

УДК 614.842.6.523.7

DOI: 10.37657/vniipo.avpb.2021.7.1.002

А.А. ЛОПУХОВ, канд. техн. наук, нач. отд.; И.М. ЛУКАЦКИЙ, зам. нач. отд.; Ю.Н. ОСИПОВ, канд. воен. наук, проф., вед. науч. сотр.; В.И. ЕРШОВ, канд. воен. наук, доц., вед. науч. сотр. (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ АВИАЦИИ МЧС РОССИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУШЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ АЭРОДРОМНОГО МАНЕВРА

В статье рассмотрены вопросы, касающиеся оценки возможностей авиации МЧС России по сохранению высокой производительности доставки огнетушащего вещества (воды) к очагу природного пожара в неблагоприятных условиях аэродромного маневра. Актуальность материалов статьи обусловлена следующим: с одной стороны, наиболее эффективным способом тушения природных пожаров в настоящее время является применение самолетов-танкеров с большим объемом сбрасываемой жидкости, а с другой, – слабая аэродромная сеть, обеспечивающая полную заправку самолетов водой, в районах страны, наиболее проблемных в пожарном отношении.

В статье представлены расчеты, показывающие, что в целом существуют возможности повышения производительности доставки воды к очагу пожара за счет использования грунтовых аэродромов. Вместе с тем сделаны выводы о том, что реализовывать эти возможности следует с учетом экономической и технической целесообразности, базирующейся на выявленных соотношениях производительности, готовности аэродромных служб к заправкам самолетов водой и топливом на аэродромах маневра, возможностях по использованию грунтовых аэродромов.

Представлены дополнительные методы оценки возможностей по использованию грунтовых аэродромов в процессе тушения с применением авиации природных пожаров, отсутствующие в инструкциях и руководствах по летной эксплуатации самолетов – «водяных танкеров».

Ключевые слова: природный пожар, производительность доставки воды, аэродромы маневра, грунтовые аэродромы, прочность грунта, страгивание самолета, глубина колеи, количество взлетов и посадок

Введение

На сегодняшний день авиация является одним из наиболее эффективных средств раннего обнаружения и тушения природных пожаров в районах России, наиболее часто подвергающихся этим масштабным бедствиям. При этом особое место занимает пожаротушение с применением самолетов – «водяных танкеров» с большим объемом сбрасываемой жидкости, которые используются при всех типах природных пожаров – от малых возгораний, до самых крупных и разрушительных катастроф. К ним относится самый большой в мире «водяной бомбардировщик» (американская терминология) Ил-76МД, состоящий

на вооружении МЧС России.

Однако в отношении эффективного применения «водяных бомбардировщиков» в наиболее «горимых» районах России имеется существенная проблема, которая часто упоминается во многих работах и публикациях [1–4]. Это – большая удаленность районов вероятных природных пожаров от мест возможного базирования самолетов-танкеров. И чем больше самолет, тем меньше для него сеть аэродромов, обеспечивающих максимальную заправку их водой. Это обстоятельство, как отмечается в публикациях, привело к тому, что показатель цикла «слив – заправка – слив» для Ил-76МД редко удавалось довести до значения менее 3–4 часов. На самолете затруднено, а в некоторых случаях и невозможно выполнение установленной технологии работ. При этом теряются его преимущества перед более легкими пожарными самолетами.

В рассматриваемой ситуации возникает вопрос: а можно ли повысить производительность доставки воды в очаг пожара, если использовать грунтовые аэродромы и площадки, не обеспечивающие полную заправку самолетов водой, но находящиеся вблизи района пожара, что может значительно сократить упомянутый цикл «слив – заправка – слив»? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо осуществить оценку соответствующих возможностей авиации МЧС России, выполнив вполне определенные инженерно-штурманские расчеты согласно Инструкциям [5, 6], а также оценив возможности эксплуатации грунтовых аэродромов. При этом следует отметить, что осуществление последней упомянутой процедуры не ограничивается расчетами по методике, изложенной в Инструкции [5], предлагается дополнительно выполнять более полную оценку, применяемую в военной авиации, содержание которой представлено в работах [7, 8].

