

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

Департамент бакалавриата

(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Анализ особенностей и повышение эффективности использования
вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров

Студент

А.С.Чукманов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

кандидат технических наук И.И. Рашоян

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Оглавление

Введение.....	4
Термины и определения.....	10
Перечень сокращений и обозначений.....	12
Глава 1 Анализ лесных пожаров.....	15
1.1 Классификация лесных пожаров.....	15
1.2 Причины возникновения лесных пожаров.....	17
1.3 Этапы тушения крупного пожара.....	17
1.4 Выбор направления исследования.....	18
1.5 Анализ особенностей тушения лесных пожаров.....	18
1.5.1 Способы тушения лесных пожаров.....	19
1.5.2 Использование вертолетов для тушения лесных пожаров.....	21
1.5.3 Меры безопасности полетов при использовании вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров.....	23
1.5.4 ТТД и геометрические данные отечественных вертолетов используемых при тушении лесных пожаров.....	24
1.5.5 Характеристики зарубежных вертолетов используемых при тушении лесных пожаров.....	35
1.5.6 Способы десантирования спасателей (пожарных) в район тушения лесных пожаров.....	38
1.5.7 Устройства, применяемые на вертолетах при ликвидации лесных пожаров.....	40
Глава 2 Теоретические и экспериментальные исследования.....	56
2.1 Методика теоретических и экспериментальных исследований.....	56
2.2 Результаты теоретических и экспериментальных исследований.....	58
2.3 Необходимые расчеты для создания таблицы (памятки) летному составу, участвующему в тушении пожаров на вертолетах с помощью водосливных устройств.....	60

2.4 Таблица (памятка) для летного состава, участвующих в тушении пожаров на вертолетах с помощью водосливных устройств.....	65
Глава 3 Разработка и апробация организационно-технических мероприятий по повышению эффективности и мобильности использования вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров.....	77
3.1 Анализ полученных данных о вертолетах и устройствах применяемых при тушении лесных пожаров.....	77
3.2 Алгоритм и апробация применения памятки для повышения эффективности и мобильности использования вертолетов.....	78
3.2.1 Алгоритм применения памятки.....	78
3.2.2 Апробация применения памятки.....	79
3.3 Разработка комплекса ОТМ на основе проведенных исследований.....	82
Заключение.....	84
Список используемых источников.....	86
Приложение А Основные тактико-технические данные вертолетов.....	90
Приложение Б Основные тактико-технические характеристики водосливных устройств.....	93
Приложение В Основные тактико-технические данные системы лебедочной грузовой СЛГ-300.....	94
Приложение Г Расчет путевой скорости вертолета.....	95
Приложение Д Расчет длины струи воды на поверхности земли от водосливного устройства ВСУ-5.....	97
Приложение Е Расчет длины струи воды на поверхности земли от водосливного устройства ВСУ-15.....	99
Приложение Ж Расчет смещения струи воды на поверхности земли.....	101
Приложение И Расчет времени задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара).....	109

Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования.

Деревья и кустарники это одни из главных источников образования кислорода на планете Земля, поэтому задача сохранения лесов, в настоящее время, является наиболее приоритетным направлением деятельности государства.

Лесные пожары – это наиболее страшные стихийные бедствия, которые охватывают, большие территории в несколько, тысяч и даже миллионов гектаров Земли. Пожары зачастую происходят по быстроразвивающемуся во времени сценарию. Их последствия весьма печальны и получают негативный общественный резонанс. Причины возникновения пожаров в лесистой местности обычно делят на естественные и антропогенные. Наиболее частыми естественными причинами крупных (больших) лесных пожаров на планете Земля являются молнии. Сухие и больные деревья старых лесов более подвержены возгоранию от молнии, чем деревья лесов молодых. Согласно официальным данным, на 2019 год большая часть лесных пожаров происходит по вине человека, а доля естественных пожаров (от молний) составляет 8 % – 10 % от общего количества. Приведенные выше данные указывают на необходимость обеспечения контроля противопожарных служб за соблюдением техники пожарной безопасности. Однако существует такой вид пожара, как «управляемый», который вызывается человеком искусственно. Основной задачей при организации тушения крупных (верховых) лесных пожаров является обеспечение ограничения распространения огня. Главное — это ликвидировать верховые пожары лесных массивов (учитывая, направление, скорость и характер их распространения огня), только после этого необходимо приступать к лесоторфяным пожарам основными силами и средствами.

