

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

© 2013 А.Г. Магдин, А.Д. Припадчев

Оренбургский государственный университет

Поступила в редакцию 26.09.2013

Сформулирована математическая модель автоматизации системы управления распределением химических веществ сельскохозяйственным летательным аппаратом. На основе принципиальной и структурной схем управления, реализующей принцип комбинированного управления, разработана структурно-функциональная схема системы управления.

Ключевые слова: структурно-функциональная схема автоматизированной системы управления, лётная операция, летательный аппарат

Применение сельскохозяйственного летательного аппарата (ЛА), как составной части авиационного специализированного комплекса, включающей совокупность подсистем, обеспечивающих данное применение, происходит в условиях операции, отражающей взаимодействие всех задействованных средств, участвующих в обеспечении и решении задач, поставленных при планировании агрохимических технологий [1]. Эффективное использование сельскохозяйственного ЛА описывается математической моделью и содержит описание многопараметрических процессов, протекающих в лётной операции

$$\text{МОД}(W) = \langle \text{Act}, \text{Kon}(\text{Act}, \{U\}) \rangle, \quad (1)$$

где W – показатели эффективности;

$\langle \rangle$ – знак оператора модельного отображения;

Act – совокупность действий, отражающих функционирование сельскохозяйственного ЛА;

Kon – совокупность противодействий;

$\{U\}$ – условия проведения лётной операции.

В математической модели лётной операции для описания элементов вводятся два вида параметров: прогнозируемые параметры $\{\pi\} = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_p\}$, как совокупность технических характеристик, описывающих выбираемый элемент подсистемы авиационного специализированного комплекса; тактические параметры $\{\tau\} = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_s\}$, как совокупность характеристик, определяющих показатель эффективности сельскохозяйственного ЛА.

Тактические параметры представим функционально зависимыми от прогнозируемых и номинальных значений параметров условий лётной операции

$$\tau_s = f_s[\{\pi\}, \{U\}], \quad s = \overline{1, n_\tau}, \quad (2)$$

На основе математической модели лётной операции устанавливаем зависимость показателя эффективности сельскохозяйственного ЛА в виде

$$W = W(\{\tau\}, \{\beta\}, \{U\}), \quad (3)$$

где $\{\beta\} = \{\beta_p, \beta_f, \dots, \beta_m\}$ – совокупность параметров противодействия;

$\{U\} = \{u_p, u_\sigma, \dots, u_m\}$ – совокупность параметров условий проведения лётной операции.

Отсюда задача выбора рационального варианта a^* сельскохозяйственного ЛА математически может быть сформулирована следующим образом

$$W(\{\tau\}^*, \{\beta\}, \{U\}) \rightarrow \max, \quad (4)$$

где

$$\{\tau\}^* = a^* = \{\tau_p^*, \tau_f^*, \dots, \tau_n^*\}. \quad (5)$$

При формулировании задачи указывается на выбор рационального варианта сельскохозяйственного ЛА, поскольку в условиях неопределённости, обусловленных наличием $\{\beta\}$ и $\{U\}$, выбрать однозначно оптимальный вариант невозможно. Исследование задач выбора при моделировании сложных технических систем и их взаимодействий с внешней средой является широкой и важной предметной областью, которая включает в себя задачи планирования и управления. Решение задач такого класса приводит к необходимости идентификации и классификации условий неопределённости, поскольку лишь такой подход позволяет, в результате, получить на выходе адекватные модели исследуемых многопараметрических, зачастую обусловленных известной периодичностью, процессов.

В связи с этим необходимо четко определить принципиальные различия между параметрами противодействия и условиями лётной операции. Выявление таких различий возможно на основе приближенных качественно-количественных оценок степени их неопределённости.

Припадчев Алексей Дмитриевич, доктор технических наук, доцент кафедры летательных аппаратов.

