

В.А. Минаев¹, А.О. Фаддеев², Р.М. Данилов³
(¹НОУ ВПО Российский новый университет, ²Академия Федеральной службы исполнения наказаний России, ³Дальневосточный юридический институт МВД России;
e-mail: m1va@yandex.ru)

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ РИСКИ В ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Аннотация. Статья посвящена вопросам управления геодинамическими рисками в территориальных социально-экономических системах. Предложена методика построения функциональной системы управления (ФСУ) геодинамическим риском.

Ключевые слова: геодинамический риск, функциональная система управления, территориальные социальные и экономические системы.

V.A. Minaev, A.O. Faddeev, R.M. Danilov
**GEODYNAMICS RISKS IN TERRITORIAL
SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS**

Abstract. Article is devoted to questions of management by geodynamics risks in territorial social and economic systems. The construction technique of functional control system (FCS) by geodynamic risk is offered.

Key words: geodynamic risk, functional control system, territorial social and economic systems.

Статья поступила в редакцию 27 сентября 2010 г.

Введение

Развитие современного общества является устойчивым, если в нем осуществляется саморегуляция взаимоотношений человека с окружающей средой и обеспечивается удовлетворение его потребностей и современного общества без причинения ущерба для будущих поколений.

Проблема обеспечения безопасности человека, общества и природной среды является сложной, многоуровневой и многоаспектной [1, 3, 4, 12-16, 18]. В настоящее время в качестве концепции развития общества рассматривается концепция устойчивого (стабильного) развития [1, 2, 4-6, 10, 11, 13]. Данная концепция явилась отправной точкой не только для "Декларации по окружающей среде и устойчивому развитию", но и для другого важного документа, подписанного в Рио-де-Жанейро – "Повестка дня на XXI век".

Одной из насущных проблем при претворении в жизнь данной концепции является обеспечение безопасности населения и территорий от опасных процессов и явлений геодинамического происхождения.

Одной их задач, возникающих при обеспечении безопасности на какой-либо территории, называемой далее территориальной социально-

экономической системой (ТСЭС), является снижение или предотвращение рисков (вероятностей потерь, ущерба) геодинамического характера.

Рассматривая данный вопрос с позиций системного подхода, нами ранее было предложено рассматривать среду ТСЭС как пространство динамических квадруполей, между которыми установлены многозначные вероятностно-детерминированные соответствия, подчиняющиеся синхронизированным периодическим изменениям, а определение *уровня геодинамического риска* и выбор механизма управления связан с анализом структуры пространства динамических квадруполей и оценки его состояния [9, 17]. При этом очень важным является учет не только природно-техногенного, но и социально-антропологического фактора.

На основании данного подхода предлагается технология аналитического построения проблемно-ориентированной ФСУ геодинамическим риском для ТСЭС.

1. Построение функциональной системы управления геодинамическим риском

Рассмотрим кратко реализацию данной технологии на примере ТСЭС туристско-рекреационного назначения, поскольку для этого типа ТСЭС в последнее время все более актуальными становятся вопросы обеспечения их безопасного и устойчивого развития.

ФСУ геодинамическим риском для ТСЭС туристско-рекреационного назначения представляет собой функцию от нескольких переменных (функций – компонент) $V = f(V_R, V_K, V_N, V_C, V_P)$:

$$V(\eta) = \lambda_1 V_R(\eta) + \lambda_2 V_K(\eta) + \lambda_3 V_N(\eta) + \lambda_4 V_C(\eta) + \lambda_5 V_P(\eta), \quad (1)$$

где λ_i ($i = 1, \dots, 5$) – "веса" (значимости) функций компонент;

η – характеристическое время ($\eta \in [0; 1]$).

Каждая из функций-компонент также представляет собой достаточно сложную функциональную зависимость (табл. 1).

Все функции, входящие в соотношение (1), имеют физический смысл интенсивности и полезности управляющего воздействия для конкретной ТСЭС в заданный момент характеристического времени. В плане оптимизации управляющих воздействий значимым является вопрос оценки коэффициентов λ_i , входящих в уравнение (1).

Под характеристическим временем понимаются относительные значения величины η , принадлежащие интервалу, соответствующему периоду времени (циклу управления), по истечении которого среда ТСЭС либо переходит в режим самоуправления, либо необходимо повторное принудительное управляющее воздействие.

В качестве реального цикла управления может быть взят любой временной интервал (месяц, год, десятилетие и т.п.). Для унификации предлагаемого подхода этот интервал принимается в относительных единицах, то есть интервал вида $[0; 1]$.

