

Научно-методический аппарат поддержки принятия метеозависимых решений на основе использования хаотической динамики

С. Л. Кириносков, e-mail: slk_met@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия» (г. Воронеж)

***Аннотация.** Представлен подход к разработке научно-методического аппарата поддержки принятия метеозависимых решений при управлении авиационными системами в терминах детерминированного хаоса. Показаны возможности построения моделей гидрометеорологического обеспечения полетов авиации, функционирующих в устойчивых и в хаотических режимах при влиянии различных метеословий.*

***Ключевые слова:** детерминированный хаос, фракталы, устойчивость систем, гидрометеорологическое обеспечение, метеорологическая неопределенность, авиационная система.*

Введение

Рассматриваются военные авиационные системы (АС), представляющие собой части, соединения и объединения Воздушно-космических сил (ВКС), выполняющие авиационные задачи (АЗ) в условиях метеорологической неопределенности.

Несмотря на повышение научно-технического уровня современных АС, метеорологические факторы продолжают оказывать значительное влияние на уровень эффективности и безопасности их функционирования. Обусловлено это, прежде всего, наличием метеонеопределенности, а также отсутствием научно-методического аппарата поддержки принятия авиационных решений на основе использования уже имеющейся неидеальной информации о погоде.

Следует также отметить, что функционирование АС представляет собой очень сложный процесс, который должен учитывать и уровень подготовки летчика, и конструктивные особенности воздушного судна, и уровень подготовки наземных служб и аэродрома в целом. Элементы такой АС связаны между собой и с внешней средой неоднозначными нелинейными соотношениями, что ведет к невозможности в большинстве случаев построения математической модели функционирования системы с использованием классических подходов.

Поэтому предлагается разработать научно-методический аппарат поддержки принятия метеозависимых решений на основе использования хаотической динамики, основные положения которой начали разрабатываться в конце прошлого века.

Исходя из вышесказанного, целью работы является повышение качества метеообеспечения военных АС на основе разработки научно-методического аппарата поддержки принятия метеозависимых решений с позиций системного анализа и хаотической динамики [1–3].

1. Разработка научно-методического аппарата

В различных динамических системах, поведение которых, демонстрирует детерминированный хаос, важными являются численные значения управляющих параметров, от которых зависит степень хаотичности АС. Управляя этими параметрами, можно добиться любых (из возможных) состояний динамической системы. Однако в открытых системах (к ним относятся АС) предусмотреть все возможные возмущения затруднительно. Кроме того, функциональные зависимости между возмущающими и управляющими воздействиями могут быть неизвестны. Поэтому управление динамической АС по возмущениям с неполной информацией приводит к накоплению ошибок. С целью минимизации негативного влияния данного факта необходимо проведение качественного анализа уравнений динамики системы с точки зрения установления наличия устойчивых инвариантных множеств (аттракторов), являющихся областями притяжения в фазовом пространстве характеристик функционирования (эволюции) системы. Пусть исследуемая управляемая система описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial X_1}{\partial t} = F(X_1, u_1) \\ \frac{\partial X_2}{\partial t} = F(X_2, u_2) \\ \dots \\ \frac{\partial X_n}{\partial t} = F(X_n, u_n) \end{array} \right. \quad (1)$$

где $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ – вектор фазовых переменных, принадлежащий вещественному евклидову пространству E_n ; F – нелинейный оператор эволюции динамической системы; $u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ – вектор управления, принадлежащий множеству вектор-функций G – множеству допустимых управлений.

Основной задачей является построение управления, обеспечивающего существование инвариантного множества M системы (1), обладающего требуемыми в приложении свойствами. Если понимать под инвариантным множеством определенный режим функционирования управляемой АС, то задача управления формулируется как нахождение управления, обеспечивающего устойчивость заданного режима системы. Установление границ инвариантного множества M системы (1) является важнейшей задачей, так как на практике – это множество возможных состояний управляемой системы после стабилизации [2–4].

В классической теории управления достаточно хорошо изучены вопросы динамики управляемых систем с инвариантным множеством. Но в постановке задачи, учитывающей переход режима функционирования системы в состояние детерминированного хаоса, например через серию бифуркаций по сценарию М. Фейгенбаума [1], ставится вопрос об изучении такой системы в нескольких положениях равновесия, когда множество точек покоя не связно, а сами точки могут быть неустойчивыми.

Исходя из вышесказанного, разработка научно-методического аппарата поддержки принятия метеозависимых решений с позиций системного анализа и хаотической динамики сводится к построению модели управления военной АС, основанной на аттракторах [1]. Несмотря на сложность поведения хаотических (странных) аттракторов, знание фазового пространства позволяет представить поведение системы в геометрической форме и, соответственно, предсказать его. И хотя нахождение системы в конкретный момент времени в конкретной точке фазового пространства практически невозможно, область нахождения объекта и его стремление к аттрактору предсказуемы. Ранее такой математический подход в задачах управления не рассматривался.

Модель управления АС представляется в виде множества величин, описывающих процесс ее функционирования и образующих следующие подмножества: совокупность входных воздействий на систему $x_i \in X, i = 1, n_x$; совокупность воздействий внешней среды (метеорологических условий) $v_l \in V, l = 1, n_v$; совокупность внутренних параметров АС $h_z \in H, z = 1, n_H$; совокупность выходных характеристик АС $y_j \in Y, j = 1, n_Y$.

При моделировании АС входные воздействия, метеоусловия и внутренние параметры системы являются независимыми (экзогенными) переменными, которые в векторной форме имеют соответственно вид:

$$\bar{x}(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_{nX}(t)), \quad (2)$$

$$\bar{v}(t) = (v_1(t), v_2(t), \dots, v_{nV}(t)), \quad (3)$$

$$\bar{h}(t) = (h_1(\Omega, \Xi, t), h_2(\Omega, \Xi, t), \dots, h_{nH}(\Omega, \Xi, t)), \quad (4)$$

где Ω и Ξ – информация о детерминированных и хаотических свойствах, а выходные характеристики системы являются зависимыми (эндогенными) переменными и в векторной форме имеют вид:

$$\bar{y}(t) = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_{nY}(t)), \quad (5)$$

$$\bar{y}(t) = F_S(\bar{x}, \bar{v}, \bar{h}, t). \quad (6)$$

Процесс функционирования АС (в соответствии с выражением (6)) описывается во времени оператором F_S , который в общем случае преобразует экзогенные переменные в эндогенные.

Заключение

Таким образом, разработку научно-методического аппарата поддержки принятия метеозависимых решений при управлении АС необходимо выполнять на основе применения фактической и прогностической метеорологической информации, а также с учетом информации о степени хаотичности параметров функционирования системы в целом. В свою очередь функционирование АС представляет собой очень сложный процесс, который должен учитывать и уровень подготовки летчика, и конструктивные особенности воздушного судна, и уровень подготовки наземных служб и аэродрома в целом на основе использования основных положений хаотической динамики.

Литература

1. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. 160 с.
2. Михайлов В.В., Киринос С.Л. Синтез методов фрактальной и комплексной динамики при построении системы поддержки принятия метеозависимых решений. Системы управления и информационные технологии, № 3(57), 2014. С. 85–88.
3. Михайлов В.В., Киринос С.Л., Ищук И.Н. Научно-методический аппарат управления метеозависимой авиационной системой, основанный на теории детерминированного хаоса. Вестник Военно-воздушной академии. Выпуск 1(22), 2015. С. 176–182.
4. Михайлов В.В., Киринос С.Л. Фрактальная модель метеобеспечения при управлении авиационной динамической системой // Наукоемкие технологии, № 4, 2015. С. 10–15.