Статистика, анализ причин и последствий лесных пожаров указывает на необходимость кардинального совершенствования организационно-

технических приемов обеспечения пожарной безопасности. По этим причинам, успешное решение данной проблемы является актуальным.

Объект исследования: Объектами исследования являются вертолеты, технические устройства, вещества, используемые для тушения лесных пожаров.

Предмет исследования: Эффективность использования вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров.

Цель исследования: Повышение эффективности и мобильности использования вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров на основе разработки комплекса инновационных организационно-технических мероприятий в подразделениях авиации МЧС России.

Гипотеза исследования состоит в том, что если разработать таблицу (памятку) для летного состава участвующих в тушении пожаров на вертолетах с помощью водосливных устройств, то может быть достигнуто эффективное и мобильное использование вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

1. Провести анализ особенностей использования вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров.
2. Произвести сравнительный анализ и предоставить преимущества использования вертолетов над другими летательными аппаратами при тушении лесных пожаров.
3. Исследовать пути повышения эффективности использования вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров.
4. Разработать комплекс инновационных организационно-технических мероприятий в подразделениях авиации МЧС России для повышения эффективности и мобильности использования вертолетов при тушении лесных пожаров.

Теоретико-методологическую основу исследования составили действующие актуальные нормативно-правовые документы, опубликованные научные труды в периодических изданиях, технические описания патентных разработок, содержащиеся в электронном доступе и относящиеся к способам, веществам и техническим устройствам (оснастке), применяемым для тушения лесных пожаров.

Базовыми для настоящего исследования явились также: Контрольные эталонные экземпляры РЛЭ (ИЭ) вертолетов Ми-8, Ми-8АМТШ и Ми-26.

Методы исследования:

- теоретический,
- экспериментальный.

Опытно-экспериментальная база исследования подразделения авиации МЧС России.

Научная новизна исследования заключается в:

- выполненном комплексном анализе особенностей использования вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров, включая вопросы обнаружения, десантирования спасателей, тушения пожара, а также оперативной и безопасной эвакуации людей из района повышения опасности;
- разработке инновационных организационно-технических мероприятий для повышения эффективности и мобильности использования вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров.

Теоретическая значимость исследования заключается в использовании таблицы (памятки) для летного состава, участвующего в тушении пожаров на вертолетах с помощью водосливных устройств.

Для анализа особенностей и проблем использования вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров большое внимание в диссертации уделено водосливным устройствам, так как они являются

наиболее значимыми и эффективными техническими средствами для решения задач по тушению лесных пожаров. Выявлены проблемы по использованию водосливных устройств в качестве технических средств тушения лесных пожаров, которые заключаются не только в необходимости наличия водоемов, посадочных площадок и недостаточном обеспечении техники, но и в подготовке летного состава к тушению пожаров с помощью водосливных устройств. При этом нужно учитывать площадь пожара, скорость и направление ветра, высоту сброса воды и т.д. От всего этого зависит успешное выполнение задач по тушению лесных пожаров. Для решения указанных проблем разработана специальная памятка и алгоритм ее применения при тушении лесных пожаров.

Практическая значимость исследования состоит в повышении эффективности выполнения работ по тушению лесных пожаров. Достигается решением следующих задач (достоинств) разработанной таблицы (памятки):

- до минимального значения уменьшается время взлета вертолета, так как никаких предварительных расчетов (перед вылетом), по тушению лесных пожаров с помощью водосливных устройств, делать не нужно, что позволяет значительно раньше приступить к тушению лесных пожаров и максимально сохранить лесные массивы;
- при изменении силы и направлении ветра в полете, это напрямую влияет на точность сброса воды, не нужно делать дополнительные расчеты, что позволяет не тратить время на них, а все время полета уделять непосредственно тушению лесных пожаров, а значит экономятся ресурсы и сохраняются лесные массивы;
- при необходимости изменения параметров полета (скорости и высоты) сброса воды (например: препятствия, высокие языки пламени и т.д.) также не нужно делать дополнительные расчеты;
- таблица позволяет определить длину струи воды на поверхности земли от водосливных устройств, в зависимости от путевой скорости вертолета и времени сброса воды с водосливных устройств, что