Характеристики функции управления геодинамическим риском
в ТСЭС туристско-рекреационного назначения

№	Название функции-компоненты	Обозначение функции-компоненты	№	Названия характеристик функций-компонент	Обозначения характеристик
I	Процедура ранжирования уровня безопасности	V_R	1	Сезонность	V_{R1}
			2	Вид туризма	V_{R2}
			3	Территориальный признак	V_{R3}
			4	Относительная туристская наполняемость ТСЭС	V_{R4}
			5	Длительность туристского мероприятия	V_{R5}
II	Процедура определения классов оцениваемых опасностей	V_K	1	Мониторинг окружающей среды	V_{K1}
			2	Оценка характеристик среды по данным мониторинга	V_{K2}
			3	Математическое моделирование опасностей	V_{K3}
			4	Установление ранее неизвестных характеристик среды по результатам математического моделирования	V_{K4}
III	Процедура разработки рекомендательной документации	V_N	1	Прогноз состояния оцениваемой ТСЭС	V_{N1}
			2	Разработка рекомендаций, норм и правил	V_{N2}
			3	Разработка стратегии управления	V_{N3}
IV	Процедура регулирования туристско-рекреационной деятельности	V_C	1	Инженерная защита	V_{C1}
			2	Организационно-административное регулирование	V_{C2}
			3	Информационное регулирование	V_{C3}
V	Процедура оптимизации управленческой деятельности в ТСЭС	V_P	1	Мониторинг управления	V_{P1}
			2	Корректировка прогноза	V_{P2}
			3	Оптимизация стратегии управления	V_{P3}

Методически при аналитическом построении функциональной системы управления весь цикл управления разбивается на четыре равных интервала (подцикла) $\eta_I, \eta_{II}, \eta_{III}, \eta_{IV}$.

За время функционирования подцикла η_I идет формирование первоначальной структуры управления, собирается информация о системе, над которой осуществляется процедура управления.

За время функционирования подцикла, соответствующего интервалу $[\eta_{II}; \eta_{III}]$, идет нарастание интенсивности процесса управления, выражающееся в прогнозной оценке состояния среды ТСЭС и разработке соответствующих рекомендаций, норм и правил по **снижению или предотвращению рисков** от опасных природных и природно-техногенных процессов геодинамического происхождения.

Подцикл, соответствующий интервалу $[\eta_{III}; \eta_{IV}]$, характеризуется плавным понижением уровня интенсивности управления, так как на этом этапе осуществляется мониторинг самой системы управления, выполняется коррек-

тировка прогноза (прогнозных моделей) и выполняется оптимизация стратегии управления, если это необходимо.

При определении видов функций-компонент ФСУ будем полагать, что они являются определенными, непрерывными и дифференцируемыми на всем интервале характеристического времени $\eta \in [0; 1]$.

Исходя из предложенной нами ранее структуры цикла управления геодинамическим риском в ТСЭС туристско-рекреационного назначения [7 - 9], процедура определения классов оцениваемых опасностей и процедура оптимизации управленческой деятельности должны носить периодический характер. При этом необходимо иметь в виду, что значения компонент $V_K(\eta)$ и $V_P(\eta)$ являются неотрицательными, то есть они должны определяться в соответствии со следующими функциональными зависимостями:

$$V_K(\eta) = \left| V_{K\max} \sin \frac{2\pi}{T_K} \eta \right|, \quad (2)$$

$$V_P(\eta) = \left| V_{P\max} \sin \frac{2\pi}{T_P} \eta \right|. \quad (3)$$

Величины $V_{K\max}$ и $V_{P\max}$ в соотношениях (2) и (3) имеют физический смысл максимальной "амплитуды колебаний" значений указанных функций-компонент на заданном интервале характеристического времени η . Величины T_K и T_P – периоды "колебаний" функций $V_K(\eta)$ и $V_P(\eta)$, соответственно, причем, согласно схеме цикла управления геодинамическим риском в ТСЭС туристско-рекреационного назначения [7-9], для функции $V_K(\eta)$ период T_K будет составлять 0,25, для функции $V_P(\eta)$ период $T_P = 0,5$.

Процедура выработки рекомендаций, норм и правил $V_N(\eta)$ является постоянно действующей. В функциональном отношении компонента $V_N(\eta)$ есть неубывающая функция, которая должна достигнуть некоторого предельного для нее значения, имеющего физический смысл "насыщения" поля рекомендаций, норм и правил нормативно-правовой документацией, когда появление новых нормативно-правовых документов не только не облегчает осуществление процедуры управления, но и значительно её усложняет или вовсе препятствует эффективному управлению геодинамическим риском в ТСЭС. Поэтому функция-компонента $V_N(\eta)$, на основании изложенного, должна быть представлена следующим соотношением:

$$V_N(\eta) = b_1 \eta e^{-b_2 \eta}, \quad (4)$$

где b_1 и b_2 – некоторые коэффициенты, определяемые из граничных условий, накладываемых на функцию-компоненту $V_N(\eta)$ на интервале характеристического времени $[0; 1]$.