Методам решения поставленного вопроса и посвящена настоящая статья.

1. Возможности авиационных подразделений МЧС России по обеспечению высокой производительности доставки воды к очагу природного пожара в неблагоприятных условиях аэродромного маневра

Возможности авиационных подразделений по обеспечению высокой производительности доставки огнетушащего вещества (воды) к очагу природного пожара целесообразно оценивать относительной величиной ξ , имеющей смысл среднего количества воды, доставляемой за единицу времени. Для подразделений, вооруженных однотипными самолетами – «водяными танкерами» (Ил-76МД), эта величина может быть определена как $\xi = m_{oc}/\tau$, где m_{oc} – масса заправляемого в самолет и сбрасываемого в очаги пожара воды; τ – цикл «слив – заправка – слив».

На рис. 1 в графической форме приведены результаты расчетов производительности доставки воды самолетами Ил76МД, выполненных в соответствии с методиками, помещенными в Руководстве по летной эксплуатации [5, 6].

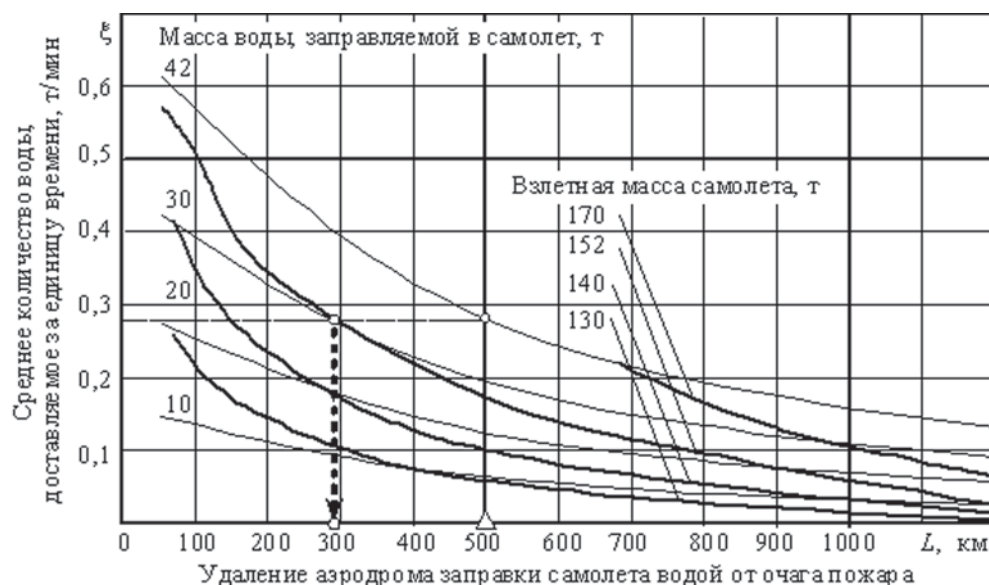


Рис. 1. Зависимость производительности доставки самолетом Ил-76 воды в очаг пожара от удаления аэродрома заправки

Расчеты выполнялись для некоторых частных условий (например, высоты полетов устанавливались в зависимости от удаления L аэродромов заправки водой от очага пожара: от 1500 до 6000 м при $L \leq 500$ км, 9000 м – для $L > 500$ км; время пребывания на аэродроме – минимально необходимое для управления самолетом и его заправки водой и топливом), поэтому для конкретных ситуаций результаты необходимо уточнить.

На рис. 1 отображены зависимости производительности (среднего количества воды, доставляемого за единицу времени) от удаления аэродрома от очага пожара и массы заправляемой в самолет воды, а также от взлетной массы самолета, максимально допустимое значение которой определяется в соответствии со специальными методиками, в том числе и для случаев эксплуатации грунтовых аэродромов. Следует отметить, что эксплуатация грунтовых аэродромов накладывает существенные ограничения на возможности самолетов, в том числе на максимальную взлетную массу, которая для самолета Ил-76МД не должна превышать 152 т.

