фазовых изменений со стороны центральной гемодинамики (ЦГД) и функций почек, сходных с изменениями в условиях реального полета [3, 11, 14]. Однако каждая из использованных моделей невесомости имеет свои недостатки, причем в большинстве работ проводили изучение механизмов адаптации только гемодинамики или водно-солевого обмена и гормональных механизмов его регуляции при длительном воздействии факторов космического полета. Значительно меньше изучен начальный период адаптации к невесомости,

при котором исследования почечных функций проводились без учета типа ЦГД.

Цель исследования. Изучить функциональное состояние сердца и почек в начальном периоде увеличения венозного возврата крови к сердцу в антиортостазе в условиях обычной газовой среды с целью прогнозирования последующей адаптации сердечно-сосудистой системы здорового человека к возникающим гемодинамическим сдвигам в невесомости.

Материал и методы исследования. Всего обследовано 73 здоровых лица (63 мужчин и 10 женщин). Возраст обследуемых колебался от 22 до 52 лет. Определяли общепринятыми методами систолическое, диастолическое и среднее динамическое давление. Показатели ЦГД исследовались методом тетраполярной грудной реографии на приборе РПГ2-02 по методике Кубичека в модификации Ю.Т.Пушкаря и соавт. [15]. Регистрирующим устройством служил поликардиограф ЭК6Т-01. Рассчитывали по общепринятым формулам ударный (УОК) и минутный (МОК) объемы крови, сердечный индекс (СИ), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС), удельное периферическое сопротивление (УПС), объемную скорость выброса (ОСВ), мощность выброса (Р), работу левого желудочка ($A_{уд.}$), расход энергии сердечных сокращений на передвижение 1 л кро-