

# **МОДЕЛЬ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ЦЕЛЯХ ТУШЕНИЯ КРУПНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ЗОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ НАЗЕМНЫХ СИЛ И СРЕДСТВ**

**А.А. Таранцев, доктор технических наук, профессор,  
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;  
Ю.И. Чикитов.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрена модель на основе сетевого графика применения комплексов беспилотных летательных аппаратов в интересах тушения крупных лесных пожаров. Сформулированы требования к тактико-техническим характеристикам комплексов беспилотных летательных аппаратов в зависимости от способа их применения.

*Ключевые слова:* сетевой график, модель, лесной пожар, тушение, беспилотные летательные аппараты

## **MODEL OF THE UNMANNED AERIAL VEHICLES APPLYING IN PURPOSE OF FOREST FIREFIGHTING IN GROUND FORCES ZONE**

**A.A. Tarantsev; Yu.I. Chikitov.  
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia**

The issues of unmanned aerial vehicles tactics for forest fire guard are reported. The requirements to the characteristics of unmanned aerial vehicles depending on the model of their application are formulated.

*Keywords:* network logic diagram, model, forest fire, firefighting, unmanned aerial vehicles

В 2014 г. были приняты новые Правила тушения лесных пожаров, в которых жестко регламентируется время прибытия подразделений лесопожарной организации на пожар. Согласно п. 48, 49 Правил, в самом критичном случае (при скорости ветра более 5 м/сек. или 4–5 классе пожарной опасности в лесах) подразделение лесопожарной организации обязано прибыть на пожар, возникший в районе применения наземных сил и средств (СиС) пожаротушения, не позднее, чем за 30 мин после обнаружения, или численность привлекаемых СиС должна быть увеличена не менее чем в два раза [1]. На практике прибыть на пожар в указанный правилами срок – трудноосуществимая задача в силу удаленности территорий, недостаточно развитой дорожной сети и т.д., а тем более заранее правильно рассчитать требуемое количество СиС. Зачастую СиС прибывают со значительным запаздыванием, обследование пожара начинается на месте, огонь набирает силу и бороться с ним становится значительно сложнее.

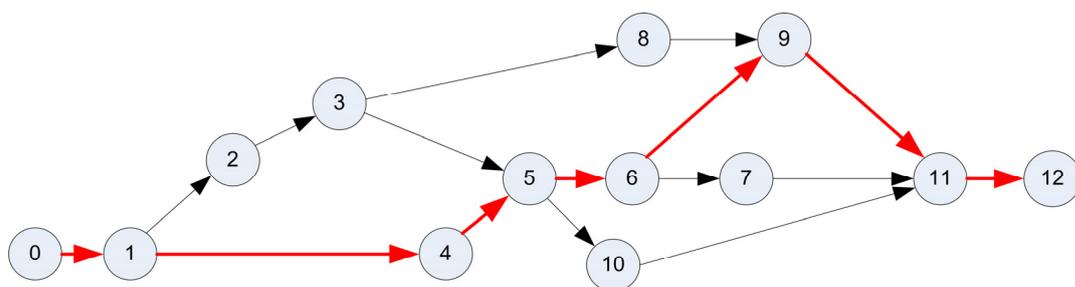
При этом согласно п. 33 Правил, начальным действием по тушению лесного пожара является его обследование [1]. Заранее обследовав лесной пожар (до прибытия первого подразделения лесопожарной организации), можно сократить время начала пожаротушения и тем самым сберечь лес и сэкономить материальные ресурсы.

Наиболее действенным методом удаленной разведки является применение комплексов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Их основная задача на тушении лесных пожаров – обеспечить информационную поддержку руководителю тушения лесного пожара (РТЛП) для определения тактических приемов и технических способов борьбы с огнем и оперативного принятия противопожарных мер, адекватных складывающейся обстановке. Это определение точных координат лесного пожара, направления его распространения, площади, вида, интенсивности, естественных препятствий для распространения огня, особенностей растительности леса, рельефа местности, водных источников, мест отхода лесопожарных подразделений в случае угрожающей опасности и т.д. [2].