Представленные результаты показывают, что в целом возможности по повышению производительности доставки воды за счет использования грунтовых аэродромов имеются. Так, если аэродром, на котором обеспечивается полная заправка самолетов водой (42 т), располагается на удалении 500 км от очага пожара, то возможности по повышению производительности появляются при использовании грунтовых аэродромов, расположенных от очага пожара ближе 290 км. В целом можно заметить, что эти возможности появляются, если грунтовые аэродромы располагаются к очагу пожара примерно в два раза ближе, чем аэродромы, на которых обеспечивается полная заправка водой.

Однако окончательное решение по повышению производительности доставки воды в очаг пожара за счет использования грунтовых аэродромов необходимо принимать с учетом экономической и технической целесообразности, соотношения отображенных на рис. 1 кривых производительности, готовности аэродромных служб к заправкам самолетов водой и топливом на аэродромах маневра, возможностей по использованию грунтовых аэродромов.

2. Методы оценки возможностей по использованию грунтовых аэродромов при тушении природных пожаров

Оценка соответствия взлетно-посадочных характеристик самолетов условиям аэродромного базирования, предусматриваемая Инструкцией по летной эксплуатации (ИЛЭ) самолета [5], не является достаточной по отношению к оценке возможностей самолетов по взлету и посадке на грунтовых взлетно-посадочных полосах (ГВП). Дополнительная оценка связана с ограниченностью возможностей самолетов по их проходимости на грунтовых аэродромах, не предусматривающих массовую эксплуатацию на них гражданских самолетов. Данная ограниченность обусловлена проявлением в некоторых случаях таких неблагоприятных свойств, как неспособность самолетов страгиваться с места, используя тягу своих двигателей, и образование колеи глубиной, превышающей установленную допустимую величину.

Проведенные исследования показали, что проявление этих неблагоприятных свойств для конкретного типа самолета зависит от соотношения его массы и прочности грунта и поэтому может быть преодолено за счет уменьшения массы самолета или проведения мероприятий по упрочнению грунта. Таким образом, возможности самолетов по рассмотренным условиям можно оценивать максимально допустимой массой самолета, а увеличить ее до необходимой величины можно за счет мероприятий по упрочнению грунта.

Оценку возможностей по страгиванию самолета и глубине колеи принято осуществлять по специальным методикам, представленным в работах [7, 8] и основанным на использовании эмпирических формул, выведенных по результатам испытаний.

Оценка возможностей использования грунтового аэродрома по условию страгивания самолета

В соответствии с принятой методикой страгивание самолета обеспечивается, если фактическая прочность грунта $\sigma_{гр}$ не меньше, чем расчетная, определяемая по формуле $\sigma_{стр} = 1,4 \frac{g_{гк}}{k_{обж} \bar{P}}$,

где $g_{гк}$ – удельная нагруженность колес главных опор шасси самолета, кгс/см²; $g_{гк} = G_{гк}/(DB)$, $G_{гк}$ – нагрузка на одно колесо главных опор шасси, кгс; D, B – наружный диаметр и ширина колеса главной опоры шасси, см; \bar{P} – тяговооруженность самолета на режиме работы двигателей, используемом при страгивании; $k_{обж}$ – коэффициент, учитывающий обжатие колес при качении. Этот коэффициент зависит от прочности грунта $\sigma_{гр}$ (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость коэффициента, учитывающего обжатие колес, от прочности грунта

| | | | | | |
|---------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|
| $\sigma_{гр}, \text{ кгс/см}^2$ | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| $k_{обж}$ | 1 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,7 |

Максимально допустимая масса самолета, определяемая по условию возможности страгивания с использованием тяги своих двигателей, рассчитывается по формуле, составленной в соответствии с рассмотренной методикой:

$$G_{стр} = \sqrt{\frac{PDB A_{\sigma}(\sigma_{гр})}{n}}$$

где $A_{\sigma}(\sigma_{гр}) = \sigma_{гр} k_{обж} / 1,4$ – величина, зависящая от прочности грунта (рис. 2); P – тяга

двигателей самолета, кгс; n – доля массы самолета, приходящаяся на одно колесо главных опор шасси.