Процедура регулирования туристско-рекреационной деятельности $V_C(\eta)$ так же, как и компонента $V_N(\eta)$, является постоянно действующей на всем интервале характеристического времени η .

В функциональном отношении компонента $V_C(\eta)$ является монотонно возрастающей функцией, достигающей на правой границе интервала характеристического времени $[0; 1]$ некоторого максимального значения, определяемого на основании реальных данных для конкретной рассматриваемой ТСЭС туристско-рекреационного назначения. Поэтому оптимальным видом функциональной зависимости для компоненты $V_C(\eta)$ будет соотношение вида:

$$V_C(\eta) = c_1 \eta e^{c_2 \eta}, \quad (5)$$

где c_1 и c_2 – некоторые коэффициенты, определяемые из граничных условий, накладываемых на функцию-компоненту $V_C(\eta)$ на интервале характеристического времени $[0; 1]$.

Функцию-компоненту $V_R(\eta)$ (ранжирование уровня безопасности) оптимально, с рассматриваемых нами позиций, представить в виде полиномиальной зависимости, полагая, что в ней коэффициент $\alpha_0 = 0$. Примем для определенности степень полинома $n = 6$, т.е.

$$V_R(\eta) = \sum_{n=1}^6 \alpha_n \eta^n. \quad (6)$$

При подобном подходе компоненты функциональной системы управления на протяжении всего цикла управления могут быть представлены в виде следующей системы уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_R(\eta) = \sum_{n=1}^6 a_n \eta^n, \quad V_K(\eta) = \left| V_{K \max} \sin \frac{2\pi}{T_k} \eta \right|, \quad V_P(\eta) = \left| V_{P \max} \sin \frac{2\pi}{T_p} \eta \right|, \\ V_N(\eta) = b_1 \eta e^{-b_2 \eta}, \quad V_C(\eta) = c_1 \eta e^{c_2 \eta}. \end{array} \right. \quad (7)$$

2. Результаты численного синтеза функциональной системы управления геодинамическим риском

Представляя ФСУ геодинамическим риском в ТСЭС как поликомпонентный поток управляющих воздействий, можно численно оценить состояние ФСУ в каждый интересующий нас момент характеристического времени. Затем, исходя из вычисленных значений состояния ФСУ и её компонент, возможно количественное определение "веса" (значимости) каждой компоненты в общем потоке управляющих воздействий, значения которых необходимы для построения стратегии безопасного и устойчивого развития ТСЭС.

"Веса" (значимости) функций-компонент рассчитываются на основании следующего соотношения:

$$\lambda_i = \frac{V_i(\eta)}{\sum_{i=1}^5 V_i(\eta)}, \quad (8)$$

где i – порядковый номер функции-компоненты $[1 - V_R(\eta); 2 - V_K(\eta); 3 - V_N(\eta); 4 - V_C(\eta); 5 - V_P(\eta)]$.

Численный синтез функциональной системы управления геодинамическим риском был выполнен на примере региональной ТЭС Рязанской области.

На основании полученных значений функций-компонент $V_R(\eta)$, $V_K(\eta)$, $V_N(\eta)$, $V_C(\eta)$, $V_P(\eta)$, рассчитаны относительные значения состояний функциональной системы управления геодинамическим риском $V(\eta)$ в ТЭС Рязанской области и "веса" каждой функции-компоненты в поликомпонентном потоке управляющих воздействий на интервале характеристического времени $[0; 1]$.

Комплексная "весовая" диаграмма функций-компонент представлена на рис. 1, график относительных значений состояний функциональной системы управления $V(\eta)$ – на рис. 2.

