		Незначительные отступления от требований проекта — отсутствие в полном объеме контрольно-измерительной аппаратуры; недоукомплектованность персонала службы эксплуатации.
3	Отсутствует	На объекте имеется ПЛА, заключение МЧС о готовности объекта к локализации и ликвидации аварий, система оповещения и аварийный запас строительных материалов. Создана аварийно-спасательная бригада. Состояние дорог и подъездов в районе ограждающей дамбы и на прилегающей территории - удовлетворительное.

Первичная обработка показаний контролируемых параметров произведена методом натурных наблюдений. Хвостохранилище относится к сооружениям II класса капитальности. Устойчивость намывных дамб обеспечена расчетами. Анализ условий возникновения и развития гидродинамических аварий показывает, что наиболее опасным видом гидродинамической аварии может быть размыв ограждающей дамбы хвостохранилища. На прилегающей территории, которая может оказаться в зоне поражения, в случае гидродинамической аварии, населенных пунктов и гражданских объектов нет. Чрезвычайная ситуация, приводящая к затоплению прилегающей к хвостохранилищу территории, относится к объектовой чрезвычайной ситуации. Ситуация, в результате которой может произойти загрязнение водного бассейна р. Бухтарма – местная чрезвычайная ситуация.

Вывод. Оценка риска аварии на основании экспертного анализа на примере хвостохранилища Зыряновского ГОКа показала, что работа пруда-отстойника соответствует требованиям эксплуатации. В зоне затопления волной прорыва хвостохранилища возможно возникновение чрезвычайной ситуации местного масштаба, которое может иметь место только при крайне неблагоприятном стечении факторов природного и эксплуатационного характера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шатанов А.А., Тажигулова Б.К., Куканов Р.А. Экологические аспекты проблемы использования ресурсов рек Нарын-Сырдаринского бассейна // Вестник КазГАСА. – 2004. – С. 213-218.
2. Быков А.А., Демин В.Ф., Шевелев Я.В. Развитие основ анализа риска и управления безопасностью // Сб. науч. тр. ИАЭ им. И.В. Курчатова. – М.: Изд-во ИАЭ, 1989. – С. 11-15.
3. Жараспаев М.Т., Куканов Р.А. Анализ риска гидродинамических аварий и оценка возможных чрезвычайных ситуаций // Вестник КазНТУ. – 2010. – № 5. – С. 167-169.

ОБЩЕСТВЕННО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 517.928.4:517.929.4

Дюсембина Жанар Какеновна – к.т.н., и.о. доцента (Алматы, Алматинский технологический университет)

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОЦЕССА ЛЕГОЧНОГО ХЕМОСТАТА МЕДИКО- БИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Проблема устойчивости медико-биологической системы является одной из главных проблем математической экологии и биомедицины. Под «устойчивостью» понимают обычно сохранение числа видов в данном биологическом сообществе, отсутствие колебаний численности популяций, входящих в сообщество. Задача синтеза векторного управления из заданного класса для управляемых медико-биологической системы и популяционной динамики сообщества с самолимитированием математическими моделями представлена в виде квазилинейных уравнений. Так как математическая теория устойчивости имеет дело не с реальными объектами, а с их математическими моделями, в этой статье рассмотрены модели биомедицины и исследована квазилинейная система управления дыхательного хемостата на конечном интервале времени.

Действуем на изолированную управляемую систему, изменяя $F^I_{CO_2}$, она ведет себя, как простая линейная система с постоянными коэффициентами. Концентрация $CO_2(F^I_{CO_2})$ действует как непосредственное вынуждающее воздействие. Когда на управляемую систему действует дыхательный центр, то это воздействие проявляется через вентиляцию $\dot{V}_A$. Из уравнений дыхательного хемостата

$$\frac{K_A K_T}{Q\dot{V}_A}\ddot{\theta}_T + \left[\frac{K_A}{\dot{V}_A} + \frac{K_T B A_S}{\dot{V}_A} + \frac{K_T}{Q}\right]\dot{\theta}_T + \theta_T = \tag{1}$$

$$= B A_S F^I_{CO_2}(t) + \frac{B A_S MR}{\dot{V}_A} + \frac{MR}{Q} + A_i.$$

$$\frac{K_A K_T}{Q\dot{V}_A}\ddot{\theta}_A + \left[\frac{K_A}{\dot{V}_A} + \frac{K_T B A_S}{\dot{V}_A} + \frac{K_T}{Q}\right]\dot{\theta}_A + \theta_A = \tag{2}$$

$$= F^I_{CO_2}(t) + \frac{K_T}{Q}\dot{F}^I_{CO_2}(t) + \frac{MR}{\dot{V}_A}.$$

где K_A - объем легочного резервуара, K_T - объем тканевого резервуара, Q - минутный объем сердца, B - атмосферное давление, A_S и A_i - соответственно наклон линейной кривой поглощения и ордината точки ее пересечения с осью ординат, переменные θ_T и θ_A - концентрация углекислого газа соответственно в тканях и в легких, параметр $\dot{V}_A$ не только играет роль непосредственно вынуждающего воздействия, но входит также и в коэффициенты слева.

