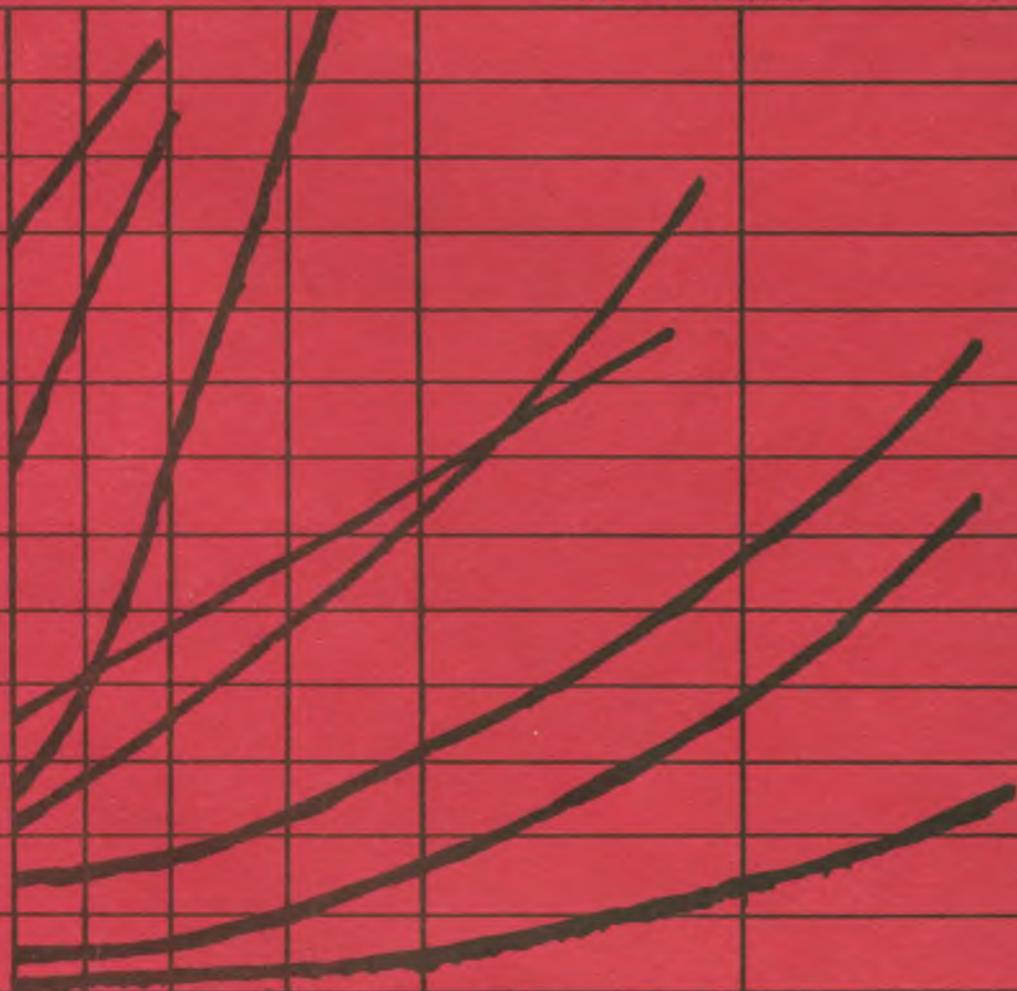


К 1137935

# Технико-экономическая оценка эффективности применения воздушных судов при тушении лесных пожаров



Государственный комитет СССР по лесу  
ЛЕНИНГРАДСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

---

Министерство гражданской авиации СССР  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

---

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ  
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ  
ПРИ ТУШЕНИИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Методические рекомендации

к 1137935

Ленинград  
1989

Рассмотрено и утверждено ученым советом ЛенНИИЛХа 25.05.88.

Составители

**В. Д. Пуздриченко, В. Н. Еремин, В. Г. Замурьев,  
В. М. Горышин, В. И. Лобанев, В. А. Еремин, М. О. Гумба**

Научный редактор

*Е. С. Арцыбашев*

Рецензент

*В. С. Тришин*

Ответственный за выпуск

*Б. Л. Волков*

Рассмотрены тактические и технологические особенности применения самолетов и вертолетов для тушения лесных пожаров непосредственно с воздуха. Дана расчетная оценка воздушных судов как средств пожаротушения. Приводятся результаты расчетов лесопожарных и экономических характеристик самолетов Ил-76, Ан-12, Ан-26П, Ан-72, М-18, самолетов-амфибий, вертолетов Ми-6, Ми-8, Ка-32, Ми-26.

Рекомендации рассчитаны на инженерно-технических работников областных управлений лесного хозяйства, территориальных баз авиационной охраны лесов, предприятий МГА, научных работников, преподавателей и студентов высших и средних лесотехнических учебных заведений.

Интенсивное хозяйственное освоение ранее не обжитых многолесных районов Севера, Сибири и Дальнего Востока сопровождается постоянным увеличением источников огня в лесу. Природные и антропогенные факторы способствуют возникновению большого количества пожаров, развитие которых носит характер стихийных бедствий. Как показывает анализ горимости лесов, ежегодно 2—3 района лесной зоны характеризуются высокой степенью засушливости и интенсивные лесные пожары охватывают большие площади.

Борьба с такими пожарами с помощью ручного инструмента и наземного оборудования крайне затруднена. В мировой практике в этих случаях тушение пожаров осуществляется с помощью самолетов и вертолетов, оборудованных специальными сливными устройствами. В одних случаях это первая атака самолетов и вертолетов-танкеров на возникшие пожары с целью их сдерживания до подхода основных сил наземного пожаротушения, в других — тушение с воздуха для оказания помощи наземным командам.

За рубежом (в Канаде, США, ФРГ, Франции, Испании, Австрии и т. д.) применяются как специально разработанные для тушения лесных пожаров самолеты-танкеры CL-215, «Трекер», так и переоборудованные самолеты «Фоккер-27», ДС-6В, С-130 и вертолеты «Белл-205», «Лама», AS-350 В1.

В нашей стране в последние годы разрабатывается несколько вариантов переоборудования самолетов в лесопожарный вариант. Так, для вертолета Ми-8 создано и в настоящее время эксплуатируется водосливное устройство (ВСУ). Прошел летные испытания макет модульного сливного вертолетного устройства (МСВУ).

## **1. АВИАЦИОННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ БОРЬБЫ С ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ**

С целью определения возможностей применения воздушных судов (ВС) при тушении лесных пожаров непосредственно с воздуха технико-экономическая оценка выполнена для ряда имеющихся в настоящее время в СССР транспортных самолетов и вертолетов. Летно-технические характеристики ВС соответствуют базовым.

В основе конструкции водосливного оборудования самолетов лежит принцип гравитационного истечения жидкости. Длина полосы, проложенной за 1 слив жидкости из водосливного оборудования самолетов, задавалась по характеристикам зарубежного образца — самолета-амфибии CL-215. В расчетах принято, что 1 м<sup>3</sup> сливаемой жидкости создает огнезадерживающую полосу длиной 15 м; при этом допускалось, что дозировка жидкости на этой полосе и ширина полосы позволяют локализовать (потушить) лесной низовой пожар любой интенсивности.

Для вертолетов расчеты произведены по двум типам сливных устройств, основанным на принципе:

1) гравитационного истечения жидкости (ВСУ вертолета Ми-8Т);

2) истечения жидкости под давлением (МСВУ).

Длина полосы, прокладываемой за 1 слив жидкости, определена по результатам летных исследований модульных сливных вертолетных устройств из расчета 1 м<sup>3</sup> — 100 м полосы; для ВСУ 1 м<sup>3</sup> — 40 м полосы.

Таблица 1.1

**Характеристика лесопожарного сливного оборудования воздушных судов \***

Воздушное судно	Максимальная вместимость баков для воды, м <sup>3</sup>	Максимальная длина полосы, смоченной за 1 слив жидкости, м
<i>Самолеты</i>		
Ил-76	31,8	476
Амфибия А	25,0	375
Ан-12	18,0	270
Ан-72	6,0	90
Амфибия Б	6,0	90
Ан-26	4,0	60
М-18 («Дромадер»)	1,2	18
<i>Вертолеты</i>		
Ми-8 с ВСУ	2,0	80
Ми-8 с МСВУ	2,0	200
Ми-6 с МСВУ	5,0	500
Ми-32 с МСВУ	4,0	400
Ми-26	20,0	2000

\* Принято, что летно-технические характеристики самолетов и вертолетов в лесопожарном варианте идентичны характеристикам базовых самолетов и вертолетов.

Расчетные характеристики сливного оборудования самолетов Ил-76, Ан-12, М-18 («Дромадер»), Ан-26, Ан-72, самолетов-амфибий А и Б, вертолетов Ми-8, Ка-32, Ми-6, Ми-26 приведены в табл. 1.1. В процессе опытно-конструкторских работ характеристики могут быть уточнены.

## **2. МАРШРУТНОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НЕПОСРЕДСТВЕННО С ВОЗДУХА**

Воздушные суда, оборудованные специальными сливными устройствами, могут заправляться по следующим технологическим схемам:

- 1) огнетушащей жидкостью на аэродроме (все ВС);
- 2) водой на водоеме с введением концентрата огнетушащего состава на борту ВС (самолеты-амфибии, вертолеты с ВСУ);
- 3) огнетушащей жидкостью на специально оборудованном пункте у водоема вблизи пожара (вертолеты с МСВУ).

При использовании первой схемы лесопожарное воздушное судно, заправленное на аэродроме, после слива на пожаре возвращается на аэродром для очередной заправки. При этом выполняются следующие технологические операции:

- 1) прогрев двигателей и руление;
- 2) взлет, набор высоты и крейсерской скорости;
- 3) перелет по маршруту аэродром — пожар;
- 4) снижение, полукруг для захода на курс сброса жидкости на пожар; слив жидкости;
- 5) набор высоты и крейсерской скорости;
- 6) перелет пожар — аэродром;
- 7) снижение, полукруг перед посадкой, посадка, руление к месту заправки жидкостью;
- 8) заправка жидкостью и топливом (при необходимости);
- 9) слив отстоя топлива (если была дозаправка);
- 10) повторение операций с 1-й по 9-ю.

По второй схеме самолеты-амфибии и вертолеты с ВСУ заправляются водой непосредственно на водоеме путем посадки на воду (амфибия) или зависания над поверхностью воды (вертолет).

