

УДК 656.7

МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА АВИАЦИОННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Припадчев А.Д., Магдин А.Г.

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»,
Оренбург, e-mail: aleksejj-pripadchev@rambler.ru

Сформулирована модель функционирования технологического процесса распределения химических веществ сельскохозяйственным летательным аппаратом (СЛА). Эффективность технологического процесса распыления химических веществ выражается снижением норм расхода рабочих растворов путем совершенствования технологии выполнения авиационных работ. При этом показатель эффективности является векторной величиной, базирующейся на ключевых измеряемых показателях, а оптимизация решения производится на основе методов многокритериального анализа. Тогда модель функционирования технологического процесса авиационного распределения химических веществ в сельском хозяйстве выражается через модель летной операции, в которой выделяются компоненты противодействия и содействия. К компонентам противодействия отнесены географические, метеорологические и электромагнитные факторы, а компоненты содействия выражаются локальным метеорологическим состоянием. На основе принципиальной и структурной схем управления, реализующей принцип комбинированного управления, разработана структурно-функциональная схема системы управления летной операцией.

Ключевые слова: математическая модель, летная операция, технологический процесс, распределение химических веществ

MODEL THE FUNCTIONING OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS AVIATION DISTRIBUTION CHEMICAL SUBSTANCES IN AGRICULTURE FARM

Pripadchev A.D., Magdin A.G.

Orenburg State University, Orenburg, e-mail: aleksejj-pripadchev@rambler.ru

Formulated model the functioning of the technological process distribution chemical substances agricultural an aircraft apparatus. The effectiveness of technological process spray chemical substances is expressed declining consumption working solutions by improving the technology of performance of aviation works. The performance indicator is a vector quantity, based on the key measurable indicators, and optimization solutions based on multi-criteria analysis. The model of technological process functioning aviation distribution of chemicals in agriculture is expressed through the model flight operations, which are components of combat and support. Components counter identified as geographical, meteorological and electromagnetic forces, and support components are expressed in local meteorological conditions. On the basis of principle and structural control that implements the principle of combined management, a structural-functional diagram of flight operations management system.

Keywords: mathematical model, flight operation, the technological process, the distribution of chemicals

Деятельность по авиационному распределению химических веществ как одному из элементов технологического процесса подвержена воздействию большого количества внешних факторов, требований и ограничений (географических, метеорологических и экологических). Все перечисленные факторы делают управление авиационным распределением химических веществ сложным.

Несмотря на негативное воздействие на окружающую среду химических средств обработки сельскохозяйственных угодий, без их применения невозможно получение высоких стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Значительный вклад в процесс химизации вносит аграрная авиация, являющаяся неотъемлемым технологическим звеном в сельскохозяйственном производстве.

Основной составляющей любого производственного процесса в производстве сельскохозяйственной продукции явля-

ются сложные биотехнические системы, включающие в себя два биологических объекта (человек и животное – растение), технический объект (машина), внешнюю среду, общее информационное поле. Эффективность работы существенно зависит от устойчивого и надежного функционирования биотехнических систем. Поэтому при оценке любого технического процесса, выполняемого аграрными ресурсами, необходимо помнить, что только через реализацию инновационных процессов возможно добиться модернизации экономики АПК. Мировая практика сельскохозяйственного производства показывает, что без использования средств химизации и борьбы с заболеваниями сельскохозяйственных растений невозможно получить экономически оправданный урожай [3].

В целях повышения эффективности технологического процесса распыления химических веществ необходимо снижение норм расхода рабочих растворов путем

совершенствования технологии выполнения работ.

Таким образом, мы приходим к выводу о необходимости разработки комплексного решения в области повышения эффективности технологического процесса авиационного распределения химических веществ в сельскохозяйственном производстве. При этом показатель эффективности такого решения является векторной величиной,

базирующейся на ключевых измеряемых показателях, а оптимизация решения производится на основе методов многокритериального анализа.

Модель функционирования технологического процесса авиационного распределения химических веществ в сельском хозяйстве выражается через модель летной операции (МОД), в которой выделяются компоненты противодействия и содействия (рис. 1).

