

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЛЕТНОЙ ОПЕРАЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АВИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКИХ РАБОТ

К.Ю. Дибихин,

Аэрокосмический институт ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»

Современное сельскохозяйственное производство требует широкого применения высокопроизводительных средств обработки посевных площадей — авиационно-химических работ (АХР).

Критичность сроков производства АХР обуславливает необходимость поддержания готовности авиационного комплекса в течение всего периода проведения агротехнических мероприятий. Разрешение этой проблемы возможно путем корректировки схемы летной операции, что приводит к необходимости ее аналитического обоснования [Дибихин и др., 2003].

Согласно Султанову и Хабатуллину (2002), показателем эффективности использования летного парка является распределение годового фонда времени в виде баланса:

$$\frac{T_{\text{нлгод}} + T_{\text{нлгод}}(T_{\text{то}} + T_{\text{рем}})}{W_{\text{мрп}}} + T_{\text{нлгод}} \times T_{\text{п}} \left(\frac{V_{\text{сп}}}{L_{\text{сп}}} \right)_{\text{ijk}} + T_{\text{прост}} = 8760 \text{ (час)}$$

где $T_{\text{нлгод}}$ — годовой налет j -го летательного аппарата (ЛА) на i -м виде АХР;

$T_{\text{то}}$ — продолжительность технического обслуживания j -го варианта ЛА;

$T_{\text{рем}}$ — продолжительность одного ремонта j -го варианта ЛА;

$W_{\text{мрп}}$ — межремонтный ресурс планера j -го варианта ЛА;

$V_{\text{сп}}$ — средняя скорость полета;

$L_{\text{сп}}$ — средняя дальность полета;

$T_{\text{прост}}$ — время простоя исправного j -го варианта ЛА на i -м виде АХР.

Годовой фон времени распределяется следующим образом: простои при техническом обслуживании и ремонте ЛА — 35%, простои технически исправного ЛА — 25, подготовка к вылетам — 25, годовой налет — 15%. Технически исправные СЛА могут простаивать по следующим причинам: отсутствие заявок на проведение АХР, отсутствие химикатов и топлива, нарушения графиков полетов, организационные неполадки, плохие метеословия и т.д. Простои оцениваются временем, математическое ожидание которого включает простои резервных ЛА, обеспечивающих агротехническую регулярность полетов. Вероятность отсутствия простоев по указанным выше причинам определяется как коэффициент использования ЛА в полетах на АХР:

$$P_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{нлгод}}}{8760 \times P_{\text{ис}}} \times \left(1 + \frac{T_{\text{п}} \times V_{\text{пер}}}{L_{\text{пер}}} \right),$$

где $T_{\text{нлгод}}$ — годовой налет всех ЛА летного парка;

$P_{\text{ис}}$ — математическое ожидание количества исправных ЛА;

$T_{\text{п}}$ — время, затрачиваемое на перелет от базового аэродрома всеми ЛА.

Максимально возможное операционное время одного ЛА с учетом всех стадий функционирования при круглогодичном использовании составляет $T_{\text{оп макс}} = 8760$ ч/год. Введем в него $T_{\text{пнк}}$ — время подготовки — заправка топливом и химикатами одного ЛА j -го варианта в течение календарного года (ч):

$$T_{\text{пнк}} = \frac{(T_{\text{обсл}} + T_{\text{топл}}) \times \Pi_{\text{лч}} \times T_{\text{нлгод}}}{Q_{\text{поля}} \times W_{\text{ij}}}$$

Для сокращения простоев вертолета многоцелевого назначения (ВМН) сельскохозяйственной модификации Ка-126 (Ка-226) под заправкой топливом и химикатами необходимо рассмотреть возможность применения съемных баков-контейнеров, предварительно наполненных химикатами вне вертолета, обеспечив их доставку и механизированную замену.

Учитывая функциональные ограничения, накладываемые на оборудование, навешиваемое на сельскохозяйственный вертолет (СХВ), нужно отметить, что вместимость бака для химикатов составляет ≤ 1000 кг.