При этом выполняются следующие операции:

- 1) прогрев двигателей и руление;
- 2) взлет, набор высоты и крейсерской скорости;
- 3) перелет по маршруту аэродром — водоем;
- 4) снижение и круг для десантирования группы обеспечения посадки самолета-амфибии на водоем;
- 5) перелет по маршруту водоем — пожар;
- 6) круг по периметру пожара для осмотра и составления схемы тушения;
- 7) перелет пожар — водоем;
- 8) полукруг и посадка на водоем;
- 9) забор воды (введение концентрата огнетушащего состава);
- 10) взлет;
- 11) набор высоты и крейсерской скорости, перелет водоем — пожар;

- 12) полукруг, снижение для захода на рабочий курс и высоту сброса жидкости, слив жидкости;
- 13) набор высоты и крейсерской скорости;
- 14) перелет по маршруту пожар — водоем;
- 15) снижение, полукруг, посадка на водоем;
- 16) забор воды, взлет и повторение операций 11—15 до израсходования расчетного количества топлива;
- 17) по завершении работ посадка на водоем для принятия на борт группы обеспечения;
- 18) взлет;
- 19) набор высоты и крейсерской скорости;
- 20) перелет по маршруту водоем — аэродром;
- 21) снижение, полукруг, посадка, руление к месту стоянки.

Для вертолета с ВСУ не выполняются 5—8-я операции, а в 4-й операции он снижается до высоты, предусмотренной руководством по забору воды с помощью ВСУ. Завершив работу, вертолет возвращается на аэродром непосредственно из района пожара (без захода на водоем).

Вертолеты с МСВУ для заправки и перезарядки энергоагрегата нуждаются в организации у водоема специального заправочного пункта (третья схема). Для этого в п. 4 выполняется задача десантирования личного состава и оборудования заправочного пункта и вместо пп. 8, 9 производятся следующие операции:

- 8) полукруг и зависание над МСВУ;
  - 9) подцепка МСВУ,
- а 15-я и 16-я операции исключаются.

### **3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ТУШЕНИЯ ЛЕСНОГО ПОЖАРА АВИАЦИОННЫМИ СРЕДСТВАМИ**

Методика основана на определении максимально возможного объема работ, выполняемого воздушным судном по локализации пожара огнезадерживающими полосами. Периметр локализованного пожара определяется объемом выполненных работ и численно равен суммарной длине проложенных полос. По конечному периметру с учетом скорости тушения для различных скоростей фронта определяется начальный периметр пожара, который может быть полностью локализован.

В соответствии с возможным способом применения воздушных судов на тушении лесного пожара рассматриваются технологические схемы с одной заправкой летательного аппарата топливом или с дозаправками, с заправкой огнетушащей жидкостью на стационарном заправочном пункте, временном гидроаэродроме или полевом заправочном пункте.

Суммарная длина проложенных полос может быть определена как

$$L = q^{-1} \sum_{i=1}^n V_i, \quad (3.1)$$

где  $q$  — расход огнетушащей жидкости на единицу длины полосы, зависящей от авиационного лесопожарного оборудования;  $V_i$  — объем жидкости, сбрасываемой за один цикл тушения;  $n$  — максимально возможное в данных условиях число циклов.

Объем сбрасываемой жидкости определяется как максимально возможный, удовлетворяющий условиям:

$$\rho V_i + m_{li} \leq m_m - m_s, \quad (3.2)$$

$$V_i \leq V_m, \quad (3.3)$$

где  $\rho$  — плотность огнетушащей жидкости;  $m_{li}$  — масса топлива в момент взлета ВС из пункта заправки огнетушащей жидкостью;  $m_m$  — максимальная взлетная масса ВС;  $m_s$  — масса снаряженного ВС, включая лесопожарное оборудование;  $V_m$  — максимально возможный объем заправки ВС огнетушащим составом.

Число циклов тушения (полетов) определяется как максимальное, удовлетворяющее условиям:

$$(n+p)t_n + \sum_{i=1}^{n+p} t_{li} + kt_p + \sum_{j=1}^k t_{2j} \leq T_m, \quad (3.4)$$

$$(n+p)t_n + kt_p \leq T_n, \quad (3.5)$$

$$(n+p)m_z + km_0 \leq \sum_{j=1}^k m_{2j}, \quad (3.6)$$

где  $k$  — число заправок топливом;  $t_n$  — время перелета от пункта заправки жидкостью до пожара и обратно с учетом времени всех элементов полета;  $t_p$  — время перелета от аэродрома до пункта заправки огнетушащей жидкостью;  $p$  — целочисленный параметр технологической схемы, равный единице в случае выполнения разведочного полета на пожар или нулю при его отсутствии;  $t_{li}$  — время пребывания ВС в пункте заправки огнетушащим составом;  $t_{2j}$  — время пребывания ВС в пункте заправки топливом;  $T_m$  — максимально допустимое общее время непрерывной работы экипажа ВС;  $T_n$  — максимально допустимое летное время (светлое время суток);  $m_z$  — масса топлива, расходуемого на выполнение одного рабочего цикла (полета);  $m_0$  — масса топлива, расходуемого ВС до и после выполнения серии рабочих циклов (полетов);  $m_{2j}$  — масса топлива, ограниченного вместимостью топливных баков.

Считая периметр локализованного пожара равным суммарной длине проложенных полос, максимально допустимый периметр пожара на момент принятия решения о его тушении можно определить выражением

$$L_0 = L \{ \exp [v_L (v_T^2 - v_L \pi^{-2}) ]^{-\frac{1}{2}} - 1 \}^{-1} - v_L t_0,$$

где  $v_L$  — скорость нарастания периметра пожара;  $v_T$  — средняя скорость тушения пожара;  $t_0$  — время с момента начала подготовки к вылету до первого слива жидкости на пожар.

Скорость нарастания периметра (периметрическая скорость) определяется скоростью фронта пожара  $v_F$  и может рассчитываться по формуле

$$v_L = 0,8 + 3v_F.$$

Отношение суммарной длины проложенных полос  $L$  к промежутку времени между первым и последним сливом  $T$  является средней скоростью тушения, т. е.

$$v_T = LT^{-1}.$$

Величины  $q, \rho, m_m, m_s, V_m, T_m, T_n, v_F$  постоянны или задаются для конкретного пожара. Переменные  $t_n, t_p, m_z, m_0$  для каждого типа ВС являются известными функциями расстояний аэродром — пункт заправки — пожар.

Наиболее простым способом расчета оставшихся не определенными характеристик процесса тушения является численная имитация технологической схемы работы ВС, позволяющая отказаться от получения обобщенных громоздких аналитических выражений. Принцип имитирования заключается в определении приращений искомых функций, вызванных последовательным выполнением элементарных технологических операций. Если новые значения переменных приводят к нарушению условий (3.2) — (3.6) или других дополнительных ограничений конкретной технологической схемы, то выполнение этой операции отменяется, процесс вычислений считается законченным, текущее значение переменных является решением задачи.

Условия (3.2) — (3.6) являются достаточными для расчетов по схеме с заправкой огнетушащей жидкостью на полевом заправочном пункте или гидроаэродроме. При аэродромной заправке они частично упрощаются, так как  $V_i = \text{const}$ ,  $m_0 = 0$ ,  $t_0 = 0$ . В случае одновременной заправки топливом и огнетушащей жидкостью следует для всех  $i$ , соответствующих  $j$  заправкам, принять:

$$\begin{aligned} t_{2j} &= 0 \text{ при } t_{1i} \geq t_{2j}; \\ t_{1i} &= 0 \text{ при } t_{1i} < t_{2j}. \end{aligned}$$

## 4. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

### 4.1. Тушение лесных пожаров с помощью одного ВС

Производительность ВС на тушении лесного пожара определяется скоростью прокладки полосы — скоростью тушения (рис. 1—5). При работе с аэродромного заправочного пункта скорость тушения для одного самолета не превышает 5—6 м/мин, что позволяет использовать самолет на тушении пожара со скоростью фронта не более 1,5 м/мин. Для вертолетов скорость тушения в этом случае не более 9—10 м/мин. При работе с полевого заправочного пункта (вертолеты) или с ближайшего к пожару водоема

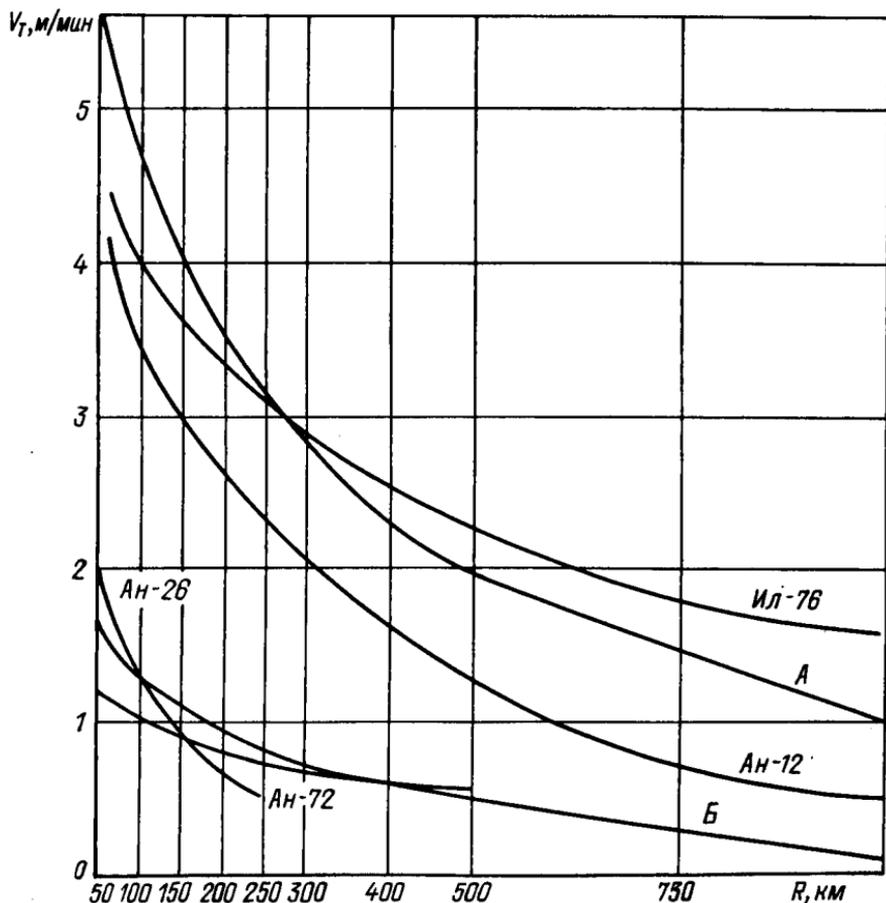


Рис. 1. Скорость тушения лесных пожаров  $V_T$  с помощью самолетов при заправке на аэродромном заправочном пункте ( $R$  — расстояние аэродром — пожар)