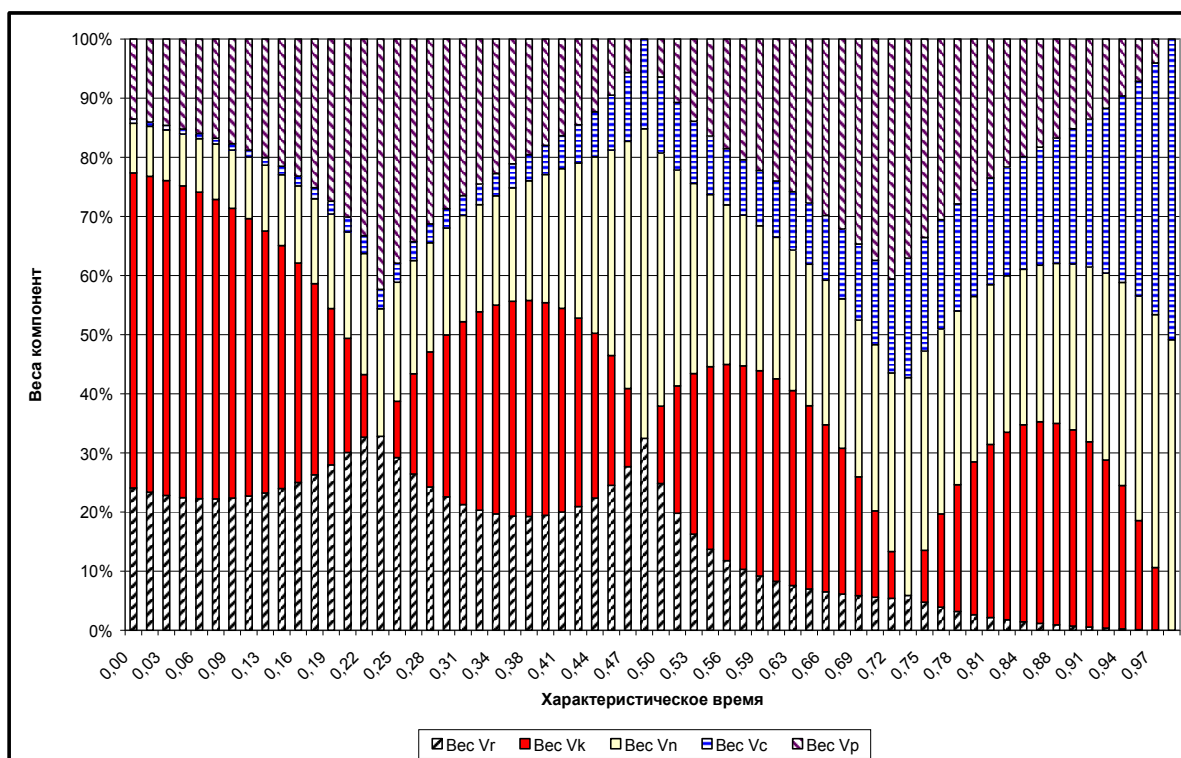


Рис. 1. Суммарное распределение весов функций-компонент функциональной системы управления геодинамическим риском в ТЭС Рязанской области

Анализ графиков позволяет сделать следующие выводы. На начальном этапе построения стратегии управления геодинамическим риском в ТЭС самое пристальное внимание должно уделяться процедуре определения классов оцениваемых опасностей, соотношению возможных рисков от опасных природных и природно-техногенных процессов геодинамического происхождения и уровней риска, приемлемых для реализации устойчивого развития ТЭС.

К окончанию подцикла I (то есть при $\eta \rightarrow 0,25$) интенсивность управляющего воздействия $V_K(\eta)$ необходимо сводить к минимуму ($V_K(\eta) \rightarrow 0$), иначе продолжение работ по выявлению и оцениванию классов опасностей сведет на нет саму процедуру управления, то есть появление новых задач сверх необходимых, которые также надо решать, "отвлекут" управляющую систему от выполнения уже четко определенных, поставленных перед ней задач.

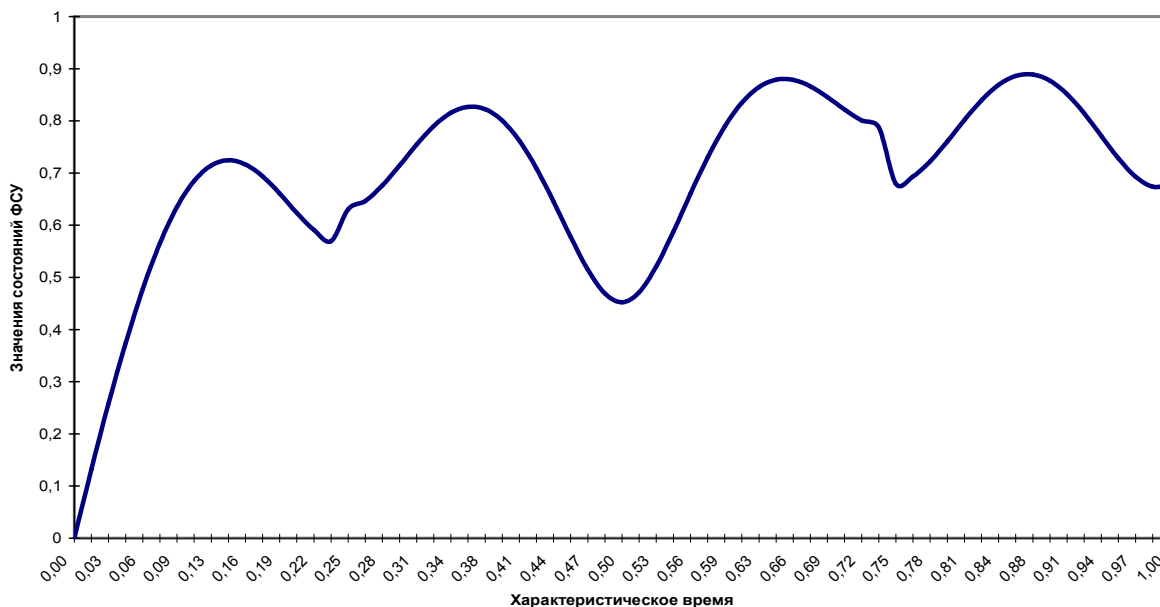


Рис. 2. График относительных значений состояний функциональной системы управления геодинамическим риском в ТЭС Рязанской области

Начало второго подцикла характеризуется плавным спадом к середине подцикла весового вклада компоненты $V_R(\eta)$. Снизить интенсивность управляющего воздействия $V_R(\eta)$ к середине подцикла крайне необходимо, поскольку после проведения первого этапа процедуры оптимизации управленческой деятельности обязательно будут выявлены новые классы опасностей, которые затем необходимо вновь соотнести с ранжированием уровня безопасности.