Для описания процесса тушения лесного пожара представляется целесообразным использовать математический аппарат сетевого планирования [3] с учётом применения БПЛА, когда это наиболее оправдано. Сетевой график модели применения мобильного комплекса БПЛА при тушении крупного лесного пожара (площадь более 25 Га [4]) изображен на рис. 1.

Согласно работе [3], сеть – это графическое изображение плана разработки, показывающее взаимосвязь всех работ, необходимых для достижения конечной цели (конечных целей) разработки [3]. Основными элементами всякой сети являются работы и события. Работой называется всякий процесс, протекающий во времени и направленный на достижение целей. Событием – результат, получаемый после выполнения тех или иных работ и являющийся отправным пунктом выполнения других работ.



0

t. ед.

События:

0. РДС получила сигнал о лесном пожаре (косм., авиа., назем.)
1. Оперативный штаб лесничества получил сигнал о лесном пожаре
2. БПЛА прибыл на лесной пожар
3. Выполнена часть воздушного обследования
4. РТЛП с первыми СиС прибыл на лесной пожар
5. Обследование завершено
6. Составлен план тушения лесного пожара
7. Создан участок тушения на главном направлении
8. Прибыли дополнительные СиС
9. Созданы участки тушения по всему периметру лесного пожара
10. Создан штаб тушения лесного пожара
11. Лесной пожар локализован
12. Лесной пожар ликвидирован

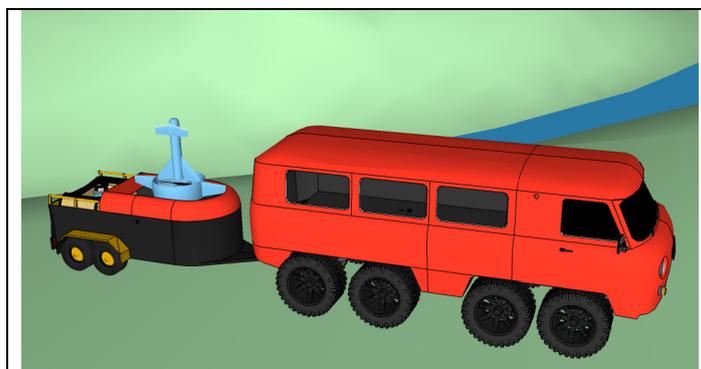
Работы:

- 0-1. Оповещение оперативного штаба лесничества о лесном пожаре
- 1-2. Высылка БПЛА
- 1-4. Высылка СиС
- 2-3. Обследование масштаба лесного пожара
- 3-5. Обследование лесного пожара
- 4-5. Наземное обследование лесного пожара
- 3-8. Высылка дополнительных СиС
- 5-6. Составление плана и схемы тушения лесного пожара
- 6-7. Расстановка первых СиС на главном направлении
- 5-10. Создан штаб тушения лесного пожара
- 6-9. Ожидание прибытия дополнительных СиС
- 8-9. Расстановка дополнительных СиС по всему периметру пожара
- 7-11. Работа по локализации лесного пожара первыми СиС
- 9-11. Работа по локализации лесного пожара дополнительными СиС
- 10-11. Работа штаба тушения (обеспечение тыла, разведка обстановки)
- 11-12. Работы по ликвидации пожара

Упорядочение сетевого графика заключается в таком расположении событий и работ, при котором для любой работы предшествующее ей событие расположено левее и имеет меньший номер по сравнению с завершающим эту работу событием [3]. На графике работы обозначаются стрелками, а события – кружочками.

В рассматриваемой модели сигнал об обнаружении лесного пожара поступает в региональную диспетчерскую службу (РДС) (начальное событие 0). Затем сообщение передается непосредственно в оперативный штаб лесничества или лесопарка, в котором обнаружен пожар (событие 1), с пожарно-химической станции (ПХС) высылается БПЛА

(работа 1–2), выдвигается мобильный комплекс БПЛА (на автомобильной, гусеничной или иной базе, рис. 2) с работником, назначенным непосредственным руководителем тушения лесного пожара, и СиС пожаротушения (работа 1–4).