E-mail: apripadchev@mail.ru

Магдин Александр Геннадьевич, аспирант кафедры «Летательные аппараты»

Комплекс параметров противодействия, представленный в модели (3) и описанный выражением $\{\beta\} = \{\beta_p, \beta_j, \dots, \beta_m\}$, представляет собой совокупность негативных воздействий, направленных на снижение эффективности использования средства доставки при проведении летной операции.

Возникновение и существование комплекса параметров противодействия обусловлено, прежде всего, трудно прогнозируемыми последствиями антропогенной энтропии, находящей свое отражение в техногенных факторах. Соответственно, происхождение техногенных факторов связано, в подавляющем большинстве случаев, с побочными эффектами созидательной деятельности человека. К техногенным факторам следует отнести:

- снижение прямой видимости вследствие атмосферных выбросов промышленных предприятий, а также деятельности их инфраструктуры;
- повышение предельно-допустимых концентраций (ПДК) уровней загазованности и запыленности вследствие эксплуатации автомобильного и железнодорожного транспорта;
- электромагнитные излучения теле- и радиовещательных станций, технических служб и систем мобильной связи, а также сопутствующие им побочные эффекты (радиопомехи, внеполосные излучения, сплейтеры и т.д.).

Совокупность параметров условий летной операции, представленная выражением $\{U\} = \{u_p, u_\sigma, \dots, u_m\}$ и определяемая естественными факторами, под которыми следует понимать географические, метеорологические факторы и отдельные природные аномалии [2].

Наличие представленной совокупности усло-

вий может оказать решающее влияние на результаты планирования оптимальных технологий авиационно-химических работ на основе прогнозирования технологических параметров в зависимости от географических и метеорологических условий. Учет данных условий позволяет осуществлять выработку тактических рекомендаций для корректировки полетных планов в условиях изменяющейся обстановки, складывающейся на момент проведения летной операции.

Одним из наиболее важных показателей, определяющих типоразмер сельскохозяйственного ЛА и обуславливающий взлетную массу средства доставки m_0 , массу забираемого топлива $m_{топл.}$ и загружаемую массу химикатов $m_{хм}$. Рациональное соотношение перечисленных параметров непосредственным образом связано с географическими особенностями расположения авиационно-технической базы (АТБ) – высоты над уровнем моря.

Пределы изменения взлетной массы сельскохозяйственного вертолета (СХВ) в зависимости от высоты расположения взлетной площадки над уровнем моря, температуры окружающего воздуха в градусах Цельсия и заданной массе химикатов, приведены в табл. 1–3.

По результатам анализа табл. 1–3 взлетная масса СХВ m_0 изменяется в зависимости от ряда факторов: высоты взлетной площадки H , изменяющейся от 0 до 1000 м над уровнем моря; температуры окружающего воздуха t , изменяющегося от +10 до +40 градусов Цельсия; заданного значения массы химикатов $m_{хм}$, изменяющегося от 600 до 1000 кг.

Проведенный анализ позволяет сделать ряд заключений, свидетельствующих о наличии как минимум трех составляющих (компонент), кото-

Таблица 1. Пределы изменения взлетной массы СХВ m_0 , кг, при высоте взлетной площадки $H=0$ м и заданной массе химикатов $m_{хм}$

$H=0$ м	$m_{хм} = 600$ кг	$m_{хм} = 700$ кг	$m_{хм} = 800$ кг	$m_{хм} = 900$ кг	$m_{хм} = 1000$ кг
$t = +10$	3528	2993	3156	3264	3114
$t = +20$	3517	2948	3077	3161	2915
$t = +30$	3466	2887	2992	3044	2807
$t = +40$	3124	2655	2844	2878	2775

Таблица 2. Пределы изменения взлетной массы СХВ m_0 , кг, при высоте взлетной площадки $H=500$ м и заданной массе химикатов $m_{хм}$

$H=500$ м	$m_{хм} = 600$ кг	$m_{хм} = 700$ кг	$m_{хм} = 800$ кг	$m_{хм} = 900$ кг	$m_{хм} = 1000$ кг
$t = +10$	3548	3013	2957	3155	2918
$t = +20$	3497	2884	2936	3058	2814
$t = +30$	3376	2779	2845	2874	2604
$t = +40$	3098	2665	2726	2731	2545