На третьем подцикле величина весового вклада компоненты $V_K(\eta)$ также испытывает циклическое изменение, достигая наибольшего значения в середине подцикла, и уменьшается до бесконечно малой величины в конце подцикла. Весовой вклад $V_R(\eta)$ в течение подцикла III уменьшается до значения 0,05 (5%), поскольку ранжировать уровень геодинамической безопасности уже не имеет смысла, необходимо выполнять лишь его корректировку вследствие отслеживания обратных связей, возникающих в ТЭС.

На четвертом, заключительном подцикле управления вес компоненты $V_P(\eta)$ необходимо постепенно уменьшать до бесконечно малой величины в конце подцикла. Действительно, когда сняты все неопределенности о состоянии управляемой ТЭС, крайне неэффективно расходовать ресурсы управляющих воздействий на процедуру оптимизации управленческой деятельности.

3. Использование функциональной системы управления геодинамическим риском при возникновении опасных процессов

Предложенная ФСУ представляет собой некоторую модельную ("идеальную") систему управления. С этой точки зрения график относительных значений состояний ФСУ определяет оптимальную траекторию состояний ФСУ в пространстве (η, V) . Для оценки возможности использования предложенной модели ФСУ при возникновении опасных процессов геодинамического проис-

хождения в ТСЭС проведем следующие рассуждения и выполним ряд аналитических преобразований.

Будем рассматривать функцию состояния ФСУ геодинамическим риском в ТСЭС в каждый момент характеристического времени $\eta \in [0; 1]$ с учетом соотношений (7) как зависимость вида:

$$|V(\eta)| = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^6 \alpha_i \eta^i\right)^2 + (V_{K \max} \sin \omega_K \eta)^2 + (b_1 \eta e^{-b_2 \eta})^2 + (c_1 \eta e^{c_2 \eta})^2 + (V_{P \max} \sin \omega_P \eta)^2}. \quad (9)$$

Вводя обозначение $y = V(\eta)$, формально представим модель траектории состояний ФСУ в пространстве (η, V) дифференциальным уравнением вида:

$$f(\eta)y'' + g(\eta)y' + h(\eta)y + l(\eta) = 0, \quad (10)$$

где $f(\eta), g(\eta), h(\eta), l(\eta)$ – некоторые непрерывные дифференцируемые функции на всем интервале характеристического времени.

Представим функции $f(\eta), g(\eta), h(\eta)$ следующим образом:

$$f(\eta) = \alpha + f_0(\eta); \quad g(\eta) = \beta + g_0(\eta); \quad h(\eta) = \gamma + h_0(\eta),$$

где α, β, γ – некоторые постоянные коэффициенты.

Тогда соотношение (10) примет вид:

$$(\alpha + f_0(\eta))y'' + (\beta + g_0(\eta))y' + (\gamma + h_0(\eta))y + l(\eta) = 0.$$

Раскрывая скобки и выполняя преобразования, получим следующее выражение:

$$\alpha y'' + \beta y' + \gamma y + [f_0(\eta)y'' + g_0(\eta)y' + h_0(\eta)y + l(\eta)] = 0.$$

Перенося вправо выражение в квадратных скобках и обозначая его как некоторую функцию $W(\eta)$, получим следующее соотношение:

$$\alpha y'' + \beta y' + \gamma y = W(\eta). \quad (11)$$

В целях оптимизации проведения аналитических преобразований при решении уравнения (11) были использованы следующие значения постоянных: $\alpha = 1; \beta = 3; \gamma = 2$.

В этом случае функция $W(\eta)$ будет определяться выражением $W(\eta) = y'' + 3y' + 2y$.