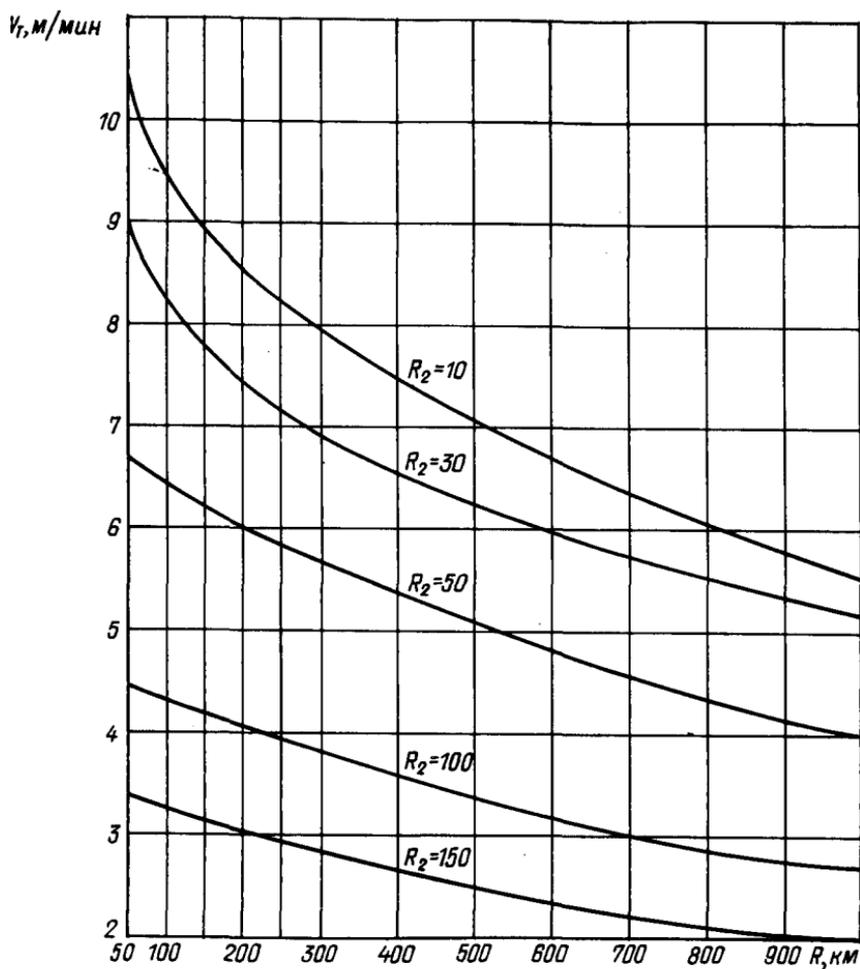


Рис. 2. Скорость тушения лесных пожаров  $V_T$  с помощью самолета-амфибии А ( $R_2$  — расстояние водоем — пожар, км)

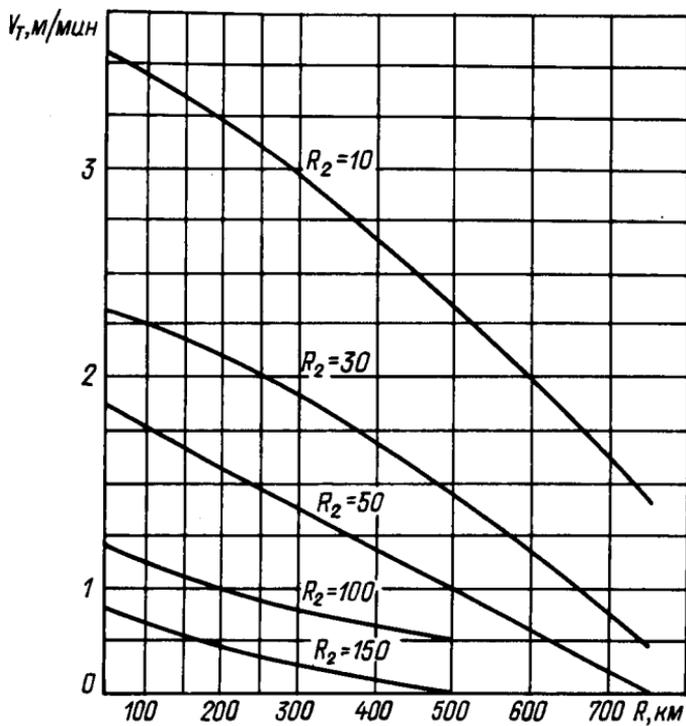


Рис. 3. Скорость тушения лесных пожаров  $V_T$  с помощью самолета-амфибии Б ( $R_2$  — расстояние водоем — пожар, км)

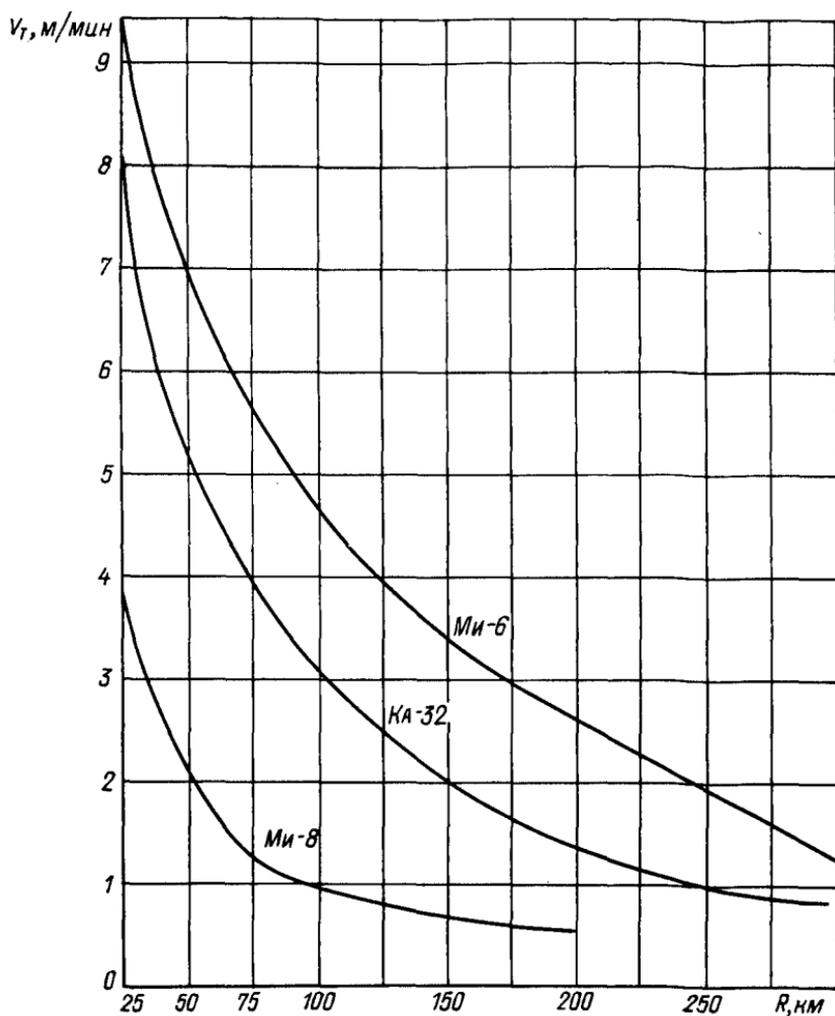


Рис. 4. Скорость тушения лесных пожаров  $V_T$  с помощью вертолетов при заправке сливного оборудования на аэродроме

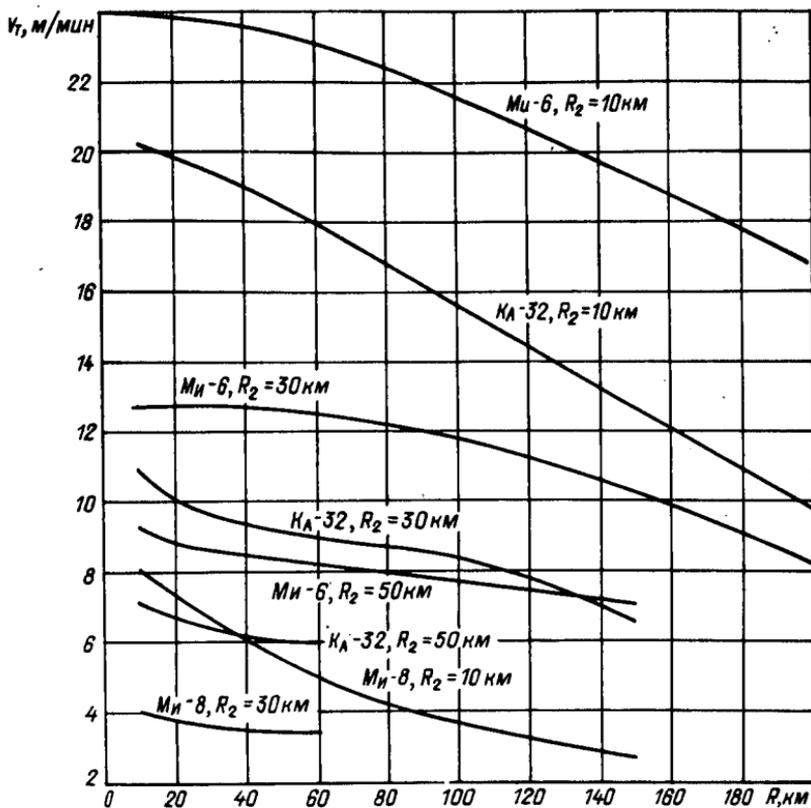


Рис. 5. Скорость тушения лесных пожаров  $V_T$  с помощью вертолетов при заправке сливного оборудования на водоеме

(самолеты-амфибии) скорость тушения с воздуха увеличивается в 2—3 раза.