Таблица 3. Пределы изменения взлетной массы СХВ m_{ϕ} , кг при высоте взлетной площадки $H=1000$ м и заданной массе химикатов $m_{\text{хм}}$

$H=1000$ м	$m_{\text{хм}}=600$ кг	$m_{\text{хм}}=700$ кг	$m_{\text{хм}}=800$ кг	$m_{\text{хм}}=900$ кг	$m_{\text{хм}}=1000$ кг
$t = +10$	3531	2911	2847	3159	2864
$t = +20$	3467	2817	2751	3043	2734
$t = +30$	3368	2758	2676	2975	2688
$t = +40$	3217	2655	2567	2813	2595

рые необходимо принимать во внимание при планировании летной операции, связанной с производством авиационно-химических работ. Это географические G , метеорологические M и техногенные факторы. Последние представлены как искусственными препятствиями, так и электромагнитными помехами IM , создающими условия для возникновения активного и пассивного противодействия средству доставки – сельскохозяйственному ЛА.

Тогда условия противодействия можно представить функциональной зависимостью:

$$Kon(Act, \{U\}) = f(G, M, IM). \quad (6)$$

где G – географические факторы;

M – метеорологические факторы;

IM – электромагнитные помехи.

Тогда модель летной операции (1) примет вид

$$МОД(W) | = \langle Act, f(G, M, IM) \rangle, \quad (7)$$

Данный вид отражает наличие выявленных факторов и условий функциональной зависимости (6).

Наряду с условиями и факторами противодействия, следует признать объективно существующими факторы содействия проведению технологической летной операции. К ним относится ряд локальных метеорологических состояний LMC , способствующих повышению качества внесения химикатов. К таким факторам следует отнести инверсию Inv , стоки холодных воздушных масс m , наличие тумана Du и конвекция C .

$$LMC = f(Inv, m, Du, C), \quad (8)$$

где LMC – локальные метеорологические состояния;

Inv – инверсия;

M – воздушные массы;

Du – наличие тумана;

C – конвекция.

При условии $Act = f(LMC)$ после подстановки аналитического выражения получим новое математическое описание

$$МОД(W) | = \langle f(Inv, m, Du, C), f(G, M, IM) \rangle, \quad (9)$$

представляющее собой уточненную модель проведения тактической летной операции сельскохозяйственным ЛА при производстве авиационно-химических работ.

На основе принципиальной и структурной схем управления, реализующей принцип комбинированного управления, разработана структурно-функциональная схема системы управления, представленная на рис. 1.

Целевой функцией $Y_{\text{ц}}$ системы управления качеством является мониторинг и выдерживание технологических параметров. Информация об отклонениях, превышающих допустимые нормативы, через датчики обратной связи и преобразующее устройство обратной связи в виде измеренных значений, поступает на сравнивающее устройство параллельно с данными о заданной технологии. При наличии значительных отклонений сравнивающее и исполнительное устройства формируют управляющее воздействие U на изменение параметров технологического процесса.