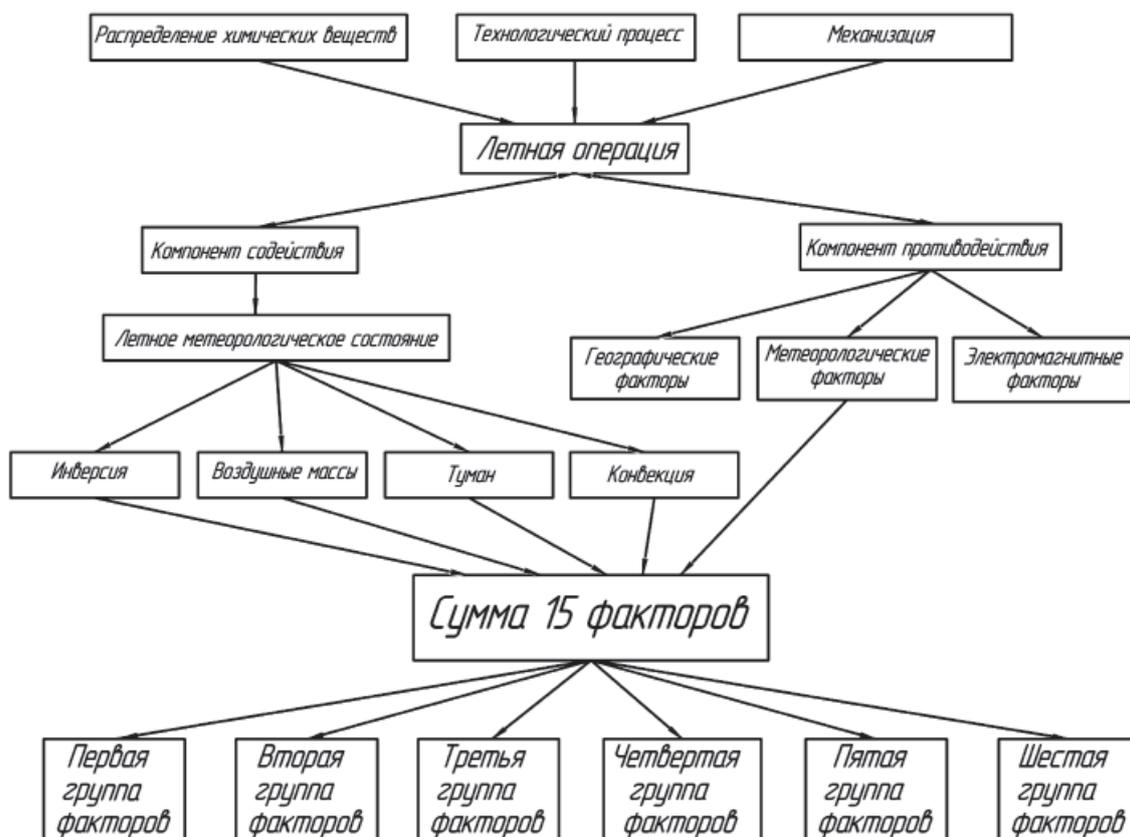


Рис. 1. Схема воздействия летной операции на распределение химических веществ

К компонентам противодействия отнесены географические, метеорологические и электромагнитные факторы

$$Kon^{np}(Act, \{U\}) = f(G, M, IM), \quad (1)$$

где G – географические факторы; M – метеорологические факторы; IM – электромагнитные факторы (помехи).

К компонентам содействия относятся локальные метеорологические состояния (LMC), которые способствуют повыше-

нию качества распределения химических веществ:

$$Kon^{cod}(Act, \{U\}) = f(LMC). \quad (2)$$

Локальные метеорологические состояния (LMC) включают в себя инверсию (Inv), воздушные массы (m), наличие тумана (Du) и конвекцию (C).

Тогда модель летной операции принимает вид

$$МОД(W) = f(Inv, m, Du, C), f(G, M, IM). \quad (3)$$

На основе принципиальной и структурной схем управления, реализующей принцип комбинированного управления,

разработана структурно-функциональная схема системы управления, представленная на рис. 2 [2].