На рис. 6 и 7 представлена зависимость площади потушенного лесного пожара  $S_n$  от расстояния аэродром — пожар  $R$  и начальной площади пожара  $S_0$  на момент вылета с аэродрома при скорости фронта пожара 0,5 и 1,0 м/мин соответственно.

Самолет-амфибия А за 8 ч летного времени может потушить лесной пожар на большей площади, чем самолет Ил-76, имея баки для огнетушащей жидкости на 6,8 м<sup>3</sup> меньше (см. табл. 1.1). Это объясняется летно-техническими характеристиками самолета-амфибии. Как видно из рис. 6 и 7, самолеты большой грузоподъемности могут потушить за 8 ч летного времени пожар площадью 20—50 га.

В гидроварианте самолеты А и Б могут потушить пожар на площади примерно в 2 раза большей, чем в сухопутном варианте (рис. 8).

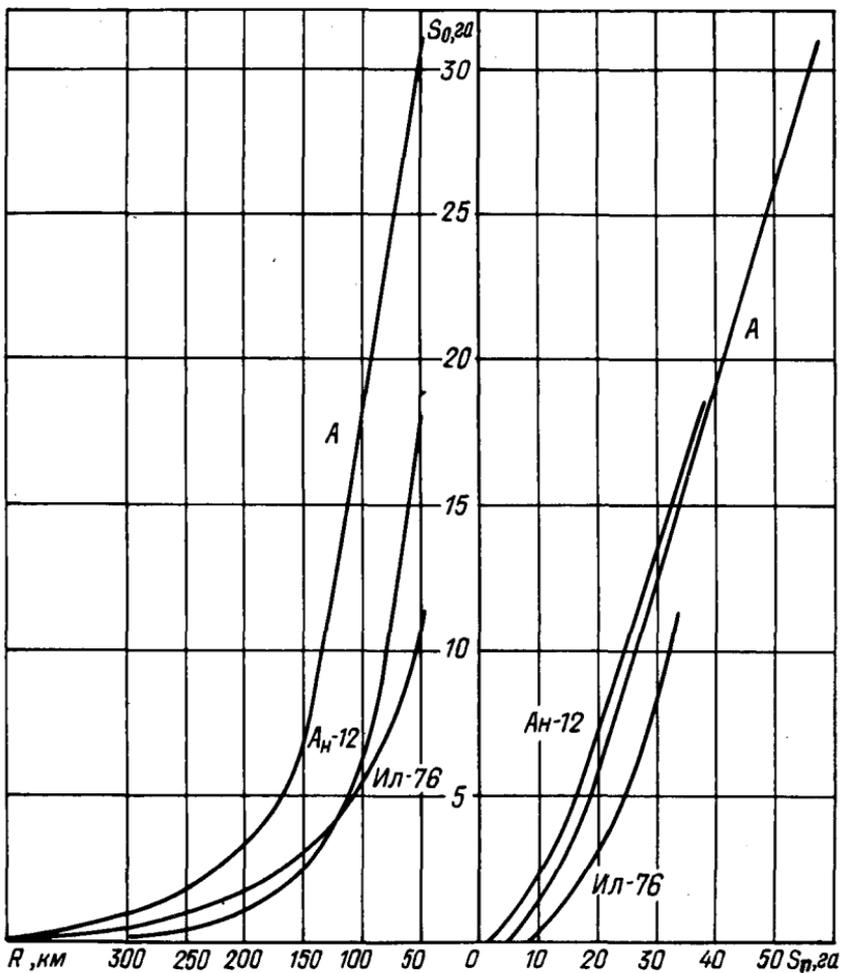


Рис. 6. Зависимость площади потушенного лесного пожара  $S_n$  от расстояния аэродром — пожар  $R$  и начальной площади пожара  $S_0$  на момент вылета с аэродрома (скорость фронта — 0,5 м/мин)

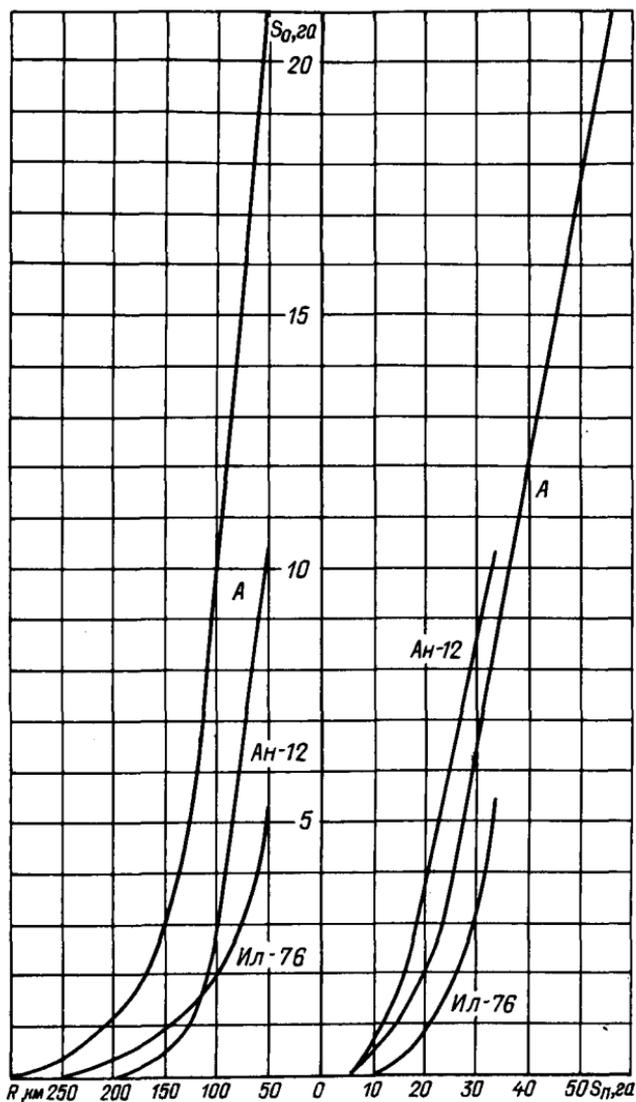


Рис. 7. Зависимость площади потушенного лесного пожара  $S_n$  от расстояния аэродром — пожар  $R$  и начальной площади пожара  $S_0$  на момент вылета с аэродрома (скорость фронта — 1 м/мин)

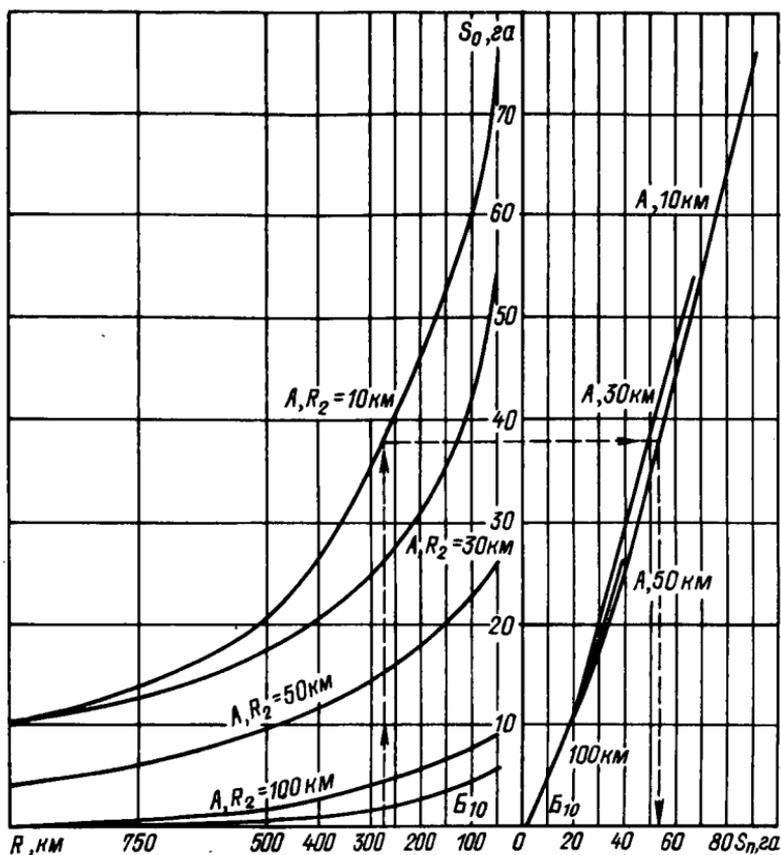


Рис. 8. Зависимость площади потушенного лесного пожара  $S_n$  от расстояния аэродром — пожар  $R$ , расстояния водоем — пожар  $R_2$  и начальной площади на момент вылета  $S_0$  (самолеты-амфибии А и Б; скорость фронта — 0,5 м/мин)

Вертолеты с МСВУ даже при работе с аэродрома, удаленного от пожара на 50 км, могут бороться с пожарами в 2—3 раза большей площади (рис. 9), чем самолеты большой грузоподъемности: при работе с заправочных пунктов вертолет Ка-32 или Ми-6 может тушить пожары площадью до 200—300 га (рис. 10).

Основные лесопожарные характеристики использования самолетов Ан-26, Ан-72 и Б представлены в табл. 4.1.

Скорость тушения пожара самолетом М-18 ниже скорости нарастания его периметра при скорости фронта 0,5 м/мин, т. е. применять М-18 для тушения даже таких пожаров нецелесообразно. Из табл. 4.1 видно, что Ан-26, Ан-72 и самолет-амфибию Б также не перспективно использовать в одиночном варианте при тушении лесных пожаров.

