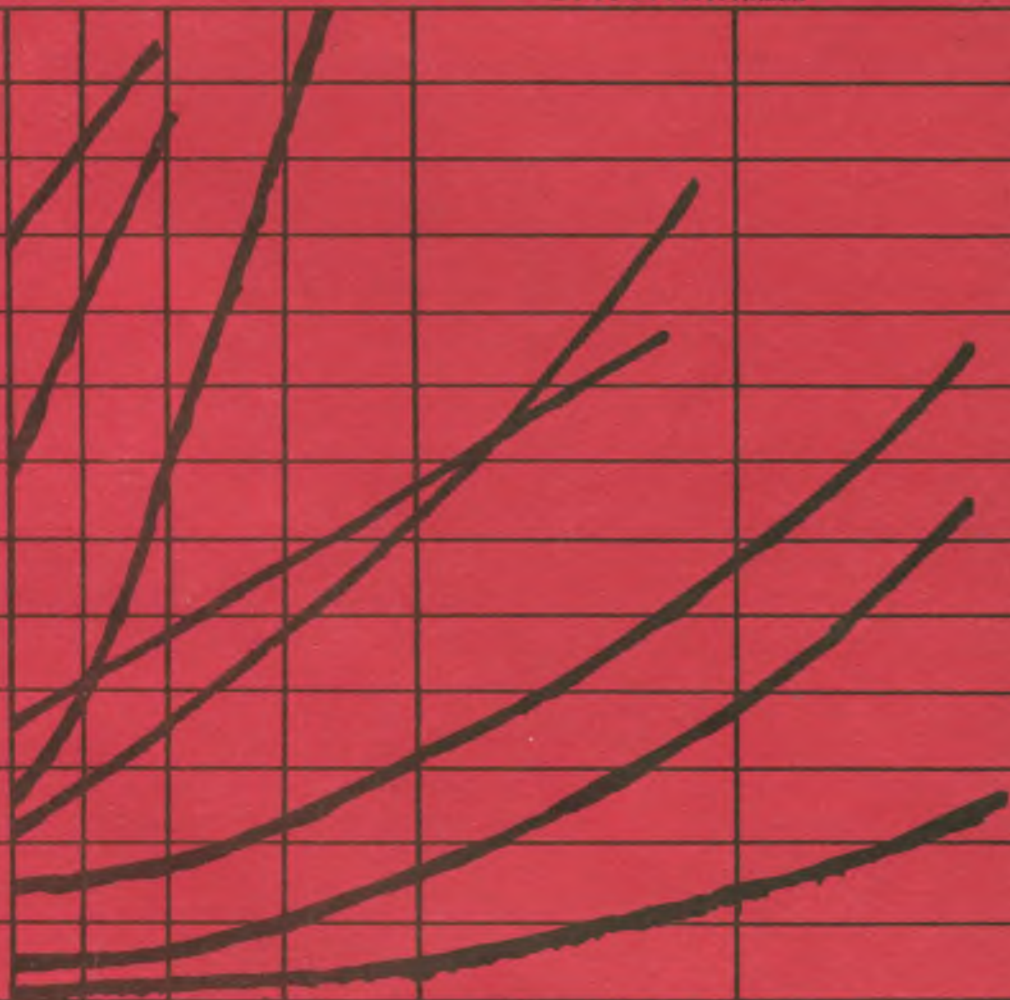


К 1137935

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

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 м³ 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 м³ — 100 м полосы; для ВСУ 1 м³ — 40 м полосы.

Таблица 1.1

Характеристика лесопожарного сливного оборудования воздушных судов *

Воздушное судно	Максимальная вместимость баков для воды, м ³	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 ρ — 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 , q , 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 искомым 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