Рис. 2. Структурно-функциональная схема автоматизированной системы управления: Y_u – целевая функция; U – управляющее воздействие; Y – выходной показатель; F – возмущения

Целевой функцией Y_u системы управления 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.

Целевая функция имеет вид следующего математического выражения:

$$Y_u = W \left(\sum_{i=1}^n Y, \sum_{i=1}^n F, \sum_{i=1}^n U \right) \rightarrow \max, \quad (4)$$

где n – количество решаемых задач; i – неопределенное число значимых параметров.

Ограничениями выступают географические и электромагнитные факторы.

Переменными выступает объединенная группа факторов локальной метеорологической системы (ЛМС).

Прогнозирование ЛМС возможно на основе использования регрессионных моделей, полученных на основе методов статистического анализа. Статистический анализ последовательности метеорологических элементов и характеристик проведен на результатах выборки из журнала наблюдений ФГУ «Оренбургский областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» за 2006 г., что является матрицей исследования последовательности метеорологических элементов и характеристик [4].

В результате корреляционного анализа на матрице исследования получены тесные связи между параметрами: 1 – параметр INV (Инверсия); значимый коэффициент корреляции с параметром WIND DIR – 0,76; с параметром POINT – 0,57; с параметром VISIBIL – 0,53; с параметром TIME_NUM – 0,52; с параметром CLOUDS_LO – 0,53; с параметром TEMP – 0,59; с параметром DAMP – 0,48 [1].

Основное предположение факторного анализа представлено следующим равенством:

$$X_i = \sum_{r=1}^k a_{ir} \cdot F_r + e_i, \quad (5)$$

где $i = 1, 2, \dots, p$; X_i – переменная; F_r – r -й фактор; a_{ir} – факторная нагрузка; k – количество факторов; e_i – остатки, представляющие источники отклонений X_i .

В результате факторного анализа число исследуемых факторов сокращено с 15 до 5. Суммы квадратов нагрузок по факторам представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сумма квадратов нагрузок по группам факторов

Номер группы фактора	Сумма квадратов нагрузок
1	3,774
2	2,849
3	2,330
4	2,367
5	1,535

В результате имеем следующие объединения показателей факторов по группам (табл. 2–6).

Таблица 2
Объединение в первую группу

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
4	Нижняя граница облачности	0,7629
5	Нижняя граница нижней облачности	0,7830
7	Направление ветра	0,5535
8	Средняя скорость ветра	0,8926
9	Скорость ветра при порывах	0,8547
15	Инверсия	-0,5740

В первом факторе базовый параметр – 8.

Таблица 3
Объединение во вторую группу

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
3	Верхняя граница облачности	-0,5798
6	Приборная видимость	0,7628
13	Тенденция изменения абсолютного давления	-0,8637
14	Абсолютное давление	-0,8291

Во втором факторе базовый параметр – 13.

Таблица 4
Объединение в третью группу

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
10	Температура воздуха	-0,8610
11	Относительная влажность	0,9492

В третьем факторе базовый параметр – 11.

Таблица 5
Объединение в четвертую группу

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
1	Дата	-0,9387
12	Точка росы	-0,8008

В четвертом факторе базовый параметр – 1.

Таблица 6
Объединение в пятую группу

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
2	Время	-0,9440

В пятом факторе базовый параметр – 2. На основе проведенного факторного анализа определены базовые параметры для пяти групп факторов.

Строим модель для зависимого параметра 15 – (Инверсия) на основе определения вкладов параметров-аргументов в регрессионную модель. Значения вкладов параметров-аргументов в регрессионную модель представлены в табл. 7.

Таблица 7
Вклады параметров-аргументов в модель

Номер	Название параметра	Вклад в модель
1	Дата	0,0261
2	Время	0,0000
3	Верхняя граница облачности	0,0704
4	Нижняя граница облачности	0,0386
5	Нижняя граница нижней облачности	0,0000
6	Приборная видимость	0,0249
7	Направление ветра	0,5249
8	Средняя скорость ветра	0,0262
9	Скорость ветра при порывах	0,0000
10	Температура воздуха	0,0667
11	Относительная влажность	0,0289
12	Точка росы	0,0000
13	Тенденция изменения абсолютного давления	0,0412
14	Абсолютное давление	0,1521

Значимые по вкладу параметры-аргументы представлены в табл. 8.