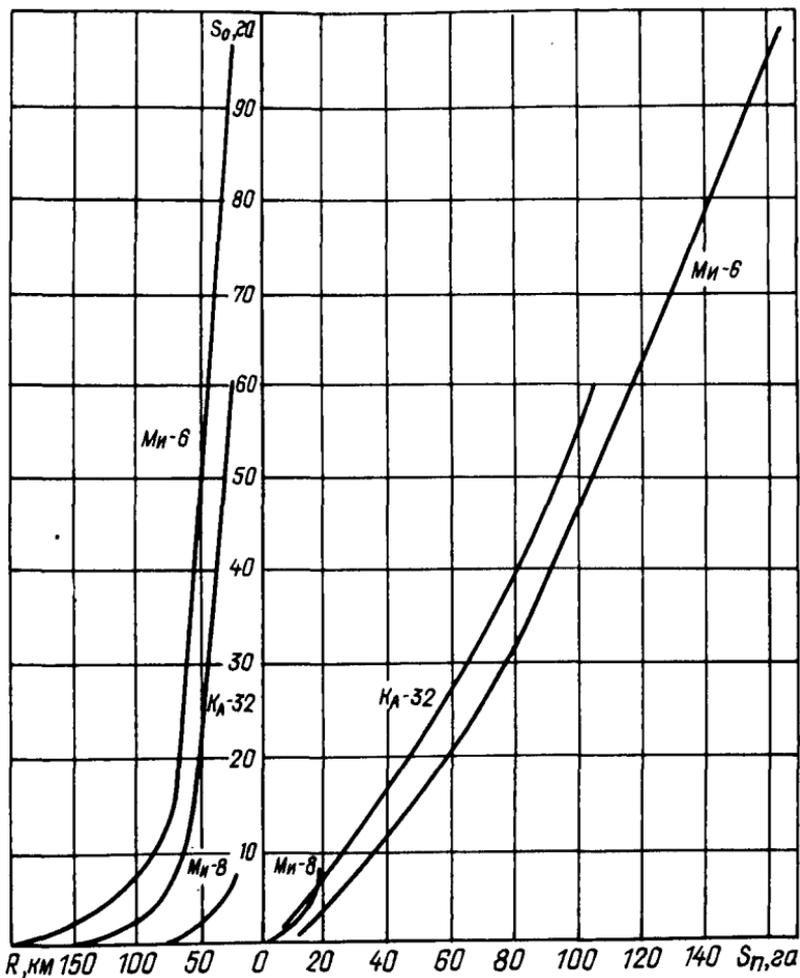


Рис. 9. Зависимость площади потушенного лесного пожара  $S_n$  от расстояния аэродром — пожар  $R$  и начальной площади на момент вылета  $S_0$  (скорость фронта — 1 м/мин; вертолеты при заправке огнетушащей жидкостью на аэродроме)

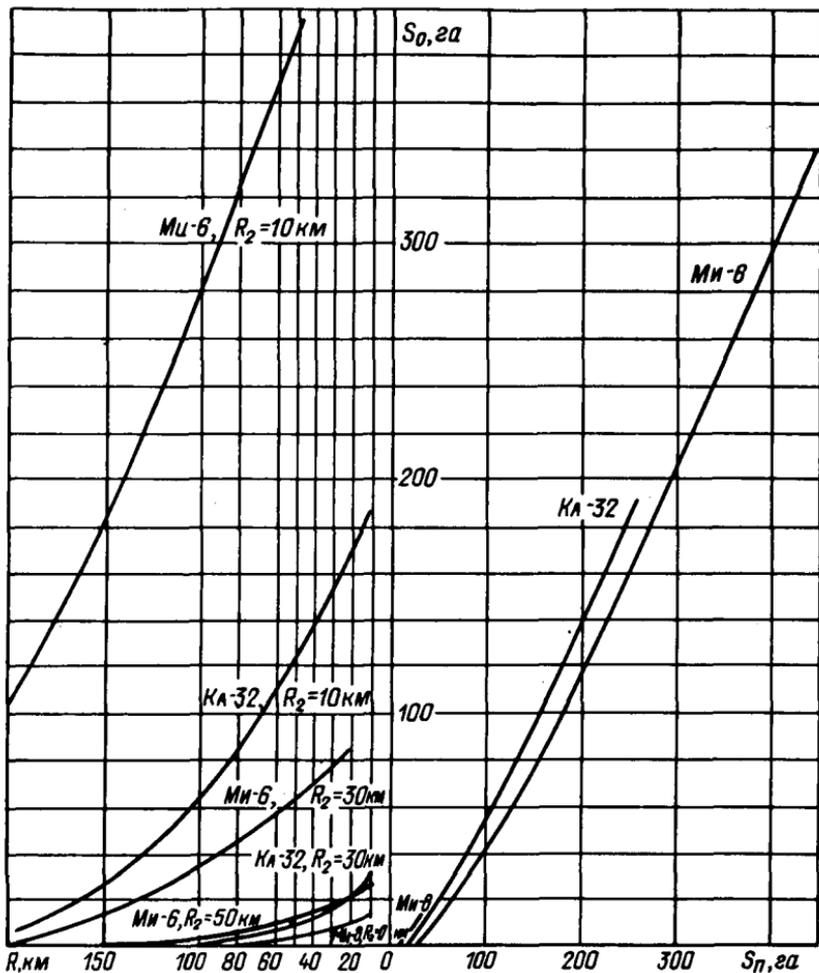


Рис. 10. Зависимость площади потушенного лесного пожара  $S_n$  от расстояния аэродром — пожар  $R$ , расстояния водоем — пожар  $R_2$  и начальной площади пожара  $S_0$  на момент вылета с аэродрома (скорость фронта — 1 м/мин; заправка огнетушащей жидкостью у водоема)

Таблица 4.1

**Характеристика пожаров, потушенных с помощью самолетов,  
при скорости фронта 0,5 м/мин**

Расстояние аэродром — пожар, км	Тип самолета		
	Ан-26	Ан-72	Б
50	0/1,17	0/2,07	0,39/4,67
100	0/0,71	0/1,17	0,1/2,62

Затраты на тушение 1 га лесного пожара с воздуха в зависимости от расстояния аэродром — пожар представлены на рис. 11—14, а затраты на прокладку 1 км полосы — в табл. 4.2 и 4.3.

Затратный механизм отражает производительность ВС: чем она выше, тем меньше стоимость тушения.

Из рассмотренных типов вертолетных систем пожаротушения выделены как наиболее производительные вертолеты Ми-6 и Ка-32, работающие в комплексе с МСВУ. Расчеты показывают, что применение этих вертолетов наиболее эффективно в радиусе до 150 км от аэродрома. На таких расстояниях «вертолетный» способ пожаротушения выгодно отличается от «самолетного», особенно при работе с полевых заправочных пунктов. Так, за 8-часовой рабочий день на удалении водоем — пожар до 15 км вертолет Ми-6 способен прокладывать до 10—15 км огнезадерживающих полос со средней скоростью 15—20 м/мин, что делает возможным его применение для тушения крупных лесных пожаров (площадью до 300 га) средней и высокой интенсивности.

Учитывая низкую в сравнении с высокопроизводительными самолетами стоимость летного часа эксплуатации вертолетов, пониженные требования к водоемам для организации полевых заправочных пунктов и аэродромам возможного базирования, наиболее эффективно в радиусе до 150 км от пожаров до аэродромов использовать вертолеты Ми-6, Ка-32 в комплексе с МСВУ.

**Самолет Ил-76**

За 8 летных часов может проложить смоченную противопожарную полосу длиной 2,86—0,95 км при удалении от аэродрома 50—1000 км. Скорость прокладки полосы 4,62—1,49 м/мин (см. рис. 1). Это указывает на целесообразность применения самолета Ил-76 для борьбы с пожарами слабой интенсивности при их удалении до 500 км от аэродрома и средней интенсивности — до 100 км.

При использовании самолета Ил-76 в радиусе 50—1000 км затраты соответственно составляют 18,75—59,82 тыс. руб. на 1 км полосы или 1,64—15,47 тыс. руб./га (см. рис. 11).

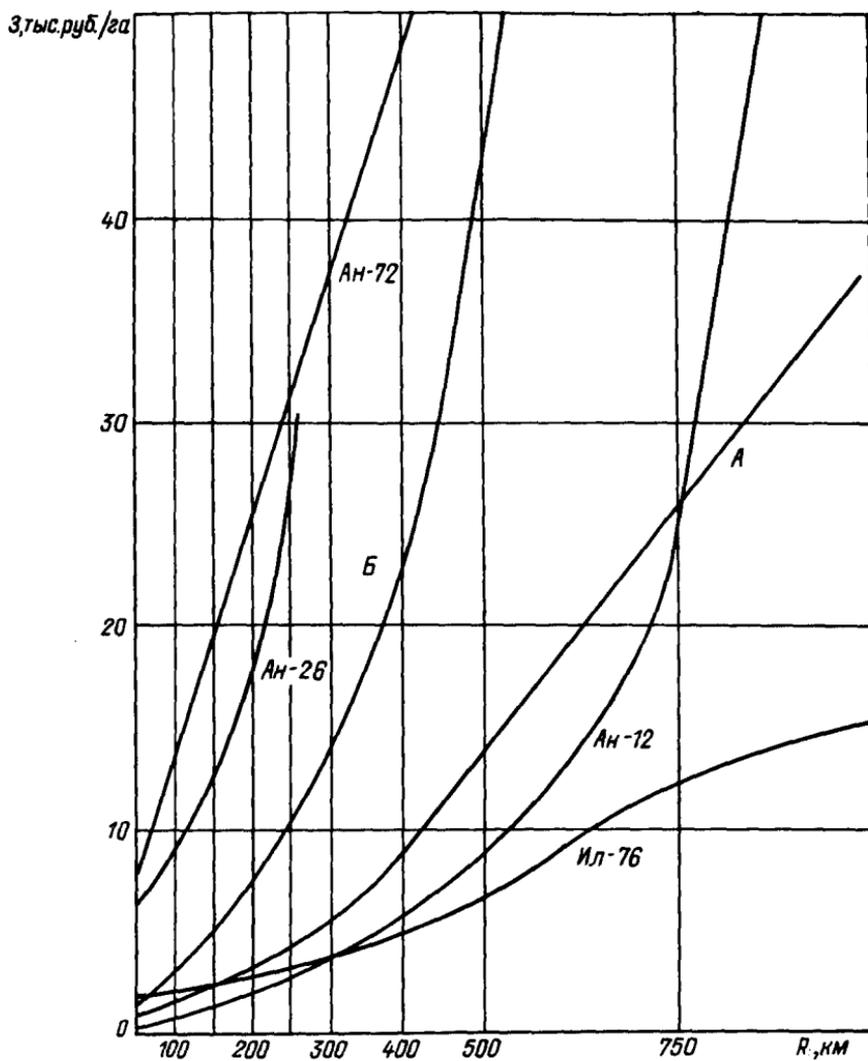


Рис. 11. Стоимость 3 тушения 1 га лесного пожара самолетами в зависимости от расстояния аэродром — пожар  $R$  (заправка огнетушащей жидкостью на аэродроме)