Системы с параметрическим воздействием не так просты с математической точки зрения. Если цепь обратной связи разомкнута, а в качестве вентиляции $\dot{V}_A$ была взята произвольная функция времени, уравнение системы, оставаясь линейным, имеет переменные коэффициенты. Поэтому, когда мы замыкаем цепь обратной связи (при этом вентиляция $\dot{V}_A$ становится функцией θ_T), то уравнение замкнутой системы становятся нелинейными. В биологических системах часто встречаются нелинейность, возникающая благодаря обратной связи через параметры. С математической точки зрения было бы лучше, если бы наша система реагировала на изменения концентрации углекислого газа $F^I_{CO_2}$ уменьшением уровня метаболизма MR, а не увеличением вентиляции $\dot{V}_A$. В этом случае она представляла бы собой линейный регулятор с «хорошим» поведением, для исследования которого можно было бы применить математические методы [1].

Простейшим параметрическим воздействием является скачкообразное изменение параметра $\dot{V}_A$ от значения $\dot{V}_{A_0}$ до значения $\dot{V}_{A_1}$ в момент $t = 0$, после чего вентиляция остается постоянной. Тогда параметры системы при $t > 0$ будут постоянными и проблема изучения поведения системы в основных чертах сходна со случаем непосредственного вынуждающего воздействия. Разница заключается лишь в определении начальных условий. Мы не можем определить их только по уравнениям второго порядка (1) и (2). Поэтому надо использовать более подробную информацию, содержащуюся в уравнениях

$$\dot{\theta}_A = \frac{1}{K_A}[\dot{V}_A(F^I_{CO_2} - \theta_A) + Q(\theta_T - BA_S\theta_A - A_i)] \qquad (3)$$

и

$$\dot{\theta}_A = \frac{1}{K_A}[MR - Q(\theta_T - BA_S\theta_A - A_i)]. \qquad (4)$$

Заметим, что до момента $t = 0$ (при условии $F^I_{CO_2} = 0, \dot{V}_A = \dot{V}_{A_0}$) концентрации θ_A и θ_T и их производные имеют следующие значения :

$$\theta_T = BA_S\, MR/\dot{V}_{A_0} + MR/Q + A_i;\ \ \theta_A = MR/\dot{V}_{A_0};\ \ \dot{\theta}_A = \dot{\theta}_T = 0.$$

В момент $t = 0$ величина вентиляции изменяется скачком от значения V_{A_0} до значения $\dot{V}_{A_1}$. Подставив эту величину, а также выписанные выше значения θ_A и θ_T в уравнение (3) получим, что влияние параметрического воздействия, помимо изменения (постоянных) коэффициентов уравнения, сводится к тому, что начальное значение производной $\dot{\theta}_A$ становится равным

$$\dot{\theta}_A = (MR/K_A)\left[1 - \dot{V}_{A_1}/\dot{V}_{A_0}\right].$$

Это напоминает влияние импульсного члена концентрации $F^I_{CO_2}$ в уравнении (2). Таким образом, при заданных значениях коэффициентов при $t > 0$ безразмерные переходные процессы по параметрам θ_T и θ_A при параметрическом воздействии за счет скачкообразного изменения вентиляции $\dot{V}_A$ идентичны переходным процессам при непосредственном воздействии на систему за счет изменения $F^I_{CO_2}$. Однако, когда мы говорим «для данных значений коэффициентов при $t > 0$ », мы должны помнить, что в отличие от непосредственного воздействия за счет $F^I_{CO_2}$, параметрическое воздействие (изменение вентиляции) изменяет значения этих коэффициентов в момент $t = 0$.

Если функция $\dot{V}_A(t)$ отлична от скачкообразной, то изложенный выше простой метод анализа больше неприменим. Хотя уравнения (1) и (4) справедливы независимо от того, остается ли вентиляция $\dot{V}_A$ постоянной или же является произвольной функцией времени, уравнение (2) должно быть заменено более сложным [2].