Таблица 8
Значимые по вкладу параметры-аргументы

Номер	Название значимого по вкладу параметра	Вклад в модель
3	Верхняя граница облачности	0,0704230
7	Направление ветра	0,5248895
10	Температура воздуха	0,0667298
14	Абсолютное давление	0,1521278

Регрессионная модель для зависимого параметра 15 – (Инверсия) имеет вид

$$y = 0,2242 \cdot 10^1 \cdot x_1^0 - 0,1046 \cdot 10^{-1} \cdot x_1^1 - 0,1195 \cdot 10^1 \cdot x_3^0 + 0,9935 \cdot 10^{-4} \cdot x_3^1 - 0,1161 \cdot 10^{-7} \cdot x_3^2 - 0,1759 \cdot 10^{-1} \cdot x_4^0 + 0,1989 \cdot 10^{-4} \cdot x_4^1 + 0,9136 \cdot 10^{-1} \cdot x_6^0 - 0,6774 \cdot 10^{-5} \cdot x_6^1 + 0,1170 \cdot 10^2 \cdot x_7^0 - 0,1567 \cdot 10^1 \cdot x_7^1 + 0,3053 \cdot 10^{-1} \cdot x_7^2 + 0,1575 \cdot 10^{-2} \cdot x_7^3 + 0,2277 \cdot 10^{-1} \cdot x_8^0 + 0,6597 \cdot 10^{-1} \cdot x_8^1 - 0,1737 \cdot 10^{-1} \cdot x_8^2 - 0,8425 \cdot 10^1 \cdot x_{10}^0 + 0,1621 \cdot 10^1 \cdot x_{10}^1 - 0,6525 \cdot 10^{-2} \cdot x_{10}^2 + 0,3066 \cdot 10^1 \cdot x_{11}^0 + 0,1001 \cdot 10^1 \cdot x_{11}^1 - 0,1111 \cdot 10^{-2} \cdot x_{11}^2 + 0,4163 \cdot 10^{-5} \cdot x_{11}^3 + 0,1693 \cdot 10^{-1} \cdot x_{13}^0 + 0,2797 \cdot 10^1 \cdot x_{13}^1 + 0,1295 \cdot 10^{-1} \cdot x_{13}^2 + 0,4273 \cdot 10^9 \cdot x_{14}^0 - 0,1701 \cdot 10^7 \cdot x_{14}^1 + 0,2255 \cdot 10^4 \cdot x_{14}^2 - 0,9974 \cdot 10^1 \cdot x_{14}^3.$$

Для проверки достоверности регрессионных моделей на реальных сельскохозяйственных полигонах Адамовского района были проведены испытания в июне и августе 2009 года. Площадь поля – 500 га, вид АХР – подкормка, обрабатываемая культу-

ра – яровая пшеница, метод – опрыскивание, шифр – 60-3. Испытания проводились на серийных самолетах «Ан-2», укомплектованных распылительным устройством для распыления химических веществ с крыльчаткой.