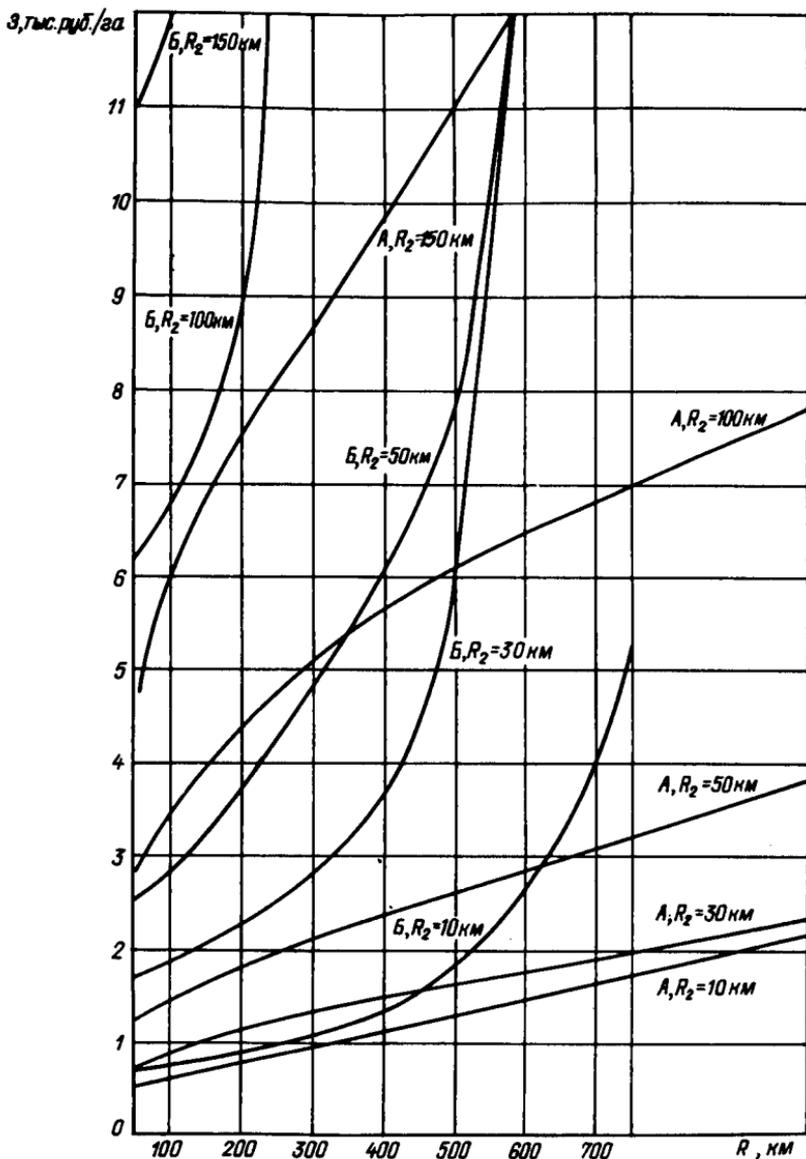


Рис. 12. Стоимость  $Z$  тушения 1 га лесного пожара самолетами-амфибиями А и Б в зависимости от расстояния аэродром — пожар  $R$  и водоем пожар  $R_2$

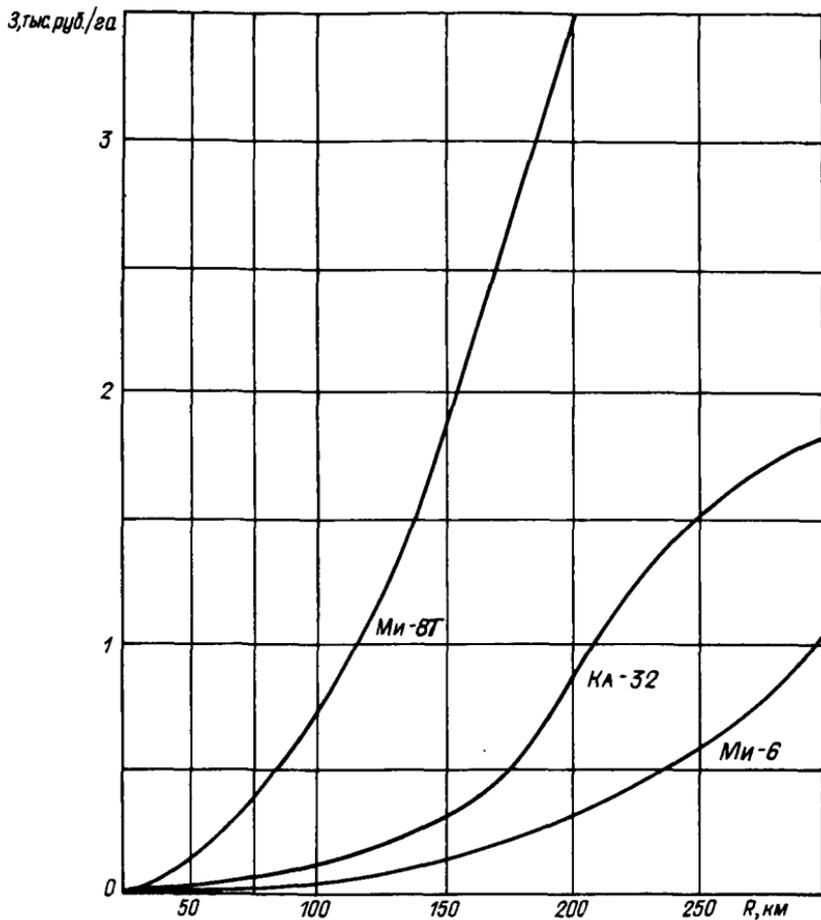


Рис. 13. Стоимость  $Z$  тушения 1 га лесного пожара вертолетами Ми-8Т, Ка-32 и Ми-6 в зависимости от расстояния аэродром — пожар  $R$  (заправка огнетушащей жидкостью на аэродроме)

3, тыс. руб./га

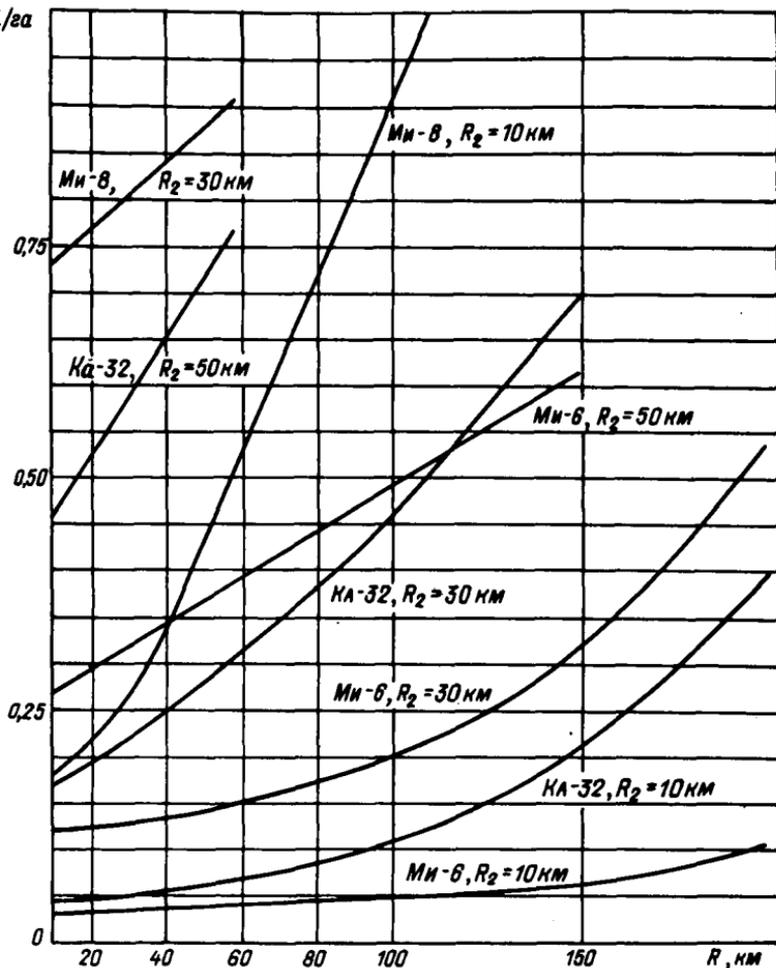


Рис. 14. Стоимость 3 тушения 1 га лесного пожара вертолетами Ми-8, Ка-32 и Ми-6 в зависимости от расстояния аэродром — пожар  $R$  и водоем — пожар  $R_2$  (заправка огнетушащей жидкостью у водоема)

Таблица 4.2

## Затраты на прокладку 1 км полосы самолетом, тыс. руб.

Тип ВС	Расстояние пожар — водоем, км	Расстояние пожар — аэродром, км									
		50	100	200	300	400	500	600	1000		
Ил-76	—	18,75	21,40	26,25	29,49	33,55	37,64	48,28	59,82		
Амфибия А	—	13,35	16,04	24,44	30,51	39,95	49,40	58,07	87,78		
Ан-12	—	5,13	7,27	10,41	13,88	18,16	22,97	38,12	60,14		
Амфибия Б	—	7,0	9,75	15,25	20,75	26,25	31,75	78,01	142,21		
Ан-26	—	14,11	16,96	24,70	—	—	—	—	—		
Ан-72	—	23,47	27,99	40,86	44,76	53,16	61,98	—	—		
Амфибия Б	10	4,64	4,91	4,86	5,33	5,93	6,71	11,35	—		
	30	7,21	7,91	7,77	8,76	9,48	12,02	21,79	—		
	50	8,98	9,47	9,88	10,64	12,41	13,71	31,76	—		
Амфибия А	10	9,94	10,70	12,65	14,33	13,62	15,10	16,54	19,29		
	30	11,75	12,65	14,51	13,85	15,92	16,14	18,65	20,73		
	50	15,96	16,68	17,02	18,98	19,97	20,26	24,21	27,04		