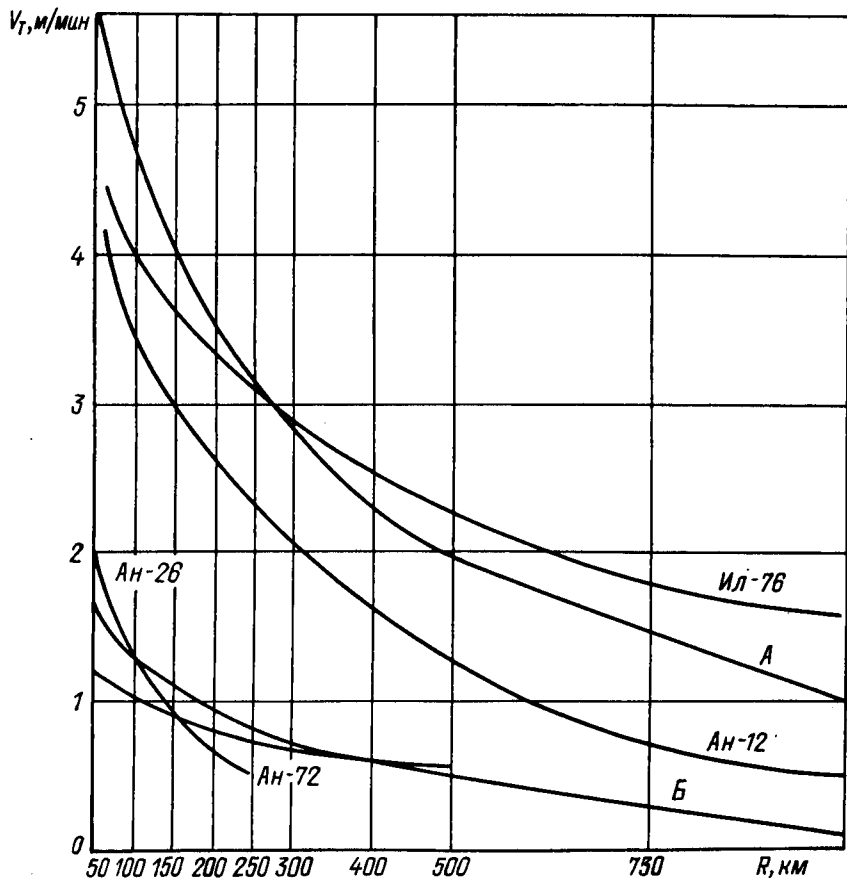


Рис. 1. Скорость тушения лесных пожаров V_T с помощью самолетов при заправке на аэродромном заправочном пункте (R — расстояние аэродром — пожар)

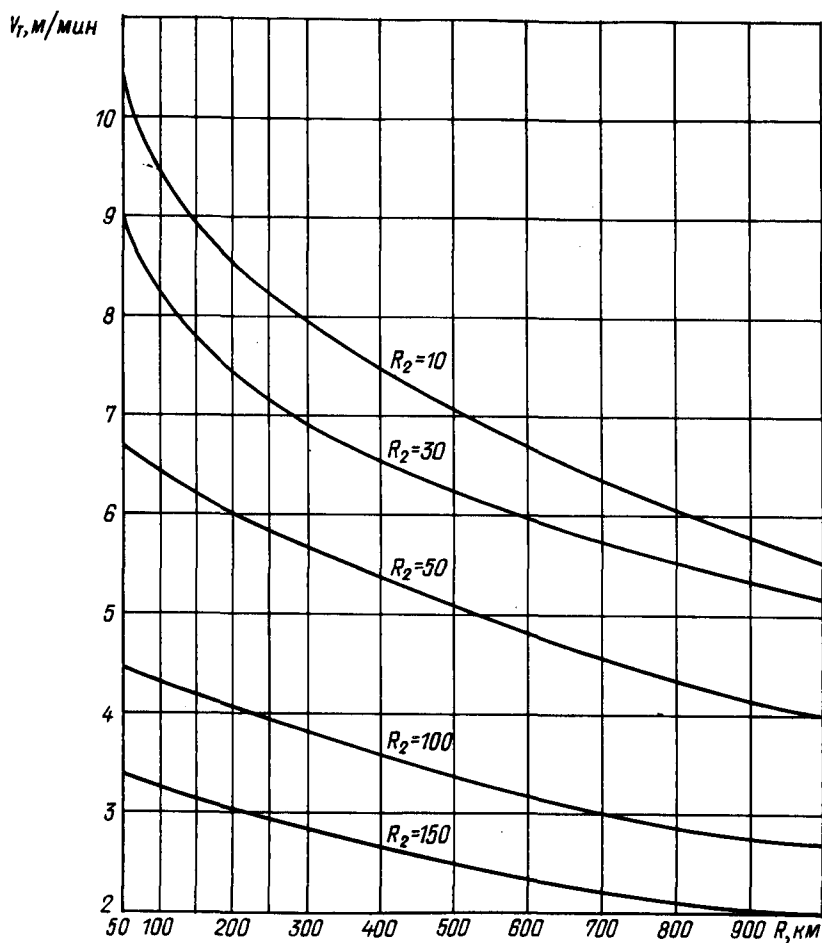


Рис. 2. Скорость тушения лесных пожаров V_T с помощью самолета-амфибии А (R_2 — расстояние водоем — пожар, км)

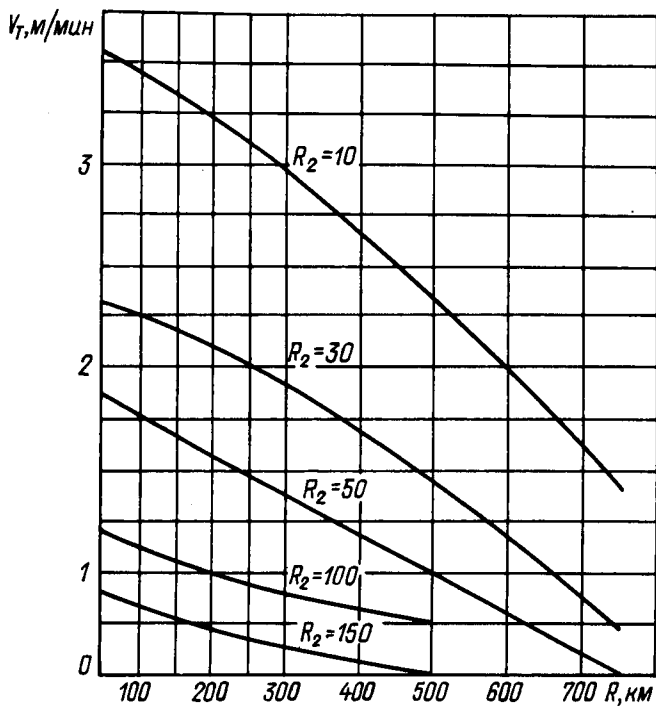


Рис. 3. Скорость тушения лесных пожаров V_T с помощью самолета-амфибии Б (R_2 — расстояние водоем — пожар, км)