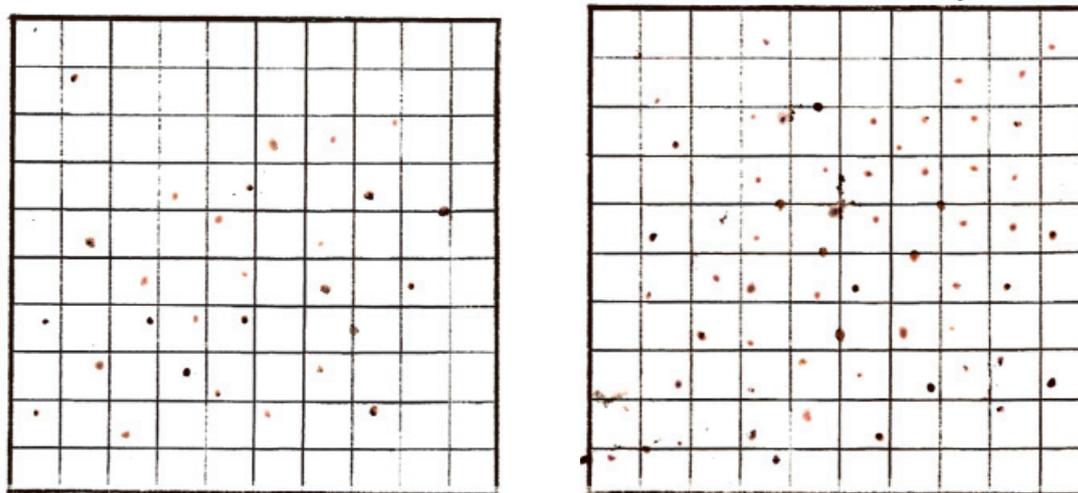


Рис. 3. Темплеты экспонированных карточек

Фрагментально приведены результаты испытаний, гистограммы частот распределения капель, представленные на рис. 3 и табл. 9 параметров фрак-

ционного состава капель распылителей для неоптимальных локальных метеоусловий (22.06.09) и для оптимальных (26.06.09).

Таблица 9

Результаты испытаний дисперсности состава

Разряды капель, мкм	Состав, %		Требования
	на стенде	в полете	
56–100	0,5	4,4	< 10%
100–200	20,1	22,0	
200–300	18,7	13,2	
300–400	13,8	13,2	
400–500	12,4 (65)	39,9 (95,3)	
500–600	15,9	6,5	< 20%
600–700	13,1	3,4	
700–800	5,5	0,4	

Данные с учетом коэффициента расплывания по фотобумаге

Результаты испытаний по определению зон высокого качества распыления показали, что наилучшие характеристики распыливания получаются в раннее утреннее время (от 4,00 до 7,00), при скорости бокового, без порывов, ветра 0,5 м/с с расходом жидкости 1,2 кг/с при атмосферном давлении от 740 до 750 мм рт.ст. (пониженном).

Список литературы

1. Магдин А.Г. Разработка информационно-поисковой системы средствами dBASE: метод. указания / А.Г. Магдин, Н.В. Вагапова. – Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2007. – 28 с.
2. Магдин А. Г. Автоматизированная система управления авиационным распределением химических веществ / А.Г. Магдин, А.Д. Припадчев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – Т. 15, № 4 (4). – С. 783–786.
3. Магдин А.Г. Моделирование траектории движения летательного аппарата при проведении авиационного распределения веществ и биологических объектов / Р.Б. Алтынбаев, Н.В. Вагапова, А.Г. Магдин // Наука. Промышленность. Оборона: труды X Всерос. научн. техн. конф. – Новосибирск: НГТУ, 2009. – С. 13–17
4. Магдин А.Г. Экспертные технологии в социально-экономических и производственных системах: монография / А.Г. Магдин, К.Ю. Дибихин, Н.З. Султанов. – Оренбург : Оренб. гос. ин-т менеджмента, 2008. – 187 с.
5. 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.

References

1. Magdin A.G. Development of information retrieval system means dBASE : method. instructions / A.G. Magdin, N.V. Vagapova. Orenburg: IPC GO OSU, 2007. 28 p.
2. Magdin, A.G. Automated control system of air distribution of chemicals / A.G. Magdin, A.D. Pripadchev News of the Samara scientific centre RAS. 2013. Tom 15, no. 4 (4). pp. 783–786.
3. Magdin A.G. Simulation of the trajectory of the aircraft in the air distribution and biological objects / R.B. Altybayev, N.V. Vagapova, A.G. Magdin // works X by Russian scientific and technical conference « Science. Industry. Defence». Novosibirsk: NSTU, 2009. pp. 13–17.
4. Magdin A.G. Expert technology in socio-economic and production systems: Monograph / A.G. Magdin, K.Y. Dibihin, N.Z. Sultans. Orenburg: OSIM, 2008. 187 p.
5. Pripadchev A.D. Key performance indicators of the aircraft and the conditions of comparability in economic evaluation // Modern problems of science and education. M., 2009. no. 4. pp. 134–137.

Рецензенты:

Межуева Л.В., д.т.н., профессор, начальник патентного отдела, ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург;

Султанов Н.З., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой систем автоматизации производства, ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург.

Работа поступила в редакцию 04.06.2014.