

УДК 629.7(043.3)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОРАЗМЕРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКИХ РАБОТ**

Дибихин К.Ю., – соискатель

*Аэрокосмический институт ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»*

В статье предложена методика определения типоразмера сельскохозяйственного летательного аппарата для производства авиационно-химических работ на основе анализа двухуровневой структурной модели технологического процесса и модели летной операции. Результаты анализа представлены двухступенчатой моделью принятия решения, обеспечивающей согласование системы летательного аппарата с решаемыми технологическими задачами.

In clause, the technique of definition of a standard size of the agricultural flying device for manufacture of aviation-chemical works on the basis of analysis is offered to two-level structural model of technological process and model fly to operation. Results of the analysis are presented by the two-level model of decision-making providing the coordination of system of the flying device with solved technological problems.

Основным понятием при описании авиационно-химических работ (АХР) является технология. Ввиду того, что технология реализуется авиационным специализированным комплексом (АСК), необходима концепция адекватного описания АСК и реализуемого им технологического процесса.

Многообразие задач, решаемых подсистемой сельскохозяйственных летательных аппаратов (СЛА), обуславливает политехнологичность, т.е., возможность производить АХР с использованием различных или сходных технологий. К сходным технологиям относятся технологические приемы авиационных способов обработки посевов, в основе которых лежат подобные способы распределения химикатов по обрабатываемым участкам подсистемой СЛА, в частности, самолетами (СХС) и вертолетами (СХВ).

Проводимые мероприятия, в виду их многоплановости, обуславливают использование различных технологий, поскольку перекрыть одной технологией все виды работ невозможно.

Особенностью и недостатком для всех стран является сезонность АХР. Как правило, «пики» объемов проведения АХР приходятся на весенние и летние месяцы. Поэтому одной из причин внедрения новых технологий проведения АХР является сокращение сезонности применения СЛА.

Основным условием широкомасштабного применения СЛА в сельском хозяйстве является политехнологичность, обеспечивающая: возможность обработки посевов в период их роста и развития; выполнение полевых работ над полями в периоды размокания почвы; равномерное распределение удобрений, химикатов; нормирование расхода химикатов на единицу площади; высокую производительность в сочетании с высоким качеством; высокую экономическую эффективность.

В настоящее время наметилась тенденция увеличения количества технологий производства АХР за счет использования нетрадиционных видов СЛА (например, мотодельтапланов). Однако такой подход требует значительных капитальных вложений, а также совершенствования нормативно - правовой базы, что в современных условиях накладывает на него строгие ограничения.

### **1 Критерий оценки конфигурации обрабатываемых участков**

В первом приближении задача выбора СЛА может быть сведена к оценке конфигурации обрабатываемых участков. Смысл предлагаемой оценки заключается в следующем: обрабатываемый участок произвольной формы (конфигурации) описывается контуром, представляющим собой прямоугольник таким образом, чтобы свойства его сторон по возможности были максимально приближены к свойствам касательных, проведенных к искривленным участкам его периметра, как показано на рисунке 1.