Обозначая функции-компоненты ФСУ как функции $y_R = V_R(\eta)$, $y_K = V_K(\eta)$, $y_N = V_N(\eta)$, $y_C = V_C(\eta)$, $y_P = V_P(\eta)$, траекторию состояний ФСУ в пространстве (η, V) представим следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} y_R'' + 3y_R' + 2y_R = W_R(\eta), \\ y_K'' + 3y_K' + 2y_K = W_K(\eta), \\ y_N'' + 3y_N' + 2y_N = W_N(\eta), \\ y_C'' + 3y_C' + 2y_C = W_C(\eta), \\ y_P'' + 3y_P' + 2y_P = W_P(\eta), \end{cases} \quad (12)$$

где $W_R(\eta) = \sum_{n=0}^6 A_n \eta^n$;

$$W_K(\eta) = V_{K \max} [(2 - \omega_K^2) \sin \omega_K \eta + 3\omega_K \cos \omega_K \eta];$$

$$W_N(\eta) = b_1 e^{-b_2 \eta} [3 - 2b_2 + (b_2^2 - 3b_2 + 2)\eta];$$

$$W_C(\eta) = c_1 e^{c_2 \eta} [(2c_2 + 3) + (c_2^2 + 3c_2 + 2)\eta];$$

$$W_P(\eta) = V_{P \max} [(2 - \omega_P^2) \sin \omega_P \eta + 3\omega_P \cos \omega_P \eta].$$

При подобном подходе решениями системы (12) будет определенный ранее набор функций-компонент, определяющий невозмущенную траекторию состояний ФСУ. Такое представление функции состояния $V(\eta)$ позволяет исследовать динамику траектории состояния ФСУ в пространстве (η, V) при влиянии на ФСУ различных внешних воздействий.

Определим влияние опасного процесса на ФСУ как воздействие на состояние ФСУ на всем определенном интервале характеристического времени, функционально описываемое зависимостью $f(\eta) = \Phi_0(1 - \eta^2)$ (где Φ_0 – величина воздействия в начальный момент времени).

Этому случаю (при условии равнозначного влияния внешнего воздействия на каждую функцию-компоненту) будет соответствовать следующая система дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} y_R'' + 3y_R' + 2y_R = W_R(\eta) + \Phi_0(1 - \eta^2), \\ y_K'' + 3y_K' + 2y_K = W_K(\eta) + \Phi_0(1 - \eta^2), \\ y_N'' + 3y_N' + 2y_N = W_N(\eta) + \Phi_0(1 - \eta^2), \\ y_C'' + 3y_C' + 2y_C = W_C(\eta) + \Phi_0(1 - \eta^2), \\ y_P'' + 3y_P' + 2y_P = W_P(\eta) + \Phi_0(1 - \eta^2). \end{cases} \quad (13)$$

Выполненное в квадратурах интегрирование даёт следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \bar{y}_R = (D_0 + D_1 - \alpha_1)e^{-2\eta} + (\alpha_1 - 2D_0 - D_1)e^{-\eta} + \sum_{n=0}^6 D_n \eta^n, \\ \bar{y}_K = V_{K \max} \sin \omega_K \eta + 0,5\Phi_0(3\eta - \eta^2 - 2,5) - 0,25\Phi_0 e^{-2\eta} + \Phi_0 e^{-\eta}, \\ \bar{y}_N = b_1 e^{-b_2 \eta} (\eta + n_0) + 0,5\Phi_0(3\eta - \eta^2 - 2,5) + [b_1 A_N + 0,25\Phi_0] e^{-2\eta} [\Phi_0 - b_1 B_N] e^{-\eta}, \\ \bar{y}_C = c_1 e^{c_2 \eta} (n_1 \eta + m_0) + 0,5\Phi_0(3\eta - \eta^2 - 2,5) + (c_1 A_C + 0,25\Phi_0) e^{-2\eta} + (\Phi_0 - c_1 B_C) e^{-\eta}, \\ \bar{y}_P = V_{P \max} \sin \omega_P \eta + 0,5\Phi_0(3\eta - \eta^2 - 2,5) - 0,25\Phi_0 e^{-2\eta} + \Phi_0 e^{-\eta}, \end{cases} \quad (14)$$

где коэффициенты $D_0, D_1, \alpha_1, n_0, A_N, B_N, n_1, m_0, A_C, B_C$ определяются из начальных условий, а $\bar{y}_R, \bar{y}_K, \bar{y}_N, \bar{y}_C, \bar{y}_P$ – новые ("возмущенные") значения функций-компонент $V_R(\eta), V_K(\eta), V_N(\eta), V_C(\eta), V_P(\eta)$ соответственно.

По решению (14) возможно определить возмущенные значения функции $V(\eta)$ и восстановить новую траекторию состояний ФСУ геодинамическим риском в ТСЭС.

Для обеспечения эффективного функционирования ФСУ её невозмущенная траектория состояний должна быть приведена в соответствие с возмущенной траекторией. Для этой цели необходимо дополнительное управляющее воздействие $u(\eta)$, отрабатываемое на протяжении всего цикла управления. Функцию управляющего воздействия предлагается искать в виде следующей зависимости:

$$u(\eta) = a_0 + a_1\eta + a_2\eta^2 + a_3\eta^3 + a_4\eta^4. \quad (15)$$

Значения функции $u(\eta)$ предлагается находить на основании минимизации функционала $Q(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4) = \int_0^T u^2(\eta) d\eta$, а коэффициенты функции $u(\eta)$ – на основе построения функции Лагранжа вида

$$F(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4) = Q(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4) + \sum_{i=1}^5 \lambda_i \varphi_i(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4)$$

и наложении на функцию $u(\eta)$ соответствующих граничных условий.