позволят рассчитать количество вертолето-вылетов для тушения лесных пожаров;

- таблица позволяет определить смещение струи воды на поверхности земли с учетом ветра и время задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара), что позволит направлять и точно сбрасывать воду с водосливных устройств без дополнительных расчетов и затрат во времени и ресурсах. Это приводит к быстрому, качественному, наиболее эффективному и экономически грамотному решению задач по тушению лесных пожаров;
- упрощает работу летчику-штурману в воздухе, во время непосредственного тушения пожара (не нужно производить расчеты, памятка обеспечивает получение информации КЭ без уменьшения качества тушения пожара). За счет этого появляется дополнительное время на ведение разведки в зоне пожара (для оценки масштаба пожара, вида пожара, его скорости распространения, направления перемещения и т.д.) и для передачи информации РП и РТП, которая очень важна для принятия дальнейших решений по тушению пожара.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивали:

- представленные тактико-технические данные вертолетов и используемых с ними устройств, которые наглядно показывают широкое, незаменимое и наиболее эффективное применение вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров;
- тщательный анализ состава, области применения и принципов работы устройств, применяемых на пожарных вертолетах.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в сравнении тактико-технических и геометрических характеристик водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15, в сравнении максимального времени полета (работы) вертолета Ми-8 с использованием ВСУ-5 и Ми-26 с ВСУ-15, а также в разработке таблицы (памятки) для летного состава,

участвующего в тушении пожаров на вертолетах с помощью водосливных устройств, и алгоритма ее применения.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Основные положения, выводы, сформулированные в диссертации, подкреплены фактическими данными и наглядно представлены в приведенных рисунках и таблицах. Материалы и результаты работы докладывались и рассматривались на конференции «Интернаука» 12.05.2020 г. в городе Москва и опубликована статья в научном журнале «Студенческий вестник» №17 (115) от 19.05.2020г. на тему: «Использование вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров».

На защиту выносятся:

1. Проведенный анализ особенностей использования вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров.
2. Произведенный сравнительный анализ преимуществ использования вертолетов над другими летательными аппаратами при тушении лесных пожаров.
3. Разработанные рекомендации для повышения эффективности использования вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров.
4. Разработанный комплекс инновационных организационно-технических мероприятий в подразделениях авиации МЧС России для повышения эффективности и мобильности использования вертолетов при тушении лесных пожаров.

Структура магистерской диссертации

Диссертация состоит из введения, терминов и определений, сокращений и обозначений, трех глав, заключения, списка используемых источников и приложений. Основная часть исследования изложена на 89 страницах, текст иллюстрирован 20 рисунками, приложения представлены на 27 листах.

Термины и определения

В данной работе использованы следующие термины и определения:

Аварийно-спасательное вооружение – это комплекс специального оборудования для оснащения аварийно-спасательных формирований.

Авиационная техника – это, преимущественно, летательные аппараты, предназначенные для полёта в атмосфере Земли (воздушные суда), их двигатели, бортовое оборудование и агрегаты.

Быстротвердеющая пена – это новейшая технология взрывопожаропредотвращения. Специалистами НПО «СОПОТ» разработано уникальное средство пожаротушения с использованием новейшей технологии пожаровзрывопредотвращения твердых и жидких горючих материалов.

Верховой лесной пожар – это лесной пожар, охватывающий полог леса (верхушки деревьев).

Взлет – это процесс перехода летательного аппарата в состояние полёта.

Взлет по-вертолетному – это основной способ взлета вертолета. В зависимости от размеров взлетной площадки, конфигурации и высоты окружающих ее препятствий, превышения площадки над уровнем моря, температуры наружного воздуха, скорости и направления ветра и взлетной массы вертолета взлет по-вертолетному может выполняться по двум траекториям:

- с разгоном вне зоны влияния воздушной подушки;
- с разгоном в зоне влияния воздушной подушки.

Воздушная скорость – это скорость летательного аппарата относительно воздуха.

Горизонтальный полет вертолета – это прямолинейный полет с постоянной скоростью без набора высоты и без снижения.

Зависание вертолета – это неподвижное положение вертолета относительно поверхности земли (воды) на определенной высоте.

Заградительная полоса – это определенный участок почвы, который своевременно очищается от горючих материалов путем обработки земляного полотна при помощи обрабатывающих орудий (опашка почвы) или любыми другими способами линейной очистки.