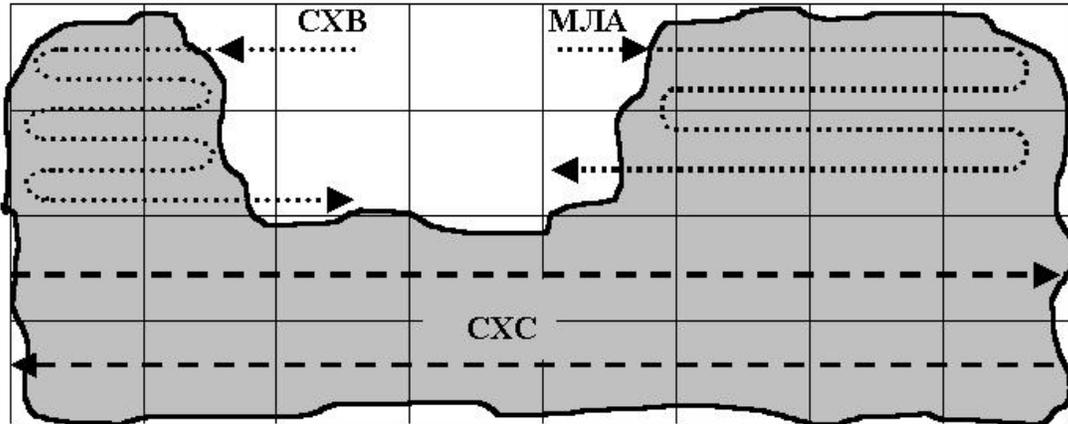


Рисунок 1 - Оценка конфигурации обрабатываемого участка:  
 СХВ -сельскохозяйственный вертолет, МЛА -малоразмерный  
 летательный аппарат, СХС -сельскохозяйственный  
 самолет

Исходя из чего, можно выделить области предпочтительного применения того или иного типоразмера СЛА: СХВ, СХС или МЛА малоразмерного летательного аппарата (мотодельтаплана), как показано на рисунке 1.

Предлагаемый критерий  $K_{ЛА}$  представляет собой отношение периметра прямоугольника,  $\Pi_{прм}$  к периметру вписанного в него участка  $\Pi_{уч}$ :

$$K_{ЛА} = \frac{\Pi_{прм}}{\Pi_{ЛА}} \quad (1)$$

Необходимо отметить, что иногда обрабатываемые участки имеют большую продолжительность и по длине наиболее соответствуют длине гона  $L_{г}$  самолета сельскохозяйственной авиации при значительной кривизне боковых сторон участка, соответствующих направлению гона. Конфи-

гурация такого участка показана на рисунке 2.



Рисунок 2 - Участок, имеющий большую продолжительность при значительной кривизне боковых сторон

В этом случае для внесения поправок целесообразно использование критерия экологической надежности  $P_{эк}$ , приведенного в работе [1]

$$P_{эк} = 0,14 \frac{ЗВК(Ш_0) \cdot Q_b}{Ш \cdot K_{xm}(\Delta m_{xмjk})} \cdot \left(1 - \frac{q}{300}\right), P_{эк} \leq 1,0, \quad (2)$$

где  $ЗВК$  - зона высокого качества;

$Ш_0$  - рекомендуемая ширина захвата, м;

$Q_b$  - вероятность воздействия;

$Ш$  - общая ширина захвата;

$K_{xm}$  - коэффициент не целевого воздействия;

$\Delta m_{xмjk}$  - загрузка химикатами СЛА  $j$ -го типа на  $i$ -том виде АХР  $k$ -тым

видом средства воздействия (химиката);

$q$  - расход химикатов.

Разноречивые зависимости составляющих критерия для разных типов СЛА предполагают возникновение областей предпочтительного применения по экологической надежности.

## **2 Двухуровневая структурная модель технологического процесса**

Для наиболее адекватного отображения практического аспекта моделирования технологического процесса, необходима его детализация. Реализуемую технологию целесообразно описать в двух уровнях, представляя технологию последовательной совокупностью авиатехнологии, определяющей средства доставки, и агротехнологии, определяющей средства и способы внесения. Сконфигурированная на этих принципах двухуровневая структурная модель технологического процесса приведена на рисунке. 3.