Прочность грунта, необходимая для обеспечения страгивания самолета с заданной массой, определяется с помощью приведенного графика по величине A_σ , рассчитываемой с использованием выражения $A_\sigma = g_{гк}/P$.

Оценка возможностей использования грунтового аэродрома по условию достижения максимально допустимой глубины колеи

В соответствии с принятой методикой максимально допустимая глубина колеи самолета, равная $h_{\max} = 0,065D$, образуется в случае, если фактическая прочность грунта $\sigma_{гр}$ не меньше, чем расчетная, определяемая по формуле

$$\sigma_{кол} = 4g_{гк}\sqrt{k_m/k_{обж}}$$

где k_T – коэффициент тандемности, учитывающий повторный проход по одной колее впереди и сзади расположенных колес многоколесной опоры шасси. Если конструкция опоры исключает повторный проход, то $k_T = 1$, иначе $k_T = 1,65$ при $\sigma_{гр} < 6$ кгс/см² и $k_T = 1,54$ в противном случае.

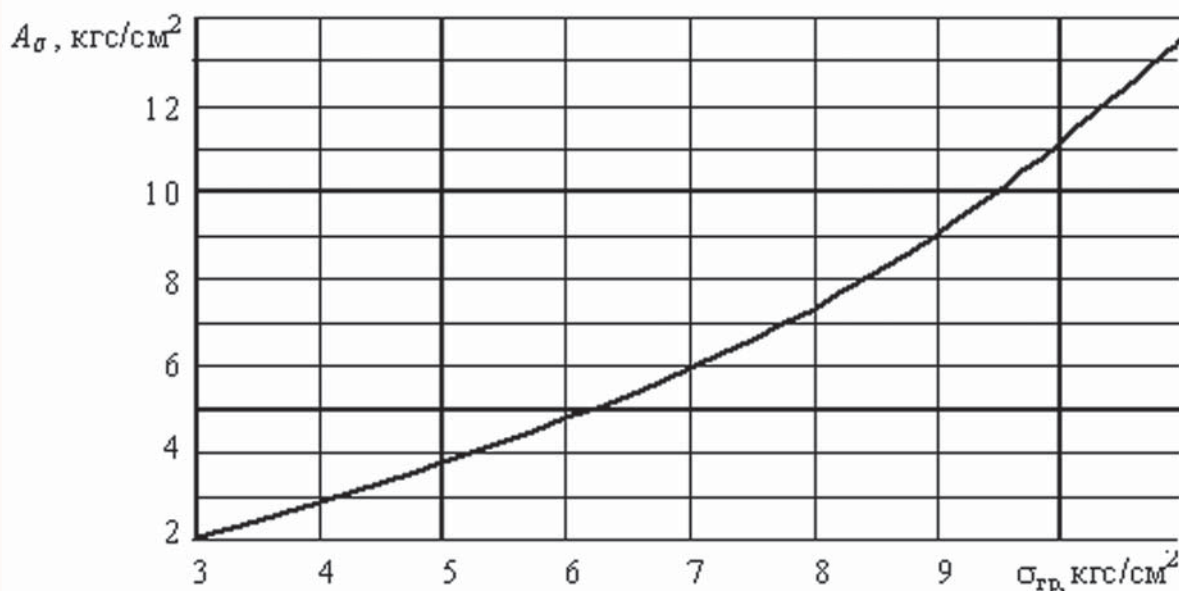


Рис. 2. Взаимосвязь между величинами A_σ и $\sigma_{гр}$

Ограничение по глубине колеи устанавливается в связи с реально существующей неравномерностью прочности грунта, ввиду чего при большей глубине колеи возникают ударные нагрузки на элементы конструкции шасси, которые могут привести к их повреждению.