**Рис. 2. Комплекс БПЛА на автомобильной базе**

Первичная задача БПЛА – как можно быстрее долететь к цели, чтобы оператор совместно с работниками лесопожарной организации, которые следуют на пожар в мобильном комплексе (рис. 3), смогли заранее оценить его масштаб (работа 2–3) и при необходимости еще до момента прибытия (событие 4) вызвать необходимые дополнительные СиС (событие 3). Оценив на месте масштаб лесного пожара, БПЛА приступает к детальному его обследованию, а РТЛП на основе полученной информации составляет предварительный план и схему тушения пожара (рис. 4). Прибыв на место, РТЛП при необходимости проводит наземное дообследование лесного пожара, утверждает план тушения и руководит расстановкой работников на главном наиболее угрожающем направлении (события 5–7). Создается штаб тушения, аккумулирующий всю информацию о ходе работ по тушению пожара и его состоянию (событие 10). По распоряжению штаба тушения проводится периодическое обследование пожара при помощи мобильного комплекса БПЛА, в соответствии с которым РТЛП вносит коррективы в план и схему тушения, учитывая ожидаемые дополнительные СиС. Прибыв на пожар, дополнительные СиС сразу же распределяются по участкам тушения (событие 9). Работы продолжаются до полной ликвидации лесного пожара (событие 12).

Расчет по указанному сетевому графику методами сетевого планирования показал, что критическим путем для данной модели будет прибытие дополнительных СиС на пожар. Чем раньше придут дополнительные СиС, тем раньше будет ликвидирован лесной пожар. Время прибытия дополнительных СиС зависит от организационных вопросов, на которые сложно повлиять: время сбора, согласно плану тушения в лесничестве (лесопарке) [5], удаленность места пожара, качество путей подъезда и т.д.

Однако на сокращение времени по критическому пути можно повлиять выбором тактико-технических характеристик мобильного комплекса БПЛА, применяемого при тушении лесных пожаров. В работу 1–2 с момента получения сообщения о пожаре входит время на предполетную подготовку, старт, время полета к цели и облет кромки лесного пожара.

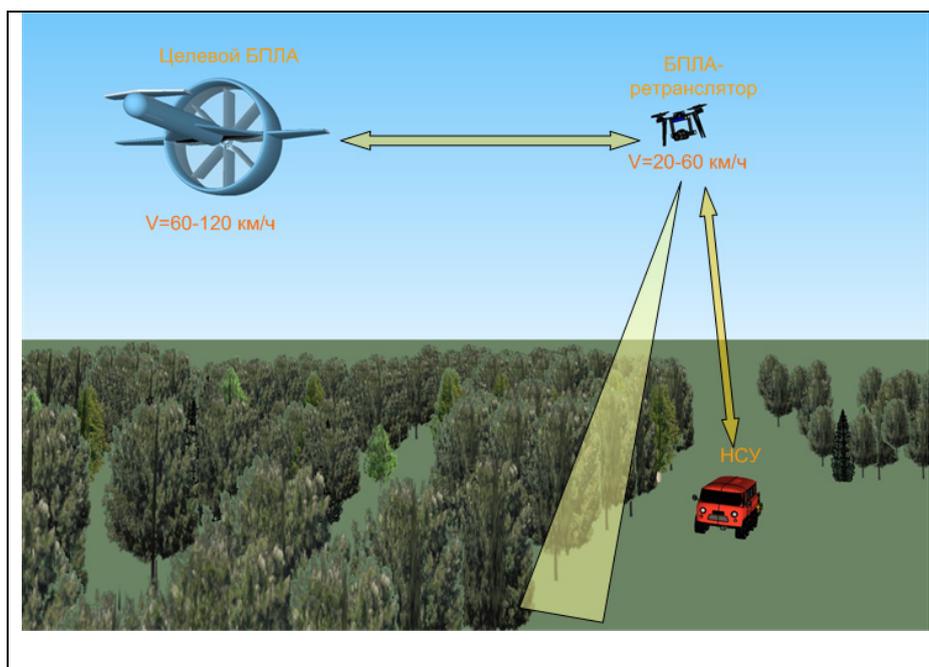


Рис. 3. Схема информационного обмена при высылке мобильного комплекса БПЛА на лесной пожар