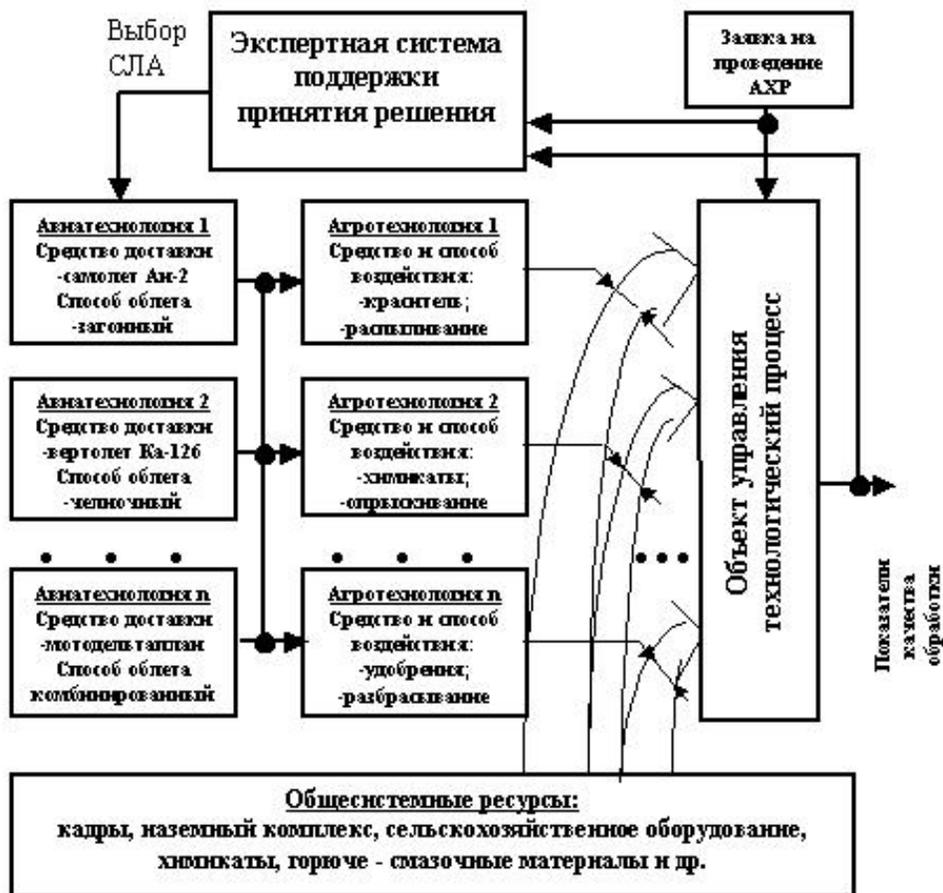


Рисунок 3 - Двухуровневая структурная модель технологического процесса производства АХР: АХР - авиационные химические работы, АСК - авиационный специализированный комплекс

### 3 Выбор средства доставки для реализации технологии

Верхний уровень предложенной модели определяется рациональностью выбора средства доставки. Применение СЛА, как составной части АСК, включающей совокупность подсистем, происходит в условиях летной операции, отражающей взаимодействие всех средств, участвующих в обеспечении и решении поставленной задачи. Применение СЛА описывается математической моделью, приведенной в [2] и содержит описание процессов, протекающих в операции

$$МОД(W) | = \langle Act, Kon(Act), \{U\} \rangle, \quad (3)$$

где  $W$  - показатели эффективности;

$| =$  - знак оператора модельного отображения;

$Act$  - совокупность действий, отражающих функционирование СЛА;

$Kon$  - совокупность противодействий;

$\{U\}$  - условия операции.

В модели летной операции для описания элементов вводятся два вида параметров: прогнозируемые параметры  $\{p\} = \{p_1, p_2, \dots, p_i\}$ , как совокупность технических характеристик, описывающих выбираемый элемент подсистемы АСК; тактические параметры  $\{t\} = \{t_1, t_2, \dots, t_s\}$ , как совокупность характеристик, определяющих показатель эффективности СЛА.

Тактические параметры представим функционально зависимыми от прогнозируемых и ненормальных значений параметров летной операции

$$t_s = f_s[\{p\}, \{U_0\}], \quad s = \overline{1, n_t}, \quad (4)$$

Устанавливаем зависимость показателя эффективности СЛА в виде

$$W = W(\{t\}, \{b\}, \{U\}), \quad (5)$$

где  $\{b\} = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$  – совокупность параметров противодействия;  
 $\{U\} = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$  – совокупность параметров условий операции.

Отсюда задача выбора рационального варианта  $a^*$  СЛА математически формулируется следующим образом

$$W(\{t\}^*, \{b\}, \{U\}) \rightarrow \max, \{t\}^* = a^* = \{t_1^*, t_2^*, \dots, t_n^*\}, \quad (6)$$

При формулировке задачи указывается на выбор рационального варианта СЛА, поскольку в условиях неопределенности  $\{b\}$  и  $\{U\}$  выбрать однозначно оптимальный вариант невозможно. Для снижения размерности задачи выбора была использована двухступенчатая модель принятия решения, обеспечивающая согласование типоразмера СЛА с решаемыми технологическими задачами, описанная в [3].