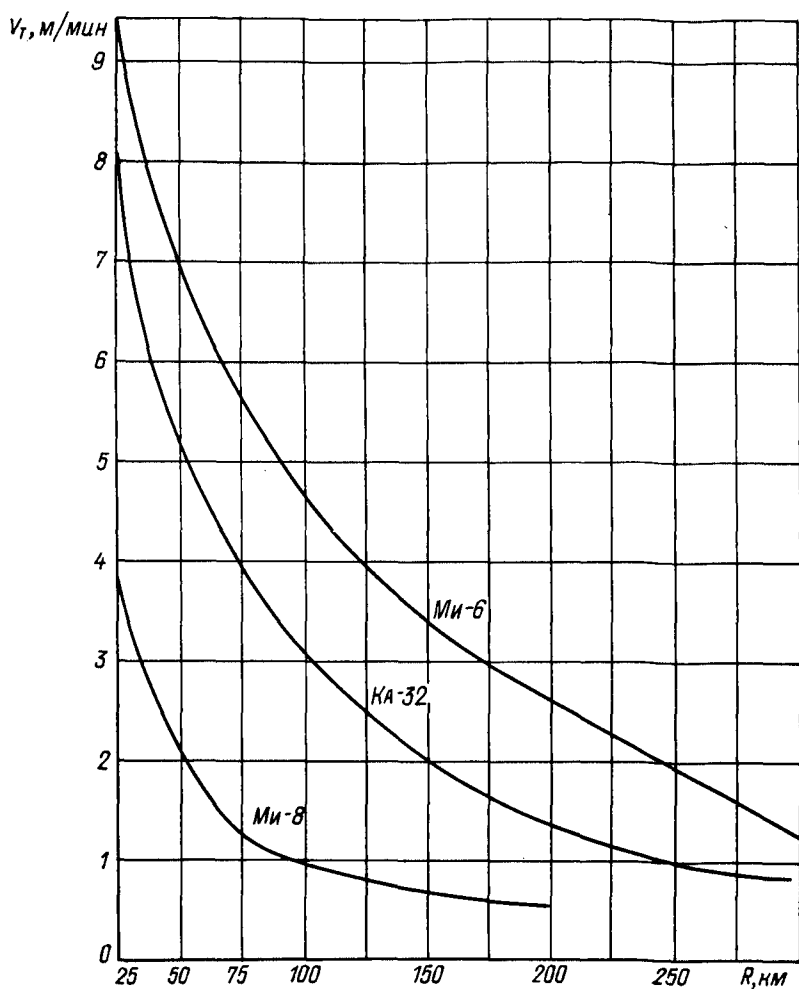


Рис. 4. Скорость тушения лесных пожаров V_T с помощью вертолетов при заправке сливного оборудования на аэродроме

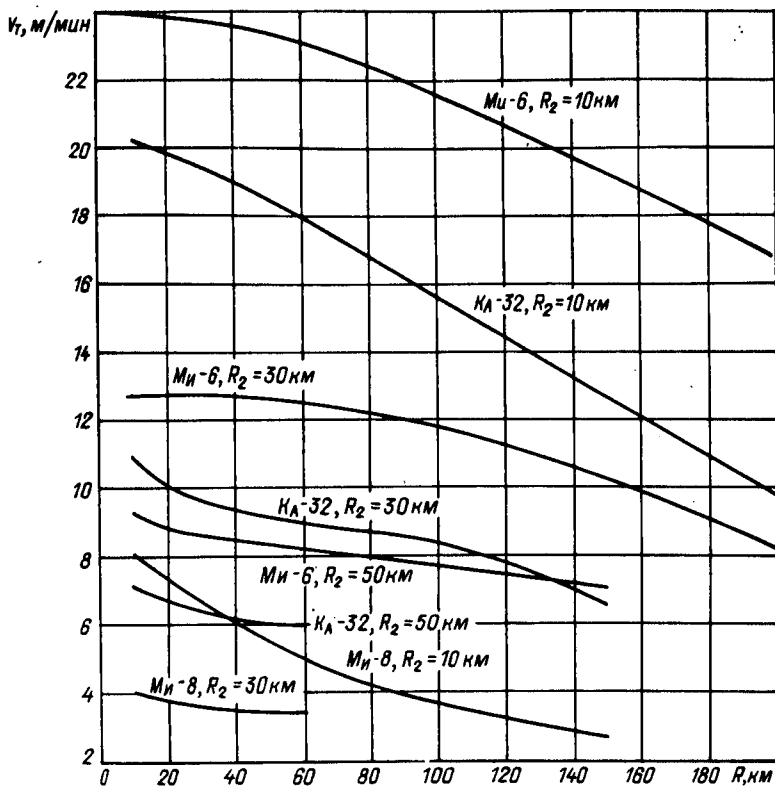


Рис. 5. Скорость тушения лесных пожаров V_T с помощью вертолетов при заправке сливного оборудования на водоеме

(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 $6,8 \text{ м}^3$ 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).