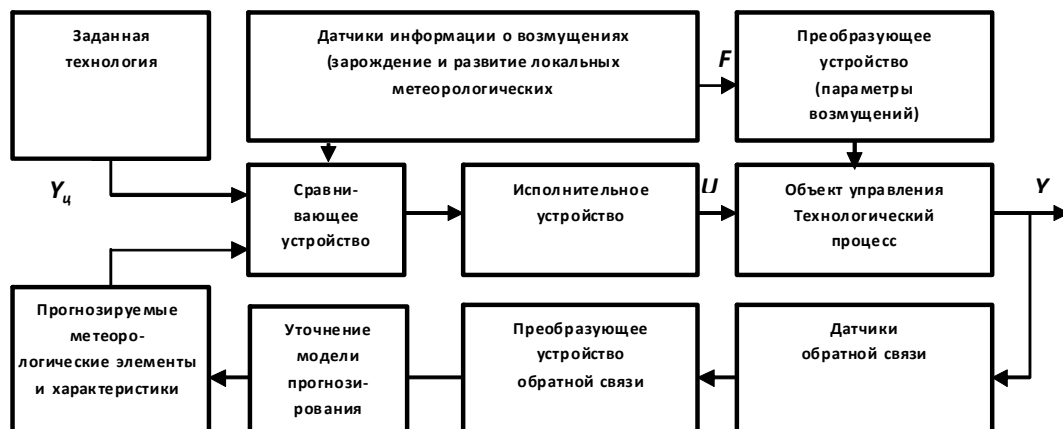


Рис. 1. Структурно-функциональная схема автоматизированной системы управления: $Y_{\text{ц}}$ – целевая функция; U – управляющее воздействие; Y – выходной показатель; F – возмущения

Наряду с данными об отклонениях, поступающих по цепи обратной связи, на систему управления воздействуют возмущения, представленные информацией с датчиков о возмущениях, включающих информацию о зарождении и развитии локальных метеорологических состояний.

Поскольку локальные метеорологические состояния, во многом определяющие условия распределения химических веществ, обусловлены неопределенностью и представлены взаимодействием многопараметрических процессов, примем множество описывающих их параметров прогнозируемыми величинами. Определение каждого параметра из данного множества представим в виде задачи прогнозирования *Indef*. Тогда задачу прогнозирования локальных метеорологических состояний *LMC* можно сформулировать математически в виде нечеткого множества:

$$X_{LMC}(\mathbf{P}_{Indef}) = \{p\}_{Indef}, p \in \mathbf{P}_{Indef}, Indef=1, n. \quad (10)$$

В данном случае под *n* понимается количество решаемых задач при неопределенном числе значимых параметров. Примем установку, в соответствии с которой наиболее важным условием содействия повышению качества внесения химикатов, является инверсионная составляющая локальных метеорологических состояний. Тогда

$$LMC = f(Inv), \quad (11)$$

где *LMC* — локальные метеорологические состояния; *Inv* — инверсия.

Или, в вероятностном аспекте

$$LMC = P f(Inv), \quad (12)$$

где *P* — вероятность зарождения и развития инверсии.

Математическая формулировка тактической схемы проведения летной операции при производстве авиационно-химических работ носит слишком общий характер и не отражает ряда влияющих условий и факторов. Анализ и классификация параметров и факторов противодействия приводят к выводу о наличии как минимум трех составляющих (компонент), которые необходимо принимать во внимание при планировании технологической летной операции, связанной с производством авиационно-химических работ. Это географические, метеорологические и техногенные факторы. Наряду с условиями и факторами противодействия следует признать объективно существующими факторы содействия проведению технологической летной операции. К ним относятся локальные метеорологические состояния, способствующие повышению качества внесения химикатов. К таким факторам следует отнести инверсию, наличие стелющегося тумана, стоки холодных воздушных масс и конвекцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов Ю.С., В.С. Брусов. Оценка эффективности транспортных вертолетов. М.: МАИ, 1982. 45 с.
2. Вартамян В.А. Радиоэлектронная разведка. М.: Воениздат, 1975. 255 с.
3. Магдин А.Г., Н.В. Ваганова. Разработка информационно-поисковой системы средствами dBASE : метод. указания. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2007. 28 с.
4. Припадчев А.Д. Основные летно-технические показатели воздушного судна и условия сопоставимости при экономической оценке // Современные проблемы науки и образования. М.: 2009. №4. С.134-137.

AUTOMATED SYSTEM OF AIR DISTRIBUTION OF CHEMICALS

© 2013 A.G. Magdin, A.D. Pripadchev

Orenburg State University

We formulate a mathematical model of the automation system for controlling the distribution of chemicals in agricultural aircraft. On the basis of fundamental and structural control schemes, implementing the principle of combined management, developed structural-functional diagram of the control system.

Keywords: structural and functional diagram of the automated control systems, flight operations, aircraft