Расход химикатов $g_{\text{хм}}$ при разбрасывании составляет 200 кг/га, а при опрыскивании — 100 кг/га. Следовательно, при включении в существующую технологию доставки контейнеров на полевой аэродром наземным транспортом общая площадь обрабатываемых участков $S_{\text{обр}}$ должна составлять: при разбрасывании — не менее 5 га, а при опрыскивании — не менее 10 га.

Запас топлива СХВ значительно превосходит запас химикатов в расчете на одно полетное задание. Вследствие этого периодически возникает необходимость возвращения на аэродром основного базирования для заправки химикатами, что значительно увеличивает длину перелета $L_{\text{пер}}$.

На рис. 1 показана схема летной операции СХВ, включающая старт на участке 1—5 с набором высоты до высоты перелета $H_{\text{пер}}$. Далее следует снижение до рабочей высоты $H_{\text{рб}}$ на участке 6—7. На участке 7—10 производится технологический разворот на высоте $H_{\text{рзв}}$, на участке 10—11 — сброс химикатов на поле S_1 при рабочем проходе на рабочей высоте $H_{\text{рб}}$, на участке 11—12 — технологический разворот на высоте $H_{\text{рзв}}$, на участке 12—13 — сброс химикатов на поле S_2 при рабочем проходе на рабочей высоте $H_{\text{рб}}$, на участке 14—16 — технологический разворот на высоте $H_{\text{рзв}}$, на участке 16—17 — сброс химикатов на поле S_3 при рабочем проходе на рабочей высоте $H_{\text{рб}}$, на участке 17—19 при полном сбросе химикатов — перелет к базовому аэродрому и посадка СХВ для дозаправки химикатами. При скорректированной схеме летной операции оборудуется полевой аэродром. Изменение траектории полета СХВ производится на участке 14—16 до технологического разворота либо после него и его переход на участок А — В — С — D, ведущий по кратчайшей траектории на полевой аэродром, подготовленный для приема и обслуживания СХВ. На полевой аэродром предварительно наполненные химикатами баки-контейнеры доставляются наземным грузовым транспортом — контейнеровозом.

Целесообразность данного мероприятия подтверждается также тем, что на территории Российской Федерации сохранились полевые аэродромы для промежуточных посадок, которые могут служить опорными пунктами. Подготовка полевых аэродромов сводится к выравниванию ВПП и оборудованию места установки баков-контейнеров.

Очевидно, что включение новой технологии требует экономического обоснования и определения уровня целесообразности, начиная с которого ее применение будет экономически выгодным.

Принимая длину маршрута контейнеровоза равной длине перелета —

$$\begin{aligned} L_{\text{конт}} &= L_{\text{пер}}; \\ V_{\text{конт}} &\leq V_{\text{пер}}; \\ t_{\text{конт}} &\geq t_{\text{пер}} \end{aligned}$$

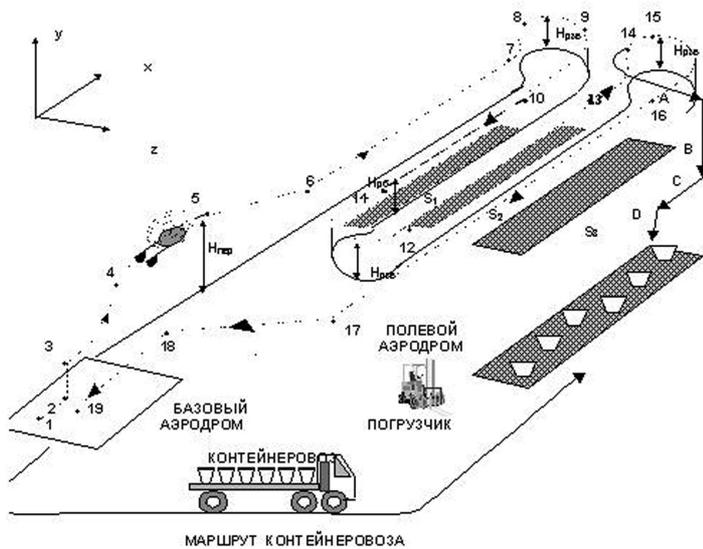


Рис. 1. Корректировка схемы летной операции: $H_{пер}$ — высота перелета; $H_{раз}$ — высота разворота; $H_{пр}$ — высота производства работ; A-B-C-D — участок с измененной траекторией

введем ряд ограничений на параметры, определяющие технологию:

1. Вылетая на проведение летной операции, СЛА оборудуется контейнером, наполненным химикатами с массой загрузки $m_{хм}$. Исходя из этого, определим первое ограничение: общая потребная масса химикатов $M_{хм}$, необходимая для обработки удаленных участков, должна превышать массу загрузки одного контейнера $m_{хм}$.