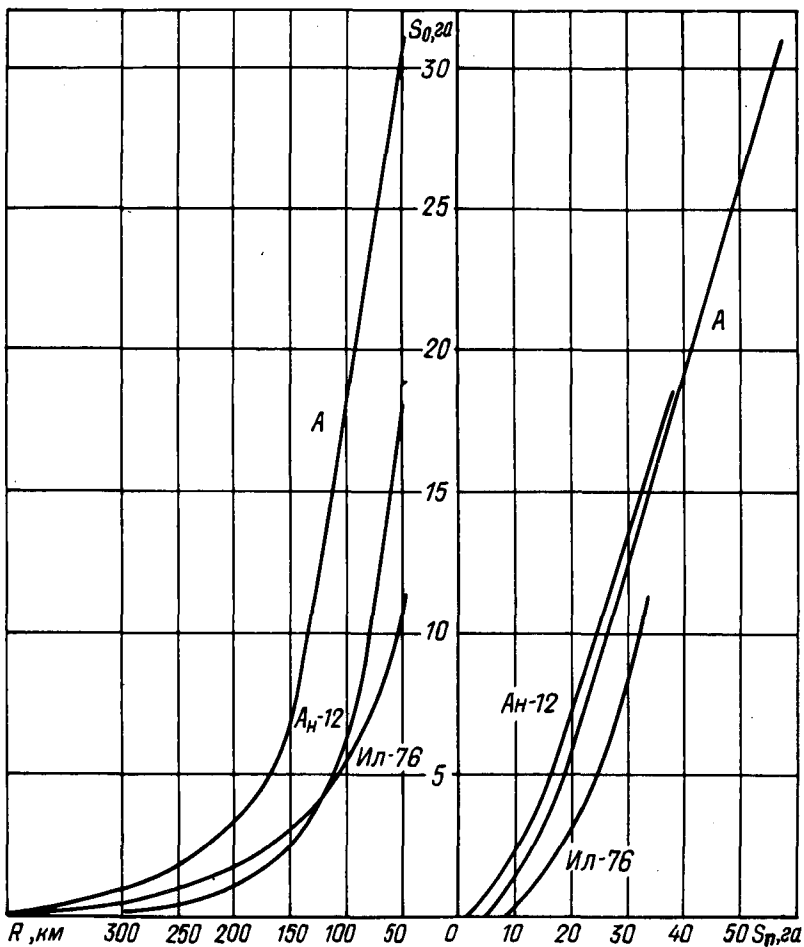


Рис. 6. Зависимость площади потушенного лесного пожара S_n от расстояния аэродром — пожар R и начальной площади пожара S_0 на момент вылета с аэродрома (скорость фронта — 0,5 м/мин)

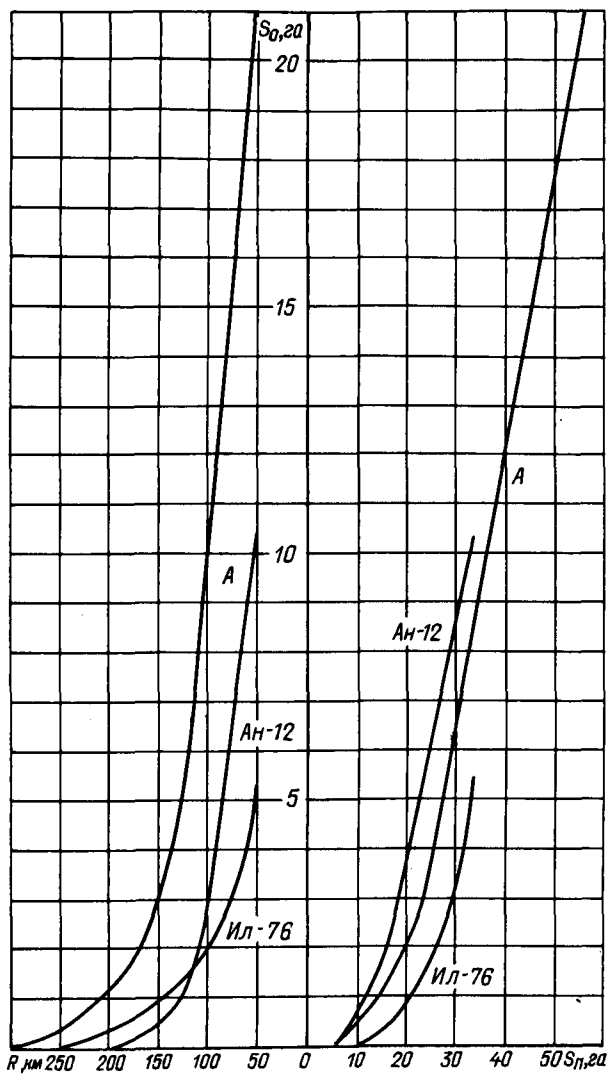


Рис. 7. Зависимость площади потушенного лесного пожара S_n от расстояния аэродром — пожар R и начальной площади пожара S_0 на момент вылета с аэродрома (скорость фронта — 1 м/мин)