Рис. 4. Схема тушения лесного пожара

Соответственно, БПЛА должен обладать высокой горизонтальной скоростью, а комплекс в целом – коротким временем предполетной подготовки. Поскольку зона оперативной деятельности комплекса – лесные территории, где довольно сложно найти большую, ровную взлетно-посадочную площадку для БПЛА, то необходим комплекс вертикального взлета и посадки (с лесных полей, дорог, пойм рек и т.д.). Дальность полета

должна покрывать зону ответственности ПХС третьего типа, действующей как межрайонная лесопожарная служба. Например, зона ответственности Братской ПХС-III в Забайкальском крае свыше 2,5 млн Га радиусом около 120 км [6].

Таким критериям отвечают комплексы БПЛА среднего класса (до 150 км) гибридного типа с горизонтальной скоростью полета от 60 до 120 км/ч и осуществляющие вертикальный взлет/посадку (рис. 5) [7].

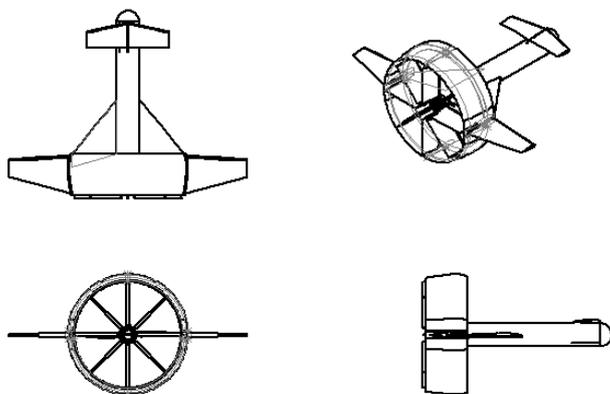


Рис. 5. Схема БПЛА гибридного типа

Кроме того, в лесной зоне прямая видимость радиосигнала затенена кронами деревьев и рельефом местности, поэтому мобильный комплекс должен иметь в своем составе БПЛА, выполняющий роль ретранслятора радиосигнала. Такую функцию могут выполнять малогабаритные БПЛА вертолетного типа или типа «мультикоптер» (рис. 3). Следуя в авангарде мобильного комплекса на пути к пожару со скоростью 20–60 км/ч, они могут обеспечивать радиосвязь с целевым БПЛА и осуществлять разведку состояния дорог по пути следования.

Мобильный комплекс должен удовлетворять условиям повышенной проходимости, соответствующим особенностям региона применения. Наземная станция управления должна быть оснащена специализированным программным обеспечением, позволяющим автоматизировать работу РТЛП. Это автоматическое распознавание и нанесение на электронную карту элементов пожара (кромка, фронт, тыл, фланг, основное направление распространения), возможность нанесения основных элементов схемы тушения (решающее направление действий СиС, расстановка СиС, расположение штаба, место применения БПЛА и т.д.), ведение архива данных, получаемых с БПЛА, интеграция в геоинформационную систему «ИСДМ-Рослесхоз» [8]. На рис. 4 приведен пример схемы тушения лесного пожара, составленной в электронном виде. Все элементы схемы изображены в соответствии с Приложением к Правилам тушения лесных пожаров [1]. Автоматизация процесса также позволит снизить сроки и повысить качество принимаемых управленческих решений, сократить критический путь и быстрее ликвидировать лесной пожар.