График функции, соответствующей этому воздействию, а также графики невозмущенной и возмущенной траекторий состояния ФСУ приведены на рис. 3.

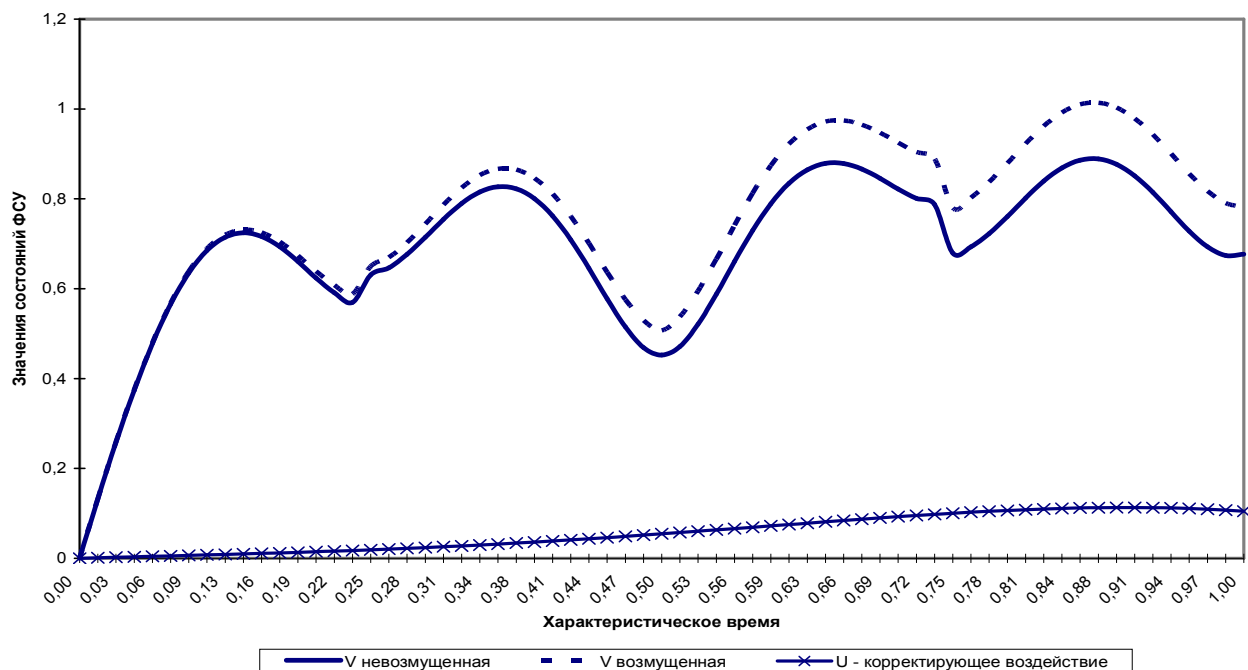


Рис. 3. Графики траекторий состояний ФСУ геодинамическим риском в ТСЭС при невозмущенном и возмущенном режимах её функционирования

В условиях чрезвычайных ситуаций природного и природно-техногенного характера в ФСУ должно произойти существенное перераспределение значимости функций-компонент ФСУ для приведения её фазовой траектории состояний в невозмущенный оптимальный режим функционирования.

Как мы уже отмечали ранее, значимости функций-компонент ФСУ геодинамическим риском определяются на основании расчета значений "весовых" факторов λ_i ($i=1, \dots, 5$). Указанные "весовые" факторы сами являются функциями от характеристического времени η . Но, поскольку "весовые" факторы λ_i определялись по модельному режиму функционирования ФСУ, то в явном виде зависимости λ_i от характеристического времени η мы получить не сможем. Однако, именно информация о динамике величин λ_i в зависимости от времени η дает возможность варьировать функциями-компонентами ФСУ в различных чрезвычайных ситуациях и, тем самым, оптимизировать управленческую деятельность при реализации указанных ситуаций в конкретной ТСЭС.

Для разрешения этой проблемы авторами были выявлены зависимости величин λ_i от состояний ФСУ. Для этой цели было построено поле распределения значений λ_i в фазовом пространстве (V, λ) . Построение этого поля было реализовано на основании проведения аппроксимации бикубическим сплайном модельных значений λ_i .