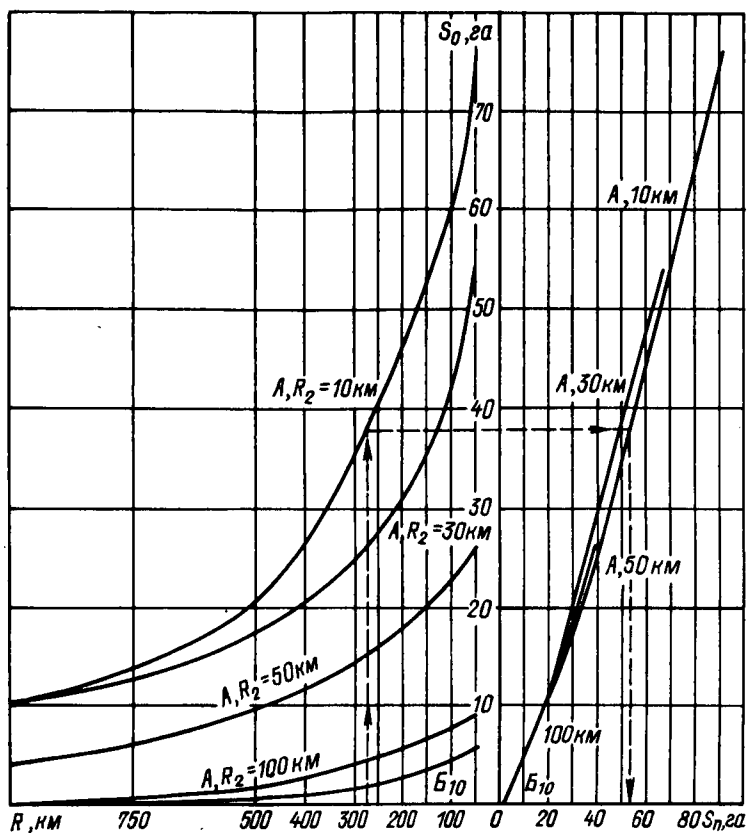


Рис. 8. Зависимость площади потушенного лесного пожара S_n от расстояния аэродром — пожар R , расстояния водоем — пожар R_2 и начальной площади на момент вылета S_0 (самолеты-амфибии А и Б; скорость фронта — 0,5 м/мин)

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.

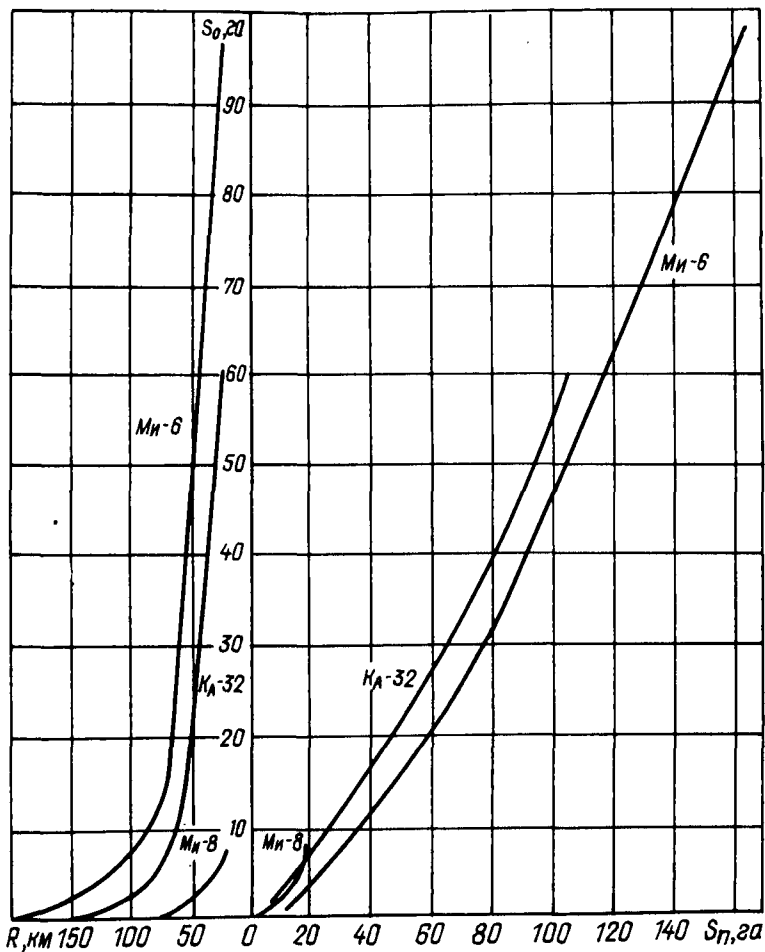


Рис. 9. Зависимость площади потушенного лесного пожара S_n от расстояния аэродром — пожар R и начальной площади на момент вылета S_0 (скорость фронта — 1 м/мин; вертолеты при заправке огнетушащей жидкостью на аэродроме)