Таким образом, рассмотренная модель с применением сетевых методов планирования позволяет определить критический путь процесса тушения лесного пожара и выработать общие требования к комплексам БПЛА, необходимым при тушении крупных лесных пожаров в зоне наземного применения СиС пожаротушения (рис. 6).

Характеристика	Целевой БПЛА	БПЛА-ретранслятор
Класс	средний	малый
Тип	гибридный	мультикоптер/вертолет
Количество	1	2
Радиус действия, км	до 150	до 5
Рабочая высота, м	200–800	50–100
Длительность полета, ч	до 5–6	до 3
Скорость полета, км/ч	60–120	20–60
Вертикальный взлет/посадка	да	да
Полезная нагрузка	фото/видеокамера ИК-камера	фото/видеокамера ретранслятор
Блок автоматического управления	да	–
Дистанционное управление	да	да

Рис. 6. Общие требования к комплексам БПЛА

### Литература

1. Об утверждении Правил тушения лесных пожаров: Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Рос. Федерации от 8 июля 2014 г. № 313. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Повзик Я.С. Пожарная тактика: М.: ЗАО «СПЕЦТЕХНИКА», 2004.
3. Абрамов С.А., Мариничев М.И., Поляков П.Д. Сетевые методы планирования и управления: М.: Изд-во «Советское радио», 1965.
4. ГОСТ Р 22.1.09–99. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров // polyset. Системы безопасности. URL: <http://polyset.ru> (дата обращения: 05.05.2016).
5. Лесной кодекс Рос. Федерации от 4 дек. 2006 г. № 200-ФЗ (в ред. от 13 июля 2015 г.; с изм. и доп., вступ. в силу с 1 окт. 2015 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Пожарно-химическая станция стала единственной на севере региона // Портал «Сделано у нас». URL: <http://sdelanounas.ru/blogs/16597/> (дата обращения: 27.11.2015).
7. Чикитов Ю.И., Таранцев А.А. Тактико-технические характеристики беспилотных летательных аппаратов вертикального взлета и посадки // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 68–72.
8. Применение информационной системы дистанционного мониторинга «ИСДМ-РОСЛЕСХОЗ» для определения пожарной опасности в лесах Российской Федерации: учеб. пособие. Пушкино, 2011.

### References

1. Ob utverzhdenii Pravil tusheniya lesnyh pozharov Prikaz Ministerstva prirodnyh resursov i ehkologii Ros Federacii ot 8 iyulya 2014 g. № 313. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «KonsultantPlyus».
2. Povzik Y.S. Pozharnaya taktika. M.: ZAO «SPECTEKHNIKA», 2004.
3. Abramov S.A., Marinichev M.I., Polyakov P.D. Setevye metody planirovaniya i upravleniya. M.: Izd-vo Sovetskoe radio, 1965.
4. GOST R 22 1 09–99. Monitoring i prognozirovanie lesnyh pozharov // polyset. Sistemy bezopasnosti. URL: <http://polyset.ru> (data obrashcheniya: 05.05.2016).

5. Lesnoj kodeks Ros. Federacii ot 4 dek. 2006 g. № 200-FZ (v red ot 13 iyulya 2015 g.; s izm. i dop., vstup. v silu s 1 okt 2015 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «KonsultantPlyus».
6. Pozharno-himicheskaya stanciya stala edinstvennoj na severe regiona // Portal Sdelano u nas. URL: <http://sdelanounas.ru/blogs/16597/> (data obrashcheniya: 27.11.2015).
7. Chikitov Yu.I., Tarancev A.A. Taktiko-tekhicheskie harakteristiki bespilotnyh letatelnyh apparatov vertikalnogo vzleta i posadki // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2014. № 1 (29). S 68–72.
8. Primenenie informacionnoj sistemy distancionnogo monitoringa «ISDM-ROSLESKHOZ» dlya opredeleniya pozharnej opasnosti v lesah Rossijskoj Federacii: ucheb. posobie. Pushkino, 2011.