Процесс принятия решения при выборе СЛА можно представить состоящим из двух фаз. Первая фаза включает описание альтернативных вариантов, исходя из спецификаций задачи, а вторая состоит в выборе рационального варианта СЛА, после определения технологических спецификаций для данного круга задач. Две фазы могут быть распределены по категориям как анализ и подбор. В фазе анализа определяются альтернативные варианты технологии, которые необходимы для решения задачи. Анализ задачи выявляет необходимость иметь два набора характерных параметров: первый набор представляет собой требования, которые являются необходимыми, но не определяются альтернативными вариантами; другой набор данных, необходимый для реализации фазы 2 составляют спецификации СЛА. Для реализации фазы 1 должна быть подготовлена база данных с технологическими параметрами. Цель фазы 2 заключается в нахождении типоразмера СЛА, удовлетворяющего технологическим требовани-

ям. Следовательно, рассматриваются две различных фазы: одна для спецификации технологии и вторая для выбора средства доставки. Последовательность выбора может быть представлена правилами вида

$$\text{«ЕСЛИ предпосылка } TO \text{ логические правила»}, \quad (7)$$

где предпосылками являются характеристики задачи, а следствием - предлагаемая технологическая реакция на эти характеристики. Следствие несет ассоциированный с ним коэффициент определенности, обозначенный переменной  $CF$  и предшествующий ему литерал  $cf$ , обозначающий меру относительного веса истинности результата.

В подходе, основанном на правилах, для решения задачи применяются две различные стратегии вывода, каждая из которых доминирует в одной из двух фаз. Модель, управляемая данными, оперирует в фазе 1, а парадигма, управляемая целью, в фазе 2.

Так в фазе 1 заключается разработка технологических спецификаций для рассматриваемой задачи. Первый набор правил упорядочивает описательные характеристики задачи с требованиями задачи

$$\text{если } d_{11} \wedge d_{12} \wedge \dots, d_{ik}, \text{ то } p_{11} cfCF_{11} \wedge \dots, \wedge p_{ik} cfCF_{ik}, \quad (8)$$

где  $d_{ik}$  - характеристические описания для данных задач;

$p_{ik}$  - соответствующие требования задач.

Т.к. обычно в проблеме более одной задачи,  $p$  обозначает  $i$  требования для задачи  $k$ , а  $d$  - описательную характеристику для нее. Исходя из требования к каждой задаче, с помощью набора правил, можно определить альтернативные технологии. Эти правила записываются в виде

$$\text{если } p_{11} \wedge p_{12} \wedge \dots, p_{ik}, \text{ то } a_1 \text{ cfCF }_1 \wedge \dots, \wedge a_n \text{ cfCF }_n. \quad (9)$$

Функцией набора правил являются альтернативные технологические реакции на требования задачи. Другой функцией этих правил является определение применимости технологий для решаемых задач.

Определяем набор спецификаций  $S$  из альтернатив  $A_a$  и ограничений  $A_c$

$$\text{если } a_1 \wedge \dots, \wedge a_n, \text{ то } S_1 \text{ cfCF }_1 \wedge \dots, S_n \text{ cfCF }_n, \quad (10)$$

где  $S_i$ -технологическое предписание вида  $S_i$ <отношение> спецификация  $i$ .