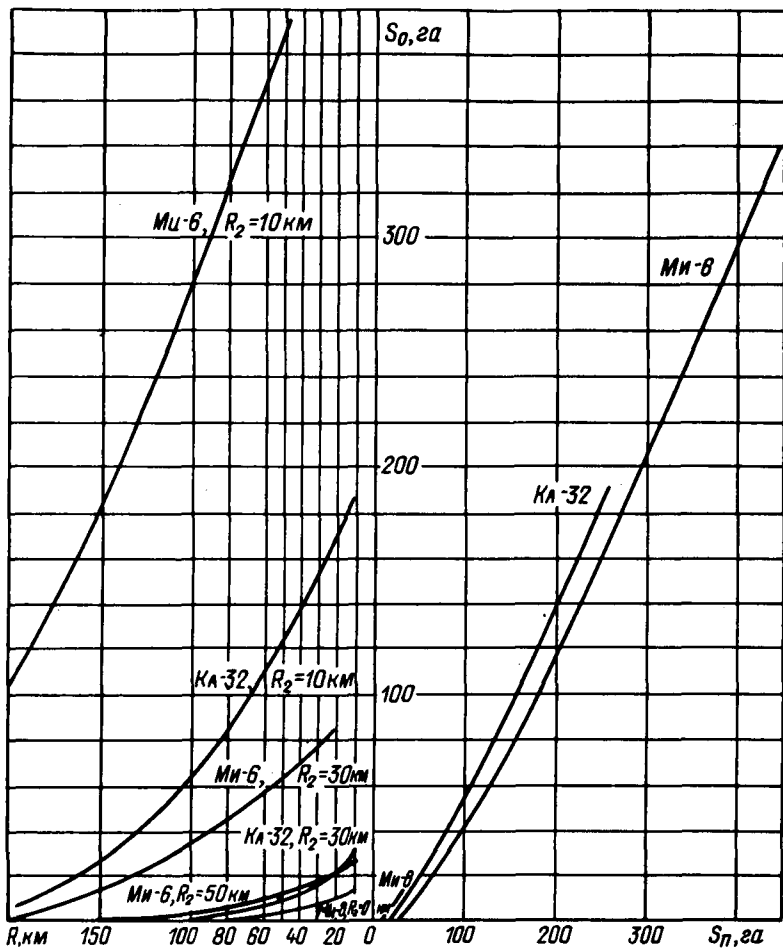


Рис. 10. Зависимость площади потушенного лесного пожара S_n от расстояния аэродром — пожар R , расстояния водоем — пожар R_2 и начальной площади пожара S_0 на момент вылета с аэродрома (скорость фронта — 1 м/мин; заправка огнетушащей жидкостью у водоема)

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).