Затем для каждого "весового" фактора из поля распределения величин λ_i была произведена выборка значений факторов λ_i в их соответствии со значениями состояний ФСУ. После этого для каждого "весового" фактора для возмущенного и невозмущенного режимов функционирования ФСУ были построены эквидистантные ряды значений факторов и соответствующие линии тренда, описываемые полиномами следующего вида:

$$\lambda_i(\eta) = a_0 + a_1\eta + a_2\eta^2 + a_3\eta^3 + a_4\eta^4 + a_5\eta^5 + a_6\eta^6. \quad (16)$$

Исходя из найденных значений λ_i в этих режимах функционирования ФСУ, можно оценить корректирующее управляющее воздействие, которое позволит переопределить значимости функций-компонент ФСУ геодинамическим риском в ТСЭС для приведения траектории состояния ФСУ в вид, соответствующий оптимальному режиму её функционирования.

Оценки корректирующих воздействий производились на основании нахождения разности значений "весовых" факторов в невозмущенном и возмущенном режимах функционирования ФСУ. Для корректирующих воздействий были также построены линии тренда и соответствующие им полиномиальные зависимости вида (16).

Заключение

Представляя функциональную систему управления как поликомпонентный поток управляющих воздействий, можно численно оценить относительные значения состояний функциональной системы управления, что, в свою очередь, даёт возможность определить "вес" каждой компоненты в общем потоке управляющих воздействий в каждый момент характеристического времени. Анализ

графика относительных значений функциональной системы управления и, в особенности, графиков весовых вкладов (значимостей) функций-компонент функциональной системы управления позволяет достаточно эффективно и обоснованно, опираясь на количественную оценку составляющих функций-компонент, строить стратегию управления геодинамическим риском для ТЭС различного масштабного уровня и целевого назначения.

Литература

1. **Риски** в природе, техносфере, обществе и экономике / Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.
2. **Безопасность** России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Региональные проблемы безопасности с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф. М.: МГФ "Знание", 1999. 672 с.
3. **Ваганов П.А.** Человек – Риск – Безопасность. С.-Пб.: Изд-во СПбГУ, 2002. 160 с.
4. **Катастрофы** и общество / Воробьев Ю.Л., Осипов В.И., Владимиров В.А. и др. М.: Контакт-Культура, 2000. 332 с.
5. **Концепция** национальной безопасности Российской Федерации. Указ президента РФ от 17 декабря 1997 г., № 1300.
6. **Концепция** перехода РФ на путь устойчивого развития (проект) // Матер. Всероссийского съезда по охране природы. М., 1995. 24 с.
7. **Минаев В.А., Фаддеев А.О.** Методика оценки геоэкологического риска и геоэкологической безопасности ландшафтно-территориальных комплексов // Матер. XVII научно-технической конференции "Системы безопасности" – СБ-2008. М.: Академия ГПС МЧС России. 2008. С. 96-102.
8. **Минаев В.А., Фаддеев А.О.** Модели оценки геоэкологического риска на заселенных и промышленных территориях // Матер. XVII научно-технической конференции "Системы безопасности" – СБ-2008. М.: Академия ГПС МЧС России, 2008. С. 113-118.
9. **Минаев В.А., Фаддеев А.О.** Оценки геоэкологических рисков. Моделирование безопасности туристско-рекреационных территорий. М.: Финансы и статистика, изд. дом ИНФРА-М, 2009. 370 с.
10. **Осипов В.И.** Природные катастрофы и устойчивое развитие // Геоэкология. 1997. №2. С. 5-18.
11. **Осипов В.И.** Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник Российской Академии наук. М., 2001, т. 71, №4. С. 291-302.
12. **Оценка** и управление природными рисками. Тематический том / Под ред. Рагозина А.Л. М.: Издательская фирма "КРУК", 2002. – 248 с.
13. **Природные** опасности России. Природные опасности и общество. Тематический том / Под ред. Владимирова В.А., Воробьева В.Л., Осипова В.И. М.: Издательская фирма "КРУК", 2002. 248 с.
14. **Протасов В.Ф., Молчанов А.В.** Экология, здоровье и природопользование в России / Под ред. Протасова В.Ф. М.: Финансы и статистика, 1995. 528 с.
15. **Радаев Н.Н.** Виды защиты и системы безопасности в природе, техносфере и обществе // Экология и безопасность в промышленности. 2002. №4. С. 47-50.
16. **Топольский Н.Г., Фирсов А.В.** Комплексная безопасность территорий // Матер. XXV научно-технической конференции "Системы безопасности" – СБ-2006. М.: Академия ГПС МЧС России. 2006. С. 98-102.
17. **Фаддеев А.О.** Методика формализованного подхода к оценке геоэкологического риска и геоэкологической безопасности для ландшафтно-территориальных комплексов // Двойные технологии. 2008. №4. С. 32-38.
18. **Катастрофы** и государство / Шойгу С.К., Воробьев Ю.Л., Владимиров В.А. М.: Энергоатомиздат, 1997. – 160 с.