Максимальная масса самолета, обеспечивающая неперевышение максимально допустимой глубины колеи, рассчитывается по формуле, составленной в соответствии с рассмотренной методикой:

$$G_{кол} = \frac{BD}{n} B_\sigma(\sigma_{гр}),$$

где $B_\sigma(\sigma_{гр}) = 0,25\sigma_{гр}\sqrt{\frac{k_{обж}}{k_T}}$ – величина, зависящая от прочности грунта (рис. 3).

Прочность грунта, при которой глубина колеи самолета с заданной массой достигает максимально допустимой величины, определяется с помощью приведенных таблицы или графика по величине B_σ , рассчитываемой с использованием выражения $B_\sigma = g_{гк}$.

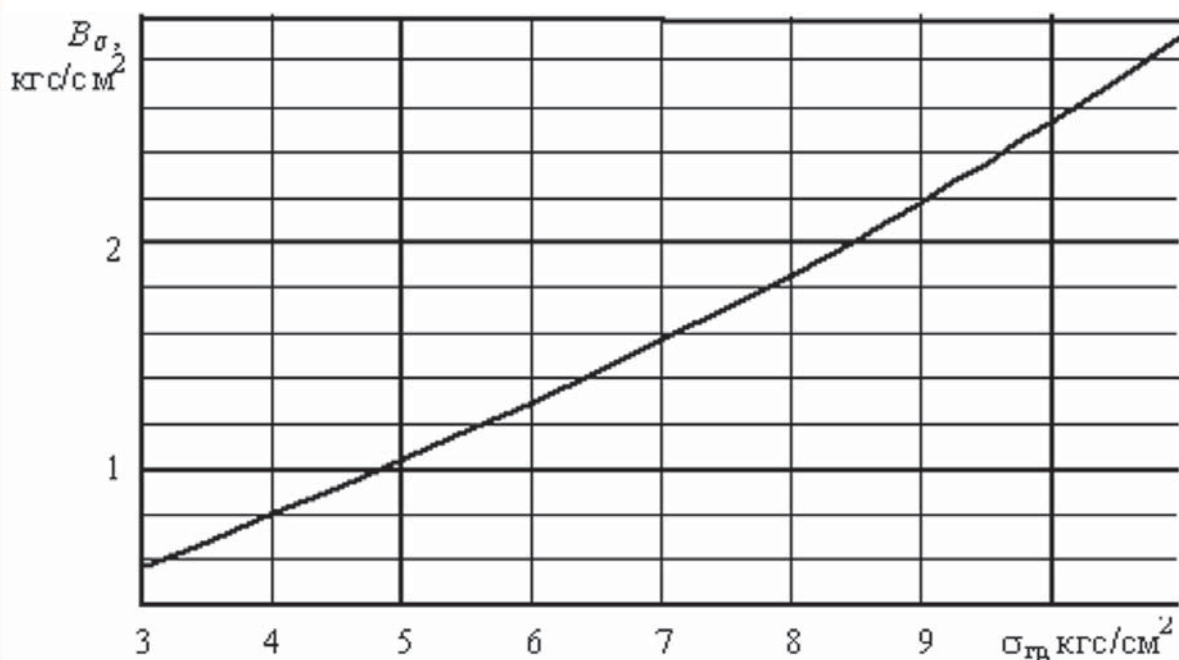


Рис. 3. Взаимосвязь между величинами B_{σ} и $\sigma_{гр}$

При интенсивной эксплуатации ГВПП подвергаются разрушению. Количество взлетов и посадок, которое может быть совершено на ГВПП до уменьшения прочности грунта на основных ее участках, когда глубина колеи будет достигать максимально допустимой величины, определяется по эмпирической формуле:

$$N = \frac{k_d}{P(x)} 10^{\frac{h_{доп} - h_1}{\beta}},$$

где k_d – коэффициент, характеризующий качество дернового покрытия. Его величина изменяется от 1 (удовлетворительное качество) до 2 (отличное); h_1 и $h_{доп}$ – глубина колеи при первом проходе по грунту и максимально допустимая; β – коэффициент, учитывающий увеличение глубины колеи при совпадении колеи от разных самолетов. Величины этого коэффициента зависят от исходной прочности грунта (табл. 2); $P(x)$ – величина, характеризующая случайный процесс совпадения колеи от различных самолетов. Она зависит от ширины ГВПП и представлена в табл. 3; выражение, представленное показательной функцией – количество проходов по одной колее, при котором прочность грунта снижается до величины, предельной по образованию максимально допустимой глубины колеи.

Таблица 2

Зависимость коэффициента, учитывающего увеличение глубины колеи, от прочности грунта

| | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|-----|-----|-----|
| $\sigma_{гр}$, кгс/см ² | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| β | 23,4 | 10,8 | 7,2 | 1,6 | 1,6 |

Таблица 3

Зависимость величины $P(x)$ от ширины ГВПП

| | | | | | | | |
|----------------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Ширина ГВПП, м | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| $P(x)$ | 0,0215 | 0,017 | 0,0138 | 0,012 | 0,0108 | 0,0096 | 0,0086 |

Оценка возможностей эксплуатации аэродромов с различной прочностью грунта взлетно-посадочной полосы

В ходе выполнения задач по тушению природных пожаров аэродромы рассматриваемого типа могут подвергаться частичному восстановлению, в результате чего ГВПП могут иметь участки с различной прочностью грунта. Не исключена ситуация, когда необходимо будет принимать решение по осуществлению взлета самолетов с таких аэродромов. В данном случае оценку возможности взлета самолета можно осуществлять по наименьшей прочности грунта, что приводит к неполному использованию возможностей. Вместе с тем согласно положениям, изложенным в работах [7, 8], ГВПП, удовлетворяющая условию

$$\frac{L_1}{L_{1 \text{ разб}}} + \frac{L_2}{L_{2 \text{ разб}}} \geq 1,$$

гарантирует ее достаточность для разбега самолета при осуществлении взлета (где L_1 и L_2 – длина участков полосы с различной прочностью грунта, а $L_{1 \text{ разб}}$ и $L_{2 \text{ разб}}$ – требуемая длина разбега самолета на ГВПП с соответствующими прочностями грунта, рассчитанная по имеющимся в ИЛЭ методикам. Применение этого положения позволяет более полно использовать возможности самолетов по взлету с грунтовых аэродромов. При этом старт необходимо осуществлять от начала участка с большей прочностью грунта (или бетонированного участка).

Заключение

Таким образом, при реализации наиболее эффективного способа тушения природных пожаров – с применением самолетов-танкеров с большим объемом сбрасываемой жидкости – возникает проблема, заключающаяся в существовании неблагоприятных условий аэродромного маневра, на что часто обращается внимание в научных публикациях. Это проблема связана с большой удаленностью районов вероятных природных пожаров от мест расположения аэродромов, на которых обеспечивается полная заправка самолетов-танкеров водой. Выполненные расчеты показывают, что имеются возможности повышения производительности доставки воды к очагу пожара за счет использования грунтовых аэродромов. Однако окончательное решение на их использование необходимо принимать с учетом экономической и технической целесообразности, выявленных соотношений производительности, готовности аэродромных служб к заправкам самолетов водой и топливом в условиях аэродромного маневра, возможностей по использованию грунтовых аэродромов.

При этом процедуру оценки возможностей использования грунтовых аэродромов предлагается расширить до решения вопросов, поднятых в настоящей статье.