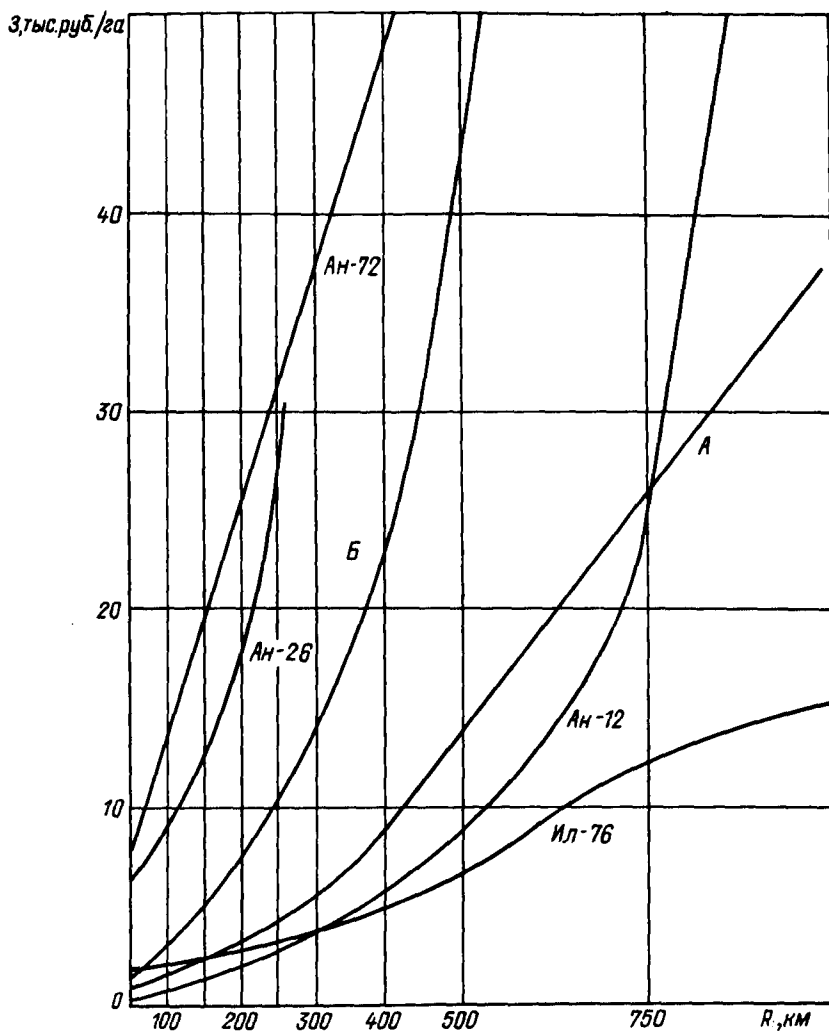


Рис. 11. Стоимость 3 тушения 1 га лесного пожара самолетами в зависимости от расстояния аэродром — пожар R (заправка огнетушащей жидкостью на аэродроме)

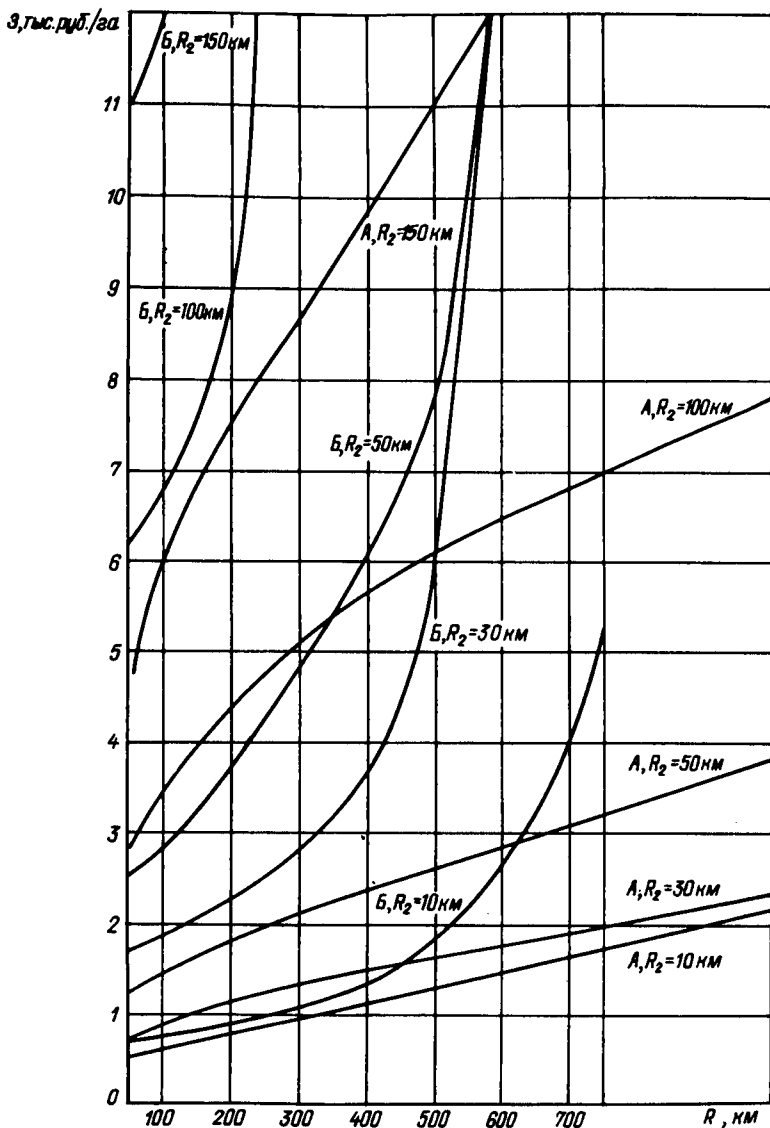


Рис. 12. Стоимость Z тушения 1 га лесного пожара самолетами-амфибиями А и Б в зависимости от расстояния аэродром — пожар R и водоем пожар R_2