Управляющая система должна быть «простым пропорциональным регулятором, не содержащим динамических элементов». Предположим теперь, что подобное же соотношение может быть записано в таком виде, чтобы в него входила концентрация θ_T, и, что оно справедливо как для переходного, так и для установившегося режима. В соответствии со сказанным, запишем уравнение управляющей системы в следующем виде:

$$\dot{V}_A = k_p\left[\theta_T - \theta_{Ti}\right] + \dot{V}_{Ar}. \qquad (5)$$

$$\ddot{\Phi}_{11} + 2b\omega_n\ddot{\Phi}_{11} + \omega_m^2\Phi_{11} = 0, \qquad \ddot{\Phi}_{12} + 2b\omega_n\ddot{\Phi}_{12} + \omega_m^2\Phi_{12} = 0. \tag{6}$$

где θ_{Ti} - уставка, $\dot{V}_{Ar}$ - сигнал смещения, k_p- коэффициент усиления пропорционального регулятора, Φ_{11}, Φ_{12} - компоненты фундаментальной матрицы решений уравнения управляющей системы, ω_n-собственная угловая частота системы управления дыхательного хемотата.

Отметим, что возмущение $F^I_{CO_2}(s)$ является непосредственным вынуждающим воздействием для управляемой системы, а управляющая величина $\dot{V}_A(s)$ возбуждает систему за счет параметрического воздействия. Последнее является источником нелинейности системы, в чем можно убедиться, подставив уравнение (5) в (6). Мы получим следующее уравнение замкнутой системы относительно θ_T:

$$a\ddot{\theta}_T + \beta\dot{\theta}_T + \gamma\dot{\theta}_T\theta_T + \theta_T^2 + \eta\theta_T = \lambda, \tag{7}$$

где

$$\alpha \equiv \frac{K_A K_T}{k_p Q},$$

$$\beta \equiv \frac{K_A + K_T B A_S}{k_p} - \frac{K_T \theta_{Ti}}{Q} + \frac{K_T \dot{V}_{Ar}}{k_p Q},$$

$$\gamma \equiv \frac{K_T}{Q},$$

$$\eta \equiv \frac{\dot{V}_{Ar}}{k_p} - \theta_{Ti} - BA_S F^I_{CO_2} - \frac{MR}{Q} - A_i,$$

$$\lambda = \frac{BA_S MR}{k_p} + \left[\frac{\dot{V}_{Ar}}{k_p} - \theta_{Ti}\right]\left[BA_S F^I_{CO_2} + \frac{MR}{Q} + A_i\right].$$

Уравнение (7) представляет собой нелинейное дифференциальное уравнение, так как оно содержит слагаемые второй степени $\dot{\theta}_T\theta_T$ и θ_T^2. Поскольку $\dot{V}_A$ есть линейная алгебраическая функция концентрации θ_T [уравнение (5)], то уравнение замкнутой системы относительно $\dot{V}_A$ по форме было бы идентично уравнению (7). Относительно θ_A также может быть получено сложное нелинейное уравнение [2].

Уравнения движения (5) можно привести к следующему виду, полагая $y = \theta_T$:

$$M\frac{d^2y}{dt^2} + R\frac{dy}{dt} + Ky = F, \tag{8}$$

где

$$M = \frac{K_A K_T}{Q\dot{V}_A}, \quad R = \frac{K_A}{\dot{V}_A} + \frac{BA_S K_T}{\dot{V}_A} + \frac{K_T}{Q}, \quad K = 1,$$

$$F = BA_S F^I_{CO_2}(t) + \frac{BA_S MR}{\dot{V}_A} + \frac{MR}{Q} + A_i.$$

Собственная угловая частота:

$$\varpi_n = \left(\frac{K}{M}\right)^{1/2} = \frac{1}{\sqrt{M}}.$$

Коэффициент затухания:

$$b = \frac{R}{2(KM)^{1/2}} = \frac{R}{2\sqrt{M}}.$$

Следовательно, уравнение (8) примет вид:

$$\frac{1}{\varpi_n^2} \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{2b}{\varpi_n} \cdot \frac{dy}{dt} + y = \left[\frac{1}{K}\right] F = F \tag{9}$$

или

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 2b \cdot \varpi_n \frac{dy}{dt} + \varpi_n^2 y = \varpi_n^2 F \tag{10}$$

с краевыми условиями

$$y(0) = y_0, \qquad \dot{y}(0) = y_1, \qquad y(T) = y_T, \qquad \dot{y}(T) = 0.$$