Список литературы

1. Коршунов Н. Авиационное тушение лесных пожаров: эффективность репортажей и эффективность технологий // Авиапанорама. 2011. № 4. URL: <https://www.aex.ru/fdocs/1/2011/8/11/19930/> (дата обращения: 12.01.2021).
2. Временные методические рекомендации по применению авиации МЧС России при тушении пожаров (утв. МЧС России 5 сентября 2016 г. № 2-4-71-49). URL: <https://fireman.club/literature/mr-po-primeneniyu-aviatsii-mchs-pri-tushenii-rozharov-2016/> (дата обращения: 13.01.2021).
3. Давыденко Э.П. Тактика применения авиатанкеров для тушения лесных пожаров с воздуха: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Пушкино, 1998. 29 с.
4. Экономические и практические аспекты авиатушения пожаров. URL: <http://pojarunet.ru/ekonomicheskie-i-prakticheskie-aspekty-avia-tusheniya-pozharov> (дата обращения: 12.01.2021).

5. Инструкция экипажу по летной эксплуатации самолета Ил-76. Кн. 2, изд. второе. Министерство обороны СССР, 1977.
6. Инструкция экипажу по летной эксплуатации самолета Ил-76. Кн. 2, изд. второе, подразд. 5.8 (для изд. 76, 76М, 76МД), 1992.
7. Осипов Ю.Н., Ершов В.И., Елькин М.Н. Боевое маневрирование самолетов (вертолетов): учебник. Монино: ВВА, 2009. 404 с.
8. Осипов Ю.Н., Кирин В.Я. Основы летной эксплуатации самолетов (вертолетов): метод. пособие. Монино: ВВА, 2004. 54 с.

Материал поступил в редакцию 29.01.2021 г.

Лопухов Алексей Анатольевич – кандидат технических наук, начальник отдела; **Лукацкий Игорь Михайлович** – заместитель начальника отдела; **Осипов Юрий Николаевич** – кандидат военных наук, профессор, ведущий научный сотрудник; **Ершов Владимир Иванович** – кандидат военных наук, доцент, ведущий научный сотрудник. E-mail: vniipo_robot@mail.ru (Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)), г. Балашиха, Московская область, Россия.

A.A. Lopuhov, I.M. Lukatsky, Yu.N. Osipov, V.I. Yershov

ASSESSMENT OF AVIATION CAPABILITIES OF EMERCOM OF RUSSIA TO ENSURE THE EXTINGUISHING EFFECTIVENESS OF NATURAL FIRES IN UNFAVORABLE CONDITIONS FOR AIRFIELD MANEUVER

The article considers the issues of assessing the aviation capability of EMERCOM of Russia on supporting high delivery capacity of extinguishing agent (water) to the site of natural fire in unfavorable conditions for airfield maneuver. The relevance of the article is due to the following factors. On the one hand, the use of aircraft-tankers with large volume of discharged fluid is currently the most effective method for fighting natural fires. On the other hand, there is weak airfield network providing refueling aircraft with water in areas of the country that are most problematic in relation to fire.

The article presents calculations showing that, in general, there are opportunities to increase the productivity of water delivery to the fire site with the use of unpaved airfields. It is concluded that these opportunities should be implemented taking into account the economic and technical advisability. This advisability should be based on the identified performance ratios, on the readiness of airfield services to refuel aircraft with water and fuel at maneuver airfields, as well as on the capabilities for using unpaved airfields.

There are submitted additional procedures for assessing the possibilities of using unpaved airfields in the process of aerial firefighting of natural fires. Such procedures are not presented in the methodologies that are placed in instructions and flight operation manuals for the aircraft – “water tankers”.

Keywords: *natural fire, water delivery capacity, maneuver airfields, unpaved airfields, ground strength, aircraft pulling, track depth, number of takeoffs and landings.*

Aleksey A. Lopuhov – Candidate of Technical Sciences; Head of Department; **Igor M. Lukatsky** – Deputy Head of Department; **Yurij N. Osipov** – Candidate of Military Sciences, Professor, Leading Researcher; **Vladimir I. Yershov** – Candidate of Military Science, Associate Professor, Leading Researcher. E-mail: vniipo_robot@mail.ru.

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.