Результатом фазы 1 является вектор спецификаций технологических параметров  $S_i$ , представляющий собой атрибуты идеальной технологии. Интерактивный сеанс фазы 1 заключается в выработке требования для каждой задачи. Каждая характеристика частной задачи транслируется в параметр взаимодействием с набором правил для формирования требования задачи, преобразующихся в набор альтернатив технологии и затем в окончательный набор ее спецификаций

$$i_{техн} (S_i, \dots, S_n) \quad (11)$$

Консультативный диалог, сопровождающийся выводом новых спецификаций, продолжается экспертом до выявления идеального вектора технологии. Этот вектор может состоять исключительно из простых первого порядка выводов по технологии или может быть робастным, включая выводы высокого порядка. Каждый новый уровень вывода достигается приложением новых правил к предыдущим выводам и дополнительных данных, полученных от пользователя. Результат вывода  $N$  - го порядка

точно задан в векторе  $i$ . Ответвлением в фазу 2 должно являться то, что правила, необходимые для манипулирования всеми последовательными вариациями правил фазы 1, должны быть включены в базу знаний фазы 2. Фаза 2 состоит из двух шагов: разработка списка приемлемых систем - кандидатов; расстановка приоритетов в списке кандидатов.

В шаге 1 предикату  $i$  придается форма цели. Для этого привлекается модель, управляемая целью и способная согласовать утверждения в базе данных, представляющие атрибуты существующих типоразмеров СЛА.

В предикативном виде форма цели имеет вид

$$\exists (R_c, L_r, m_{xm}, S_n) a_{техн} (R_c, L_r > 500 \text{ м}, m_{xm} > 330 \text{ кг}, S_n \text{ взаимосвязь } Q) \quad (12)$$

где  $L_r$  - длина гона;

$m_{xm}$  - масса химикатов (величина загрузки);

$Q$  - объем работ, га

Условие существования принимается путем отрицания поставленной цели

$$\text{Цель: } \sim a_{техн} (R_c, S_1, \dots, S_n) \quad (13)$$

В процессе доказательства того, что ни одна из таких технологий не существует, любые исключения, которые доказывают ложность отрицаемой цели, будут найдены и помещены в список  $R$ .

Шаг 2 выполняется применением группы правил к набору СЛА - кандидатов. При наличии неопределенности, можно составить мнение о различных кандидатах на разных уровнях определенности

$$\text{если } S_1 \wedge, \dots, \wedge S_i, \text{ то } \text{СЛА} = r_i cfCF_i \wedge \text{СЛА } r_j cfCF_j \quad (14)$$

Результат шага 1 эффективно сужает поисковое пространство, которое должно быть исследовано на шаге 2. Анализ всех существующих типоразмеров СЛА на шаге 2 был бы нецелесообразным. Парадигма, управляемая целью не подходит для большого числа кандидатов, имеющих в начале фазы 2. Ранжирование СЛА на шаге 2 выполняется путем подсчета достоинств отдельных СЛА и основываются на сумме произведений приоритетов для отдельных пунктов спецификации

$$\sum_j CF_i P_i x_{ij} \quad \forall \text{ спецификации } i, \quad \forall j \in R_c, \quad (15)$$

где каждая спецификация имеет приоритет  $P$ ,  $x_{ij} = 1$ , когда СЛА ей удовлетворяет. Типоразмер СЛА, дающий максимальную сумму по группе  $R_c$  может быть рекомендован в качестве наилучшей альтернативы.

Информационная модель выбора варианта СЛА приведена на рисунке 4.