С помощью замены переменных

$$x = y - y_T$$

имеем, что

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2b \cdot \varpi_n \frac{dx}{dt} + \varpi_n^2 (x + y_T) = \varpi_n^2 F,$$

или

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2b \cdot \varpi_n \frac{dx}{dt} + \varpi_n^2 x = \varpi_n^2 (F - y_T) = u,$$

где

$$x = x_1, \qquad u = \varpi_n^2 (F - y_T).$$

Тогда стабилизирующее управление принимает вид, обеспечивающий устойчивость на конечном отрезке времени, т.е. $x(T) = 0$ [3]:

$$u(t,x) = -K_{12}(t)x_1 - K_{22}(t)x_2 + \frac{C_{11}(t)x_1^2 + C_{12}(t)x_1 x_2 - C_{22}(t)x_2^2}{1 - \beta_3 x_2 - \eta_4 x_1}, \quad t \in [0, T)$$

где $K_{12}(t)K_{22}(t)$ - компоненты матрицы стабилизирующего управления; $C_{11}, C_{12}, C_{22}\ \beta_3, \eta_4$ - коэффициенты скалярной функции стабилизирующего управления соответственно при переменных $x_1^2, x_1 x_2, x_2^2, x_1, x_2$; x_1 - переменная концентрации углекислого газа в тканях; $x_2 = \dot{x}_1$.

Полученное управление при параметрическом возбуждении дает определенные рецепты по замыканию протекающего процесса и, хотя механизмы регулятора могут потребовать детального рассмотрения, предложенный подход дает ответ на вопрос обеспечения желаемого состояния. От последних результатов нетрудно восстановить исходные обозначения переменных дыхательного хемостата.

Вывод. В статье исследован на устойчивость дыхательный хемостат на конечном интервале времени. Решена задача стабилизации биомедицинской системы дыхательного хемостата для случаев линейной и квазилинейной систем управления и неустановившегося режима. Проведено моделирование процесса в замкнутой системе управления процессом дыхательного хемостата при различных значениях коэффициента затухания и собственной угловой частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ла-Салль Ж. Лефшец С. Исследование устойчивости прямым методом Ляпунова. – М.: Мир, 1964. – 117 с.

2. Гродингз Ф. Теория регулирования и биологические системы. М.: Мир, 1966. – 37 с.

3. Абгарян К.А. Введение в теорию устойчивости движения на конечном интервале времени. – М.: Наука, 1992. – 87 с.

ИННОВАЦИИ В ВЫСШЕМ, ТЕХНИЧЕСКОМ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИЯХ

УДК 681.142.2

Лукашенок Наталья Дмитриевна – к.т.н., доцент (Алматы, КазАТК)
Мукашева Гульбану Ануаровна – старший преподаватель (Алматы, КазАТК)
Нурбакова Гулия Серикмухаметовна – старший преподаватель (Алматы, КазАТК)

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ БАКАЛАВРИАТА

Образование в вузе должно обеспечить не только полноценную теоретическую профессиональную подготовку студента, но и готовность его к дальнейшему развитию или самообразованию. Последний компонент содержания образования особенно важен для динамично развивающегося современного общества, в котором каждый должен уметь самостоятельно оценивать себя, самостоятельно принимать решения, определять содержание своей деятельности и находить средства ее реализации. Поэтому процесс обучения перестраивается в настоящее время так, чтобы обеспечить возможность и готовность осуществлять непрерывное образование.

Согласно государственному общеобязательному стандарту: «Каждый академический час лекционных, практических (семинарских) и студийных занятий обязательно сопровождается 2 часами (100 минут) самостоятельной работы студента в бакалавриате» [1].

Самостоятельная работа студента (СРС) является способом углубленного изучения отдельных тем лекционных, лабораторных и практических аудиторных занятий. Исходя из этого, данный вид занятия можно рассматривать как буфер для выравнивания скоростей:

— с одной стороны, усваивания материала различными категориями студентов;

— с другой, весь аудиторный материал, недостаточно освещенный аудиторными занятиями, но обязательный для освоения студентами, распределяется между часами СРС.

Содержание самостоятельной работы носит двусторонний характер:

— с одной стороны – это способ деятельности студентов во всех организационных формах учебных занятий и во внеаудиторное время, когда они самостоятельно изучают материал, определенный содержанием учебной программы;

— с другой стороны – это вся совокупность учебных заданий, которые должен выполнить студент во время обучения в академии: перевести, например, определенное