Таблица 4.3

## Затраты на прокладку 1 км полосы вертолетом, тыс. руб.

Тип вертолета	Расстояние пожар — водоем, км	Расстояние пожар — аэродром, км									
		10	20	30	40	50	60	80	100	150	200
Ка-32 (водоем)	10	1,38	1,46	1,50	1,55	1,65	1,71	1,90	2,15	2,86	4,26
	30	2,05	2,12	2,41	2,49	2,43	2,38	2,86	3,38	4,21	—
	50	4,34	5,04	5,21	5,39	5,56	5,74	—	—	—	—
Ка-32 (аэродром) Ми-8Т с МСВУ	—	—	—	3,30	—	3,41	—	6,0	7,51	10,47	20,15
	—	—	3,36	—	—	4,83	—	12,60	15,55	21,43	27,31
	10	2,01	2,12	2,63	2,77	2,91	3,05	4,49	4,91	7,27	—
Ми-8Т с ВСУ (водоем)	30	4,20	4,41	4,62	4,83	5,03	5,24	—	—	—	—
	10	4,58	4,81	5,03	5,25	5,88	6,15	6,68	7,21	9,83	14,18
	30	8,49	8,83	9,16	9,49	11,07	11,52	12,41	13,29	—	—
Ми-6 (аэродром) Ми-6 (водоем)	50	12,85	13,29	13,74	14,18	14,63	—	—	—	—	—
	—	—	2,58	—	—	3,87	—	5,17	6,46	9,05	11,64
	10	1,49	1,52	1,56	1,60	1,64	1,69	1,83	1,88	2,06	2,83
Ми-26 (водоем)	30	2,94	3,02	2,97	3,05	3,16	3,24	3,41	3,87	4,67	6,31
	50	4,18	4,59	4,72	4,85	4,98	5,10	5,36	5,99	6,78	—
	10	4,16	4,37	4,58	5,13	5,38	6,26	6,89	8,99	—	—
30	8,58	8,99	9,41	—	—	—	—	—	—	—	

## Самолет-амфибия А

При работе с аэродрома в радиусе 50—300 км обеспечивает прокладку полос со скоростью 5,7—3 м/мин (см. рис. 1); на больших расстояниях от пожара (до 1000 км) скорость прокладки уменьшается до 1 м/мин. За 8 летних часов в радиусе 50—1000 км прокладывает полосу длиной 3,75—0,58 км, которая локализует пожар площадью от 56 до 1 га. С сухопутного аэродрома может быть использован в радиусе до 100 км для борьбы с лесными пожарами средней интенсивности, при больших радиусах — слабой интенсивности. При работе с временных гидроаэродромов скорость прокладки полос увеличивается в 2,5 раза и более (см. рис. 2), что приводит к увеличению максимального периметра локализованного пожара на 1—1,5 км по сравнению с сухопутным.

Анализ результатов расчетов показывает, что гидровариант самолета-амфибии целесообразно использовать для тушения лесных пожаров в радиусе:

до 150 км, если водоем расположен на расстоянии 50 км от пожара со скоростью фронта до 4 м/мин;

от 150 до 300 км, если водоем расположен на расстоянии 75 км от пожара со скоростью фронта до 3 м/мин;

от 300 до 500 км, если водоем расположен на расстоянии до 150 км от пожара со скоростью фронта до 1 м/мин.

Затраты при использовании самолета А в гидроварианте уменьшаются до 60% по сравнению с сухопутным (см. рис. 11 и 12).

По результатам картирования зоны авиационной охраны лесов для применения самолета-амфибии А составлен каталог 228 водоемов с площадью зеркала свыше 50 км<sup>2</sup>, на которых необходимо провести специальные обследования с целью определения возможности организации гидроаэродромов. В районах Сибири и Дальнего Востока расположено 148 водоемов (без учета рек и водохранилищ). Картографическое обследование показало, что на большинстве водоемов расположены населенные пункты, которые могут значительно упростить организацию и эксплуатацию временных гидроаэродромов.

## Самолет Ан-12

На расстоянии 50—300 км от аэродрома имеет скорость прокладки противопожарных полос от 4,6 до 2,0 м/мин (см. рис. 1). За 8-часовой рабочий день в этом радиусе может проложить полосу длиной 2,97—1,02 км, локализирующую пожар площадью 3,2—4,0 га. Такая скорость тушения позволяет Ан-12 бороться с лесными пожарами средней интенсивности (скорость фронта не более 1 м/мин) и радиусе до 50 км; на больших удалениях — только с пожарами слабой интенсивности.

Весьма низкие тарифные расценки определяют минимальные затраты по сравнению с использованием других самолетов: 5,13—13,8 тыс. руб./км или 0,43—3,41 тыс. руб./га (см. рис. 11).

#### Самолет Ан-72

Расчетная скорость прокладки противопожарных полос составляет от 1,2 до 0,5 м/мин при радиусах от 50 до 500 км от аэродрома. При такой скорости тушения необходимо использовать 4—5 самолетов одновременно. Высокая стоимость единицы работы (23,47—61,98 тыс. руб./км) при низких объемах (720 м полосы за рабочий день) не позволяет рекомендовать Ан-72 для переоборудования в лесопожарный вариант.

#### Самолет-амфибия Б

Расчеты по применению самолета Б выполнены в двух вариантах: для сухопутного и гидроаэродрома.

В сухопутном варианте при радиусах от 50 км и более и различных расстояниях водоем — пожар скорость тушения составляет 1,7 м/мин и менее (см. рис. 1), что явно недостаточно для борьбы с лесными пожарами. Это обуславливает небольшой объем работ (1 км полосы за день), что приводит к высокой стоимости единицы работы.

Гидровариант использования самолета Б имеет несколько улучшенные технологические характеристики. Скорость тушения увеличивается до 4—5 м/мин (см. рис. 3), что позволяет применять его для борьбы с лесными пожарами слабой интенсивности, если их площадь на момент вылета не превышает 5 га.

#### Самолет Ан-26.

Во всем диапазоне (50—200 км) расстояний аэродром — пожар скорость прокладки полос меняется от 2 до 0,5 м/мин: требуется три и более самолетов для одновременного тушения лесного пожара.

В радиусе 50—200 км один самолет может проложить 1,17—0,24 км полосы соответственно, что приводит к высокой стоимости единицы работы (14,11—24,70 тыс. руб./км или 6,53—29,05 тыс. руб./га).

#### Вертолет Ми-8Т с ВСУ

В настоящее время широко используется на тушении лесных пожаров.

Небольшая скорость тушения (4 м/мин и менее) позволяет применять вертолет только для борьбы с лесными пожарами со скоростью фронта 1 м/мин и менее. Затраты на тушение 1 км полосы составляют от 4,58 до 13,29 тыс.руб./км при расстоянии от пожара до аэродрома не более 100 км и до водоема не более 30 км.

#### **Вертолет Ми-8Т с МСВУ**

При работе с аэродромного заправочного пункта скорость тушения достаточно низкая: 3,6—0,55 м/мин при  $R=25—200$  км. За 8 ч на удалении до 25 км прокладывает 2,2 км смоченной полосы, которой можно локализовать пожар площадью 19,36 га. Используется также для тушения высокоинтенсивных пожаров (скорость фронта до 5 м/мин). При этом максимальный периметр пожара ( $R=25$  км) на момент вылета при скорости фронта 0,5 м/мин не должен превышать 1,38 км, а при скорости фронта 5 м/мин — 0,22 км.

При работе с полевого заправочного пункта скорость тушения по сравнению с аэродромным вариантом увеличивается в два раза. Это приводит к увеличению объема работ и снижению затрат на единицу работы также примерно вдвое; они составляют 0,38—0,76 тыс.руб./км (см. рис. 13).

#### **Вертолет Ка-32 с МСВУ**

Целесообразно использовать при работе с аэродромного заправочного пункта, если удаление от пожара не превышает 50 км. При этом расстоянии скорость тушения равна 6 м/мин и более, что позволяет применять вертолет для тушения пожаров средней и сильной интенсивности (скорость фронта до 5 м/мин). За 8 летних часов при  $R=25—50$  км может проложить 5,2—3,6 км полосы и, следовательно, локализовать пожар площадью 108—51 га. При работе с заправочного пункта, расположенного от пожара на расстоянии 5—30 км, скорость тушения увеличивается до 25—15 м/мин при  $R=10—100$  км. При этом затраты по локализации 1 га пожара соответственно составят 0,044—0,4 тыс.руб./га (см. рис. 14).

#### **Вертолет Ми-6 с МСВУ**

Является эффективным средством борьбы с пожарами.

Как показали расчеты, при средней грузоподъемности 4—5 т вертолет может проложить 5—8 км полосы вокруг пожаров высокой интенсивности. При этом стоимость тушения будет минимальной из всех рассматриваемых ВС.

## Вертолет Ми-26 с МСВУ

Основные лесопожарные характеристики вертолета при удалении пожар — заправочный пункт на 10 км представлены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

**Лесопожарные характеристики вертолета Ми-26 с МСВУ**

Характеристики	Расстояние аэродром — пожар, км			
	10	30	60	100
Количество сбросов	6	6	4	3
Масса жидкости, т	24	24	16	12
Длина полосы, км	2,88	2,88	1,92	1,44
Скорость тушения, м/мин	28,8	28,8	26,2	24,0
Стоимость прокладки полосы, тыс.руб./км	4,16	4,58	6,26	8,99

Из таблицы видно, что по своим летно-техническим и лесопожарным характеристикам вертолет Ми-26 может найти ограниченное применение в лесопожарных службах, так как тот же объем работ может выполнить вертолет Ка-32 со значительно меньшими затратами (см. табл. 4.3).

### 4.2. Тушение лесных пожаров группой воздушных судов

Наряд (группа) воздушных судов может быть использован на тушении лесных пожаров в двух технологических вариантах:

- 1) первая атака на пожар (один вылет);
- 2) тушение пожара в течение всего рабочего дня (многократные вылеты).

#### 4.2.1. Тушение пожаров нарядом из трех ВС

По первому варианту расчеты выполнены для следующих условий:

площадь пожара на момент вылета наряда ВС с аэродрома — 0,36 га;

периметр пожара — 300 м;

скорость фронта пожара — 1,5 м/мин;

скорость нарастания периметра — 5,3 м/мин.

Расчеты выполнения для вертолетов, оснащенных МСВУ (табл. 4.5). При этом принято, что налет ВС за лесопожарный сезон составляет 300 ч.