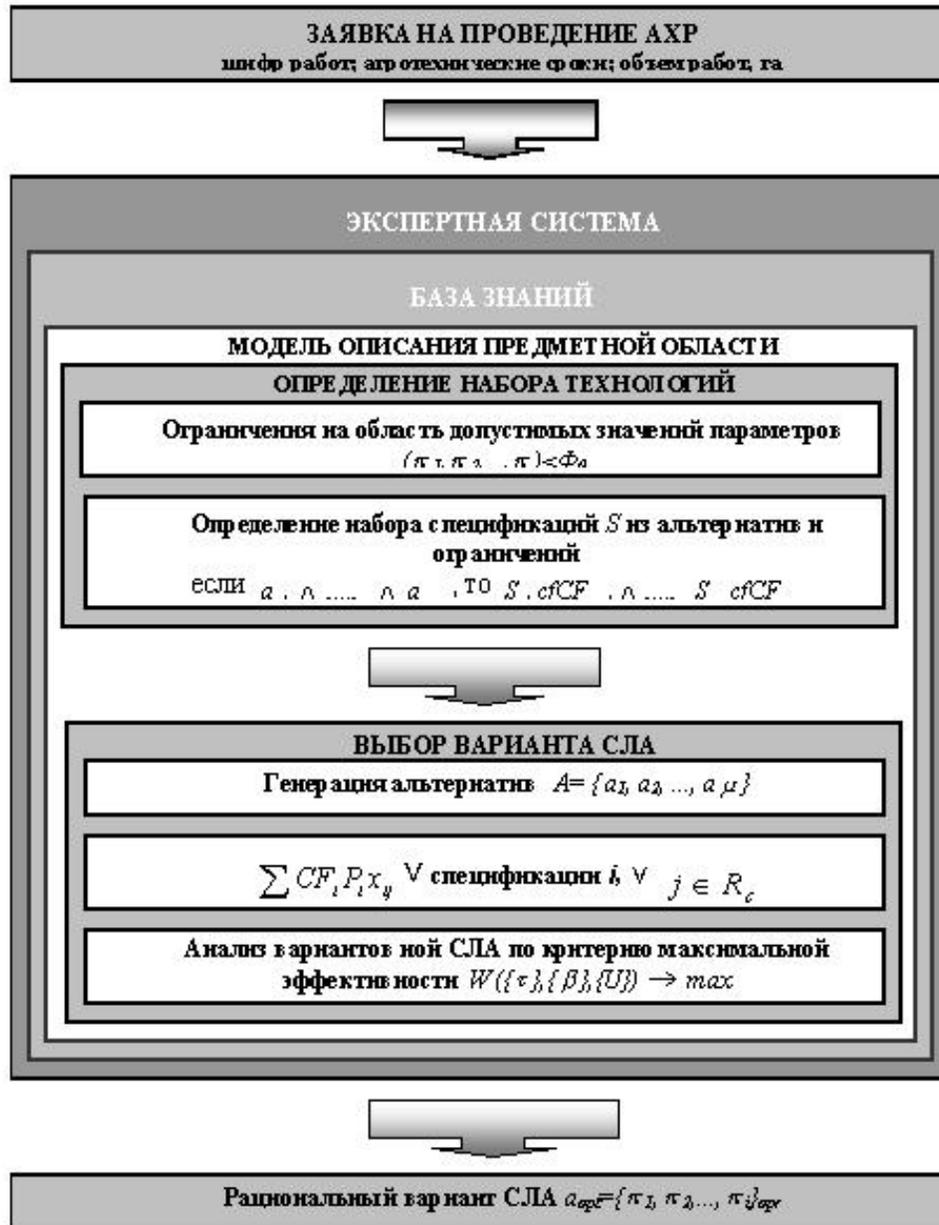


Рисунок 4 - Информационная модель выбора рационального варианта СЛЖ: СЛЖ - сельскохозяйственный летательный аппарат

## Выводы

Проведенные исследования позволили сформулировать концепцию

выбора СЛА для производства АХР, отражающую основной принцип их реализации - политехнологичность и построенную на трех основных положениях:

- в первом приближении задача выбора СЛА может быть решена путем оценки конфигурации обрабатываемых участков на основе выделения области предпочтительного применения СЛА определенного типоразмера;

- обоснована целесообразность описания технологии производства АХР двухуровневой структурной моделью в виде последовательной совокупности авиатехнологии, определяющей средства доставки, и агротехнологии, определяющей средства и способы внесения;

- показана возможность реализации выбора средства доставки для конкретной технологии с использованием предложенной информационной модели.

#### Список литературы:

1. Портников Б.А. Оценка и управление экологической надежностью и охрана окружающей среды при проведении специальных авиационных работ: Дисс. ... канд. техн. наук. Оренбург: ОГУ, 1998. 173 с.
2. Брусов В.С.. Системный анализ и автоматизированное проектирование летательных аппаратов. - М.: МАИ, 1982. 128 с.
3. Э. Кьюсиак. Искусственный интеллект: Применение в интегрированных производственных системах. - М.: Машиностроение, 1991. 411с.