2. Поскольку потребная масса химикатов $M_{хм}$ зависит от общей площади обрабатываемых участков $S_{обр}$

$$M_{хм} = q_{хм} \cdot S_{обр}$$

где $q_{хм}$ — расход химикатов, кг/га;

$$\text{т.е., } S_{обр} \geq \frac{m_{хм}}{q_{хм}} \quad (1)$$

Отсюда общая площадь обрабатываемых участков $S_{обр}$ должна значительно превышать площадь, возможную для обработки с массой загрузки химикатами одного контейнера $m_{хм}$.

3. При обосновании целесообразности использования предлагаемой технологии необходимо учесть затраты на подготовку полевого аэродрома. Затраты на его оборудование $Z_{обор}$ складываются из затрат на подготовку ВПП $Z_{ВПП}$, транспортировку и обслуживание погрузчика $Z_{погр}$, техническое $Z_{техн}$ и бытовое $Z_{быт}$ обеспечение, содержание обслуживающего и технического персонала $Z_{обсл}$:

$$Z_{обор} = Z_{ВПП} + Z_{погр} + Z_{техн} + Z_{быт} + Z_{обсл}$$

Это ограничение определяется соотношением приведенных затрат на обработку одного га площади участка (участков):

$$PZ_{конт} \leq PZ_{сущ} \quad (2)$$

где $PZ_{конт}$ — приведенные затраты на новую технологию;

$PZ_{сущ}$ — приведенные затраты на существующую технологию.

Затраты на новую технологию складываются из затрат на проведение летной операции $Z_{опер}$, оборудование полевого аэродрома $Z_{обор}$ и преодоление длины перелета $Z_{L_{пер}}$.

Приведенные затраты на существующую технологию включают затраты на проведение летной операции $Z_{опер}$ и преодоление длины перелета $Z_{L_{пер}}$. При этом учитывается, что $L_{пер}$ будет преодолеваться несколько (n) раз.

В конечном счете, должно выполняться следующее условие, определяющее целесообразность применения новой технологии:

$$\frac{Z_{опер} + Z_{обор} + Z_{L_{пер}}}{S_{обр}} \leq \frac{Z_{опер} + (Z_{L_{пер}} \cdot n)}{S_{обр}} \quad (3)$$

На обустроенный полевой аэродром предварительно наполненные химикатами баки-контейнеры доставляются наземным грузовым транспортом — контейнеровозом, платформа которого позволяет за один раз перевезти 6 баков-контейнеров. Из этого следует, что длина перелета $L_{пер}$ сокращается приблизительно в 6 раз.

Для проведения замены баков-контейнеров на полевого аэродроме необходим подъемник, пригодный для выполнения работ по замене баков-контейнеров и обслуживаемый двумя подсобными рабочими.

Явно просматривается еще одна тенденция снижения расходов. В связи с тем что время, затрачиваемое СЛА на перелет, коррелирует с ценой топлива, можно констатировать 12-кратное сокращение времени перелета, поскольку авиационное топливо приблизительно в 12 раз дороже автомобильного.

Корректировка схемы летной операции за счет одновременной доставки контейнеровозом на полевой аэродром 6 предварительно наполненных химикатами баков, позволяет сократить длину перелета $L_{пер}$ приблизительно в 6 раз.

Таким образом, целесообразность использования предлагаемой технологии определяется исходя из соотношений (1), (2), (3). Если эти соотношения верны, то использование предлагаемого варианта технологии целесообразно. При этом изменяются функциональные составляющие как подсистемы сельскохозяйственных летательных аппаратов, так и подсистемы наземного комплекса, поскольку процесс обработки участков и процесс загрузки химикатов в баки-контейнеры разнесены в пространстве и времени, т.е., могут проходить независимо друг от друга. \blacksquare