Лесной пожар – это стихийное, неконтролируемое распространение огня по лесным площадям. Причины возникновения пожаров в лесу принято делить на естественные и антропогенные.

Летательный аппарат – это общее название устройства (аппарата) для полётов в атмосфере или космическом пространстве.

Низовой лесной пожар – это лесной пожар, распространяющийся по нижним ярусам лесной растительности, лесной подстилке, опаду.

Огнегасящее средство – это средство, при использовании которого прекращается процесс горения.

Парашиотно-спасательная подготовка – это подготовка обучающихся к выполнению прыжков с парашютом, изучение парашютной техники, снаряжения и оборудования, применяемого в подразделениях поиска и спасания авиации, а также правил их эксплуатации, обслуживания, хранения.

Подземный пожар – это неуправляемое горение, проходящее под землей.

Пожарная опасность – это состояние, при котором возможно возникновение и развитие пожара.

Путевая скорость – это скорость летательного аппарата относительно земли.

Режим висения – это такой режим полета, при котором отсутствует какое-либо перемещение центра тяжести вертолета относительно воздушной среды.

Перечень сокращений и обозначений

В данной работе использованы следующие сокращения и обозначения:

- АА – армейская авиация
- АСВ – аварийно-спасательное вооружение
- АТ – авиационная техника
- БАТ – бортовой авиационный техник
- БП – быстротвердеющая пена
- ВК – воздушный кодекс
- ВВС – военно-воздушные силы
- ВВЖ – вертолетовождение
- ВПП – взлетно-посадочная полоса
- ВПУ – взлетно-посадочное устройство
- ВСУ – водосливное устройство
- ВУНЦ – военный учебно-научный центр
- ГК – грузовая кабина
- ГМ – горючие материалы
- ГП – горизонтальный полет
- ГТД – газотурбинный двигатель
- ДТБ – дополнительный топливный бак
- ЗВВП – зона влияния воздушной подушки
- ЗП – заградительная полоса
- ИЭ – инструкция экипажу
- КЭ – командир экипажа
- КабЭ – кабина экипажа
- ЛА – летательный аппарат
- ЛС – личный состав
- ЛШ – летчик-штурман
- ЛЭП – линии электропередач
- МВ – малая высота

МВМ – максимальная взлетная масса
МКО – мощно-кучевое облако
МЛП – место лесного пожара
МП – мотопомпы
МСА – международная стандартная атмосфера
НВ – несущий винт
НВМ – нормальная взлетная масса
ОГС – огнегасящее средство
ОП – опорная полоса
ОС – огнезащитный состав
ОТМ – организационно-технические мероприятия
ОФП – опасные факторы пожара
ОХ – огнезадерживающие химикаты
ОШ – огнетушитель
ПАВ – поверхностно-активные вещества
ПМВ – предельно-малая высота
ПОС – противообледенительная система
ППО – противопожарное оборудование
ПСП – парашютно-спасательная подготовка
ПСР – поисково-спасательные работы
ПТВ – пожарно-техническое вооружение
ПУ – пункт управления
РВ – рулевой винт
РЛЭ – руководство по летной эксплуатации
РП – руководитель полетов
РТП – руководитель тушения пожара
СВ – сброс воды
СП – средства пожаротушения
СУ-Р – спусковое устройство роликовое
ТП – техника пилотирования

ТС – транспортное средство

ТУ – тормозное устройство

УЗК – устройство заградительных каналов

ФАП ШС – федеральные авиационные правила по штурманской службе

ФАПП ВП – федеральные авиационные правила полетов в воздушном пространстве

ФАППП ГА – федеральные авиационные правила производства полетов государственной авиации

ФПИВП – федеральные правила использования воздушного пространства

ЧС – чрезвычайная ситуация

Глава 1 Анализ лесных пожаров

На территории Российской Федерации располагается около 25 процентов мирового лесного массива и запасов древесины.



Рисунок 1 – Лесной пожар – уничтожение лесных массивов

Каждый год в России в период пожароопасной обстановке возникает более тысячи очагов пожара [4], в последствии чего уничтожаются тысячи и миллионы гектаров леса (рисунок 1).

1.1 Классификация лесных пожаров

Классификация лесных пожаров