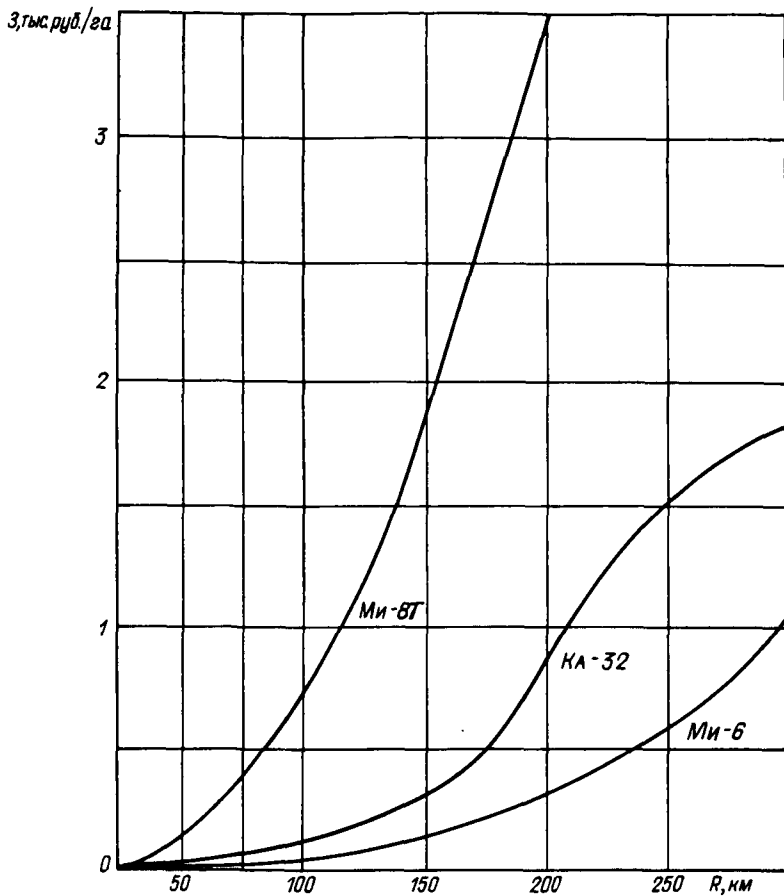


Рис. 13. Стоимость Z тушения 1 га лесного пожара вертолетами Ми-8Т, Ка-32 и Ми-6 в зависимости от расстояния аэродром — пожар R (заправка огнетушащей жидкостью на аэродроме)

3, тыс. руб./га

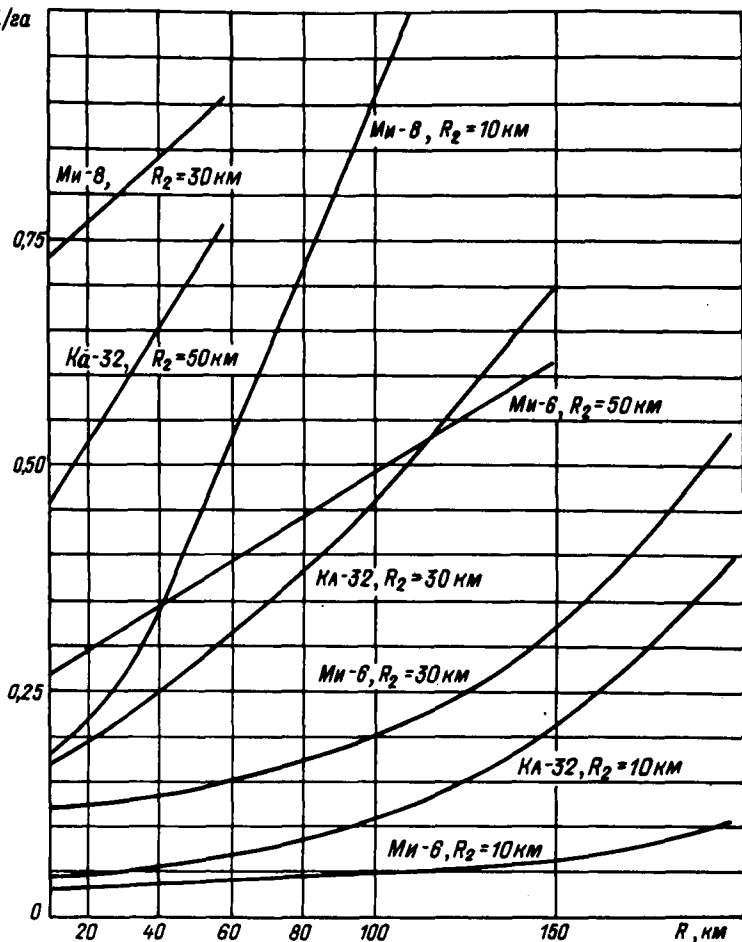


Рис. 14. Стоимость 3 тушения 1 га лесного пожара вертолетами Ми-8, Ка-32 и Ми-6 в зависимости от расстояния аэродром — пожар R и водоем — пожар R_2 (заправка огнетушащей жидкостью у водоема)

Таблица 4.2

Затраты на прокладку I 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	—	6,6	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	—	—	—	—	—
	10	—	—	2,58	—	3,87	—	5,17	6,46	9,05	11,64
	30	1,49	1,52	1,56	1,60	1,64	1,69	1,83	1,88	2,06	2,83
Ми-26 (водоем)	50	2,94	3,02	2,97	3,05	3,16	3,24	3,41	3,87	4,67	6,31
	10	4,18	4,59	4,72	4,85	4,98	5,10	5,36	5,99	6,78	—
	30	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 км², 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 использованием 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 химвраствора, 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 м³ огнетушащего раствора. При концентрации раствора 19% потребуются 43,7 т порошкообразного химвраствора. Приготовить за один день в полевых условиях из такого количества порошка 230 м³ 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 ³	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 (≈ 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 60×90¹/₁₆. 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