Анализ результатов показывает, что эксплуатировать наряд вертолетов Ми-8 с МСВУ и самолетов Ан-26 и Ан-72 для локализа-

Таблица 4.5

## Локализация пожара нарядом из трех воздушных судов методом первой атаки

Тип ВС	Длина смоченной полосы, м	Возможная площадь потушенного пожара, га	Среднее расстояние аэродром — пожар, км	Количество		Затраты времени на 1 пожар, ч	Тариф руб./ч	Затраты на тушение, тыс.руб.	
				вылетов в день	потушенных пожаров за сезон			одного пожара	пожаров за сезон
Ми-8	150	0,6	50	—	—	—	850	—	—
Ми-6	500	6,6	150	3	120	7,5	2200	16,5	1980
Ка-32	400	2,4	100	4	150	6,0	1600	9,6	1440
Ил-76	480	6,0	250	5	200	4,5	7260	32,7	6540
Амфибия А	380	3,8	200	5	200	4,5	6500	29,3	5860
Ан-72	90	0,2	100	—	—	—	2200	—	—
Ан-26	60	0,1	100	—	—	—	1000	—	—
Ан-12	260	1,8	150	5	200	4,5	2000	9,0	1800

ции лесного пожара методом одной атаки невозможно, так как они не смогут локализовать пожар. Экономически целесообразнее использовать наряд вертолетов Ка-32 с МСВУ, который позволит обеспечить борьбу с лесными пожарами в границах любого оперативного отделения. Применение тяжелых самолетов Ил-76 и А нерентабельно из-за высокой стоимости работы.

Представляется маловероятным возможным использование наряда из трех ВС для тушения лесных пожаров методом первой атаки. По-видимому, более эффективно применять вертолеты средней грузоподъемности (1,5—3,0 т), оборудованные портативным сливным устройством (УСВП), которое находится на борту вертолета в сложенном виде. Это позволяет вертолету выполнять патрульные и транспортные операции, а при необходимости быстро (за 2—3 мин) развернуть портативное сливное устройство, заправиться водой из ближайшего водоема и оказать помощь наземным командам в локализации пожара путем слива воды непосредственно с воздуха. В этом случае, особенно при патрулировании, площадь пожара на момент первой атаки будет меньше взятой при расчете (0,36 га) и успешнее пройдет борьба с пожаром.

#### 4.2.2. Тушение лесных пожаров нарядом из пяти ВС

Такой способ тушения перспективен в случаях выхода пожаров из-под контроля, т. е. перехода их в стадию крупных, оказывающих влияние на экологическую и экономическую обстановку в регионе. Результаты расчета данного технологического процесса представлены в табл. 4.6.

В текущие расходы заправочных пунктов включены амортизационные отчисления (3%), стоимость электроэнергии на приготовление химраствора, зарплата личного состава и накладные расходы (50%). Для самолета А в гидроварианте включена стоимость аренды вертолетов для обустройства гидроаэродромов. Стоимость химиката определялась по расчетной цене 600 руб. за 1 т. Стоимость аренды ВС — по тарифу (приказ МГА № 194 от 06.08.86 г.).

Как и следовало ожидать, наименьшая стоимость единицы работы у вертолетов с МСВУ при работе с заправочного пункта. На этом вопросе следует остановиться подробнее. Для наряда из пяти вертолетов Ка-32 за 8 ч необходимо приготовить 230 м<sup>3</sup> огнетушащего раствора. При концентрации раствора 19% потребуются 43,7 т порошкообразного химсостава. Приготовить за один день в полевых условиях из такого количества порошка 230 м<sup>3</sup> раствора практически невозможно. Единственный выход — использовать огнетушащие составы с концентрацией порошка не более 1—2%. За рубежом для этого используют пенообразователи.

Авиационная система тушения лесных пожаров непосредственно с воздуха должна состоять из следующих элементов:

самолетов и вертолетов, оборудованных специальными сливными устройствами;

Таблица 4.6

## Тушение лесных пожаров нарядом из пяти ВС

Тип ВС	Радиус действия, км	Длина полосы, проложенной за день, км	Площадь, га		Текущие расходы заправочного пункта, тыс.руб.	Объем огнетушащего раствора, тыс.м <sup>3</sup>	Стоимость, тыс.руб.				
			пожара за день	пожаров за сезон			химиката в растворе	аренды ВС	суммарная	1 га	1 км полосы
Ми-8 с МСВУ	100	6,0	144	5760	25,0	2,4	274	1275	1574	0,27	6,56
Ми-6 с МСВУ	100	20,5	1681	67240	25,0	8,2	934	3300	4258	0,64	5,19
Ка-32 с МСВУ	100	15,5	961	38440	25,0	6,7	764	2400	3189	0,83	4,19
Ил-76	500	9,5	361	14440	250,0	25,5	2902	10890	14342	0,99	37,74
Амфибия А (аэродром)	400	10,5	441	17640	250,0	28,1	3208	9750	13208	0,75	31,44
Ан-72	400	2,0	16	640	250,0	5,4	611	3300	4161	6,5	52,0
Ан-26	250	1,5	9	360	250,0	4,0	458	1500	2208	6,13	36,7
Ан-12	400	7,5	225	9000	250,0	20,1	2291	3000	5541	0,62	18,47
Амфибия А (водоем)	400/150*	12,8	650	26000	50,0	—	—	9750	9800	0,38	19,10
Ми-8Т (водоем)	100/10	9,5	361	14440	34,0	3,8	433	1275	1742	0,12	4,44
Ми-6 (водоем)	100/10	27,5	3025	121000	88,0	11,0	1254	3300	4642	0,04	4,40
Ка-32 (водоем)	100/10	23,0	2116	84640	64,0	9,2	1048	2400	3512	0,04	3,81

\* Расстояние аэродром — пожар / расстояние водоем — пожар.

## Характеристика авиационной системы лесного пожаротушения

Тип ВС	Количество ВС	Налет, ч	Стоимость, млн.руб.		Расходы, млн.руб.		Количество поту- шенных пожа- ров	Пло- щадь поту- шенных пожа- ров, тыс.га
			аренды ВС	хим- раст- вора	текущие запра- вочного пункта	сум- мар- ные		
Ми-8 с УСВП	150	45000	38,25	—	—	38,25	6000	3,5
Ка-32 с МСВУ	30	9000	14,4	4,6	0,15	19,13	1200	60,0
Амфибия А (аэродром)	15	4500	29,25	9,6	0,75	39,63	600	56,0
Амфибия А (водоем)	15	4500	29,25	—	0,17	29,40	600	78,0
Ил-76	10	200	1,45	3,6	0,75	3,60	25	5,5

стационарных и мобильных заправочных пунктов; личного состава из подразделений МГА и Госкомлеса СССР; огнетушащих составов с минимально возможной концентрацией порошка в растворе.

Расчеты по данной системе представлены в табл. 4.7.

Вертолет Ми-8 с УСВП выполняет технологические операции, изложенные ранее. Вертолет Ка-32 с МСВУ производит тушение лесных пожаров в радиусе до 50 км с аэродрома и до 100 км с полевого заправочного пункта. Амфибию А и самолет Ил-76 используют при тушении достаточно крупных или представляющих особую опасность в эколого-экономическом отношении пожаров; в сухопутном варианте амфибию А и самолет Ил-76 — при работе со стационарных заправочных пунктов. Если планируется тушение пожара с временного аэродрома, их предварительно направляют на стационарном пункте основного базирования гелеобразным огнетушащим составом и загружают специальные емкости из мягкого материала. На временном аэродроме гель выливают в эти емкости, в дальнейшем разбавляют водой 1:5 и таким составом тушат лесной пожар.

В гидроварианте самолет А тушит пожар с ближайшего временного гидроаэродрома. В бак добавляют огнетушащий порошок (пенообразователь). Радиус действия самолета — до 400 км.

Ил-76 используют при борьбе с лесными пожарами во время высокой и чрезвычайной пожарной опасности. Радиус действия — до 500 км.

В авиационной системе недостает самолета средней грузоподъемности ( $\approx 5$  т) типа CL-215 с радиусом действия до 200 км. Ан-26 и Ан-72 по своим летно-техническим характеристикам не имеют возможности выполнять поставленную задачу.

В заключение следует отметить, что принятые в расчетах исходные данные по длине полосы, проложенной за 1 слив жидкости, и времени технологического цикла близки к значениям, полученным в результате испытаний самолетов М-18 («Дроматер») и Ан-26П. В дальнейшем, по получении экспериментальных ма-

териалов по другим типам ВС, результаты расчетов могут быть уточнены.

Таким образом, для тушения лесных пожаров целесообразно создание специальной авиационной системы, которая должна включать:

1) самолет-амфибию для борьбы с пожарами площадью более 50 га на удалении до 400 км от аэропорта;

2) самолет Ил-76 со съемным оборудованием для борьбы с крупными пожарами при чрезвычайной пожарной опасности;

3) вертолет Ка-32 с модульным сливным оборудованием для борьбы с пожарами на удалении до 100 км от аэропорта;

4) вертолет Ми-8 с легким портативным сливным оборудованием для оказания помощи наземным командам при тушении пожаров, обнаруженных в процессе патрулирования лесов;

5) мобильные и стационарные заправочные пункты для приготовления растворов огнетушащих составов.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Авиационные технические средства для борьбы с лесными пожарами	3
2. Маршрутное описание технологического метода тушения лесных пожаров непосредственно с воздуха	5
3. Методика расчета характеристик процесса тушения лесного пожара авиационными средствами	6
4. Результаты расчета характеристик тушения лесных пожаров	9
4.1. Тушение лесных пожаров с помощью одного ВС	9
4.2. Тушение лесных пожаров группой воздушных судов	29

### ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ПРИ ТУШЕНИИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

#### Методические рекомендации

#### Составители

Владислав Дмитриевич ПУЗДРИЧЕНКО  
Виктор Николаевич ЕРЕМИН  
Виктор Григорьевич ЗАМУРИЕВ  
Владимир Михайлович ГОРЫШИН  
Владимир Иванович ЛОБАНЕВ  
Владимир Александрович ЕРЕМИН  
Муса Османович ГУМБА

Редактор *И. И. Лейкина*

Обложка художника *А. Ю. Жукова*

---

Сдано в набор 17.07.89. Подп. к печати 04.07.89. М-21165. Бумага книжно-журнальная. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Офсетная печать. Уч.-изд. л. 2,25. Тираж 600 экз. Заказ 1119. Цена 50 коп.

---

Ленинградский научно-исследовательский институт лесного хозяйства  
194021, Ленинград, Институтский пр., 21

ПО № 3 Ленуприздата  
191104, Ленинград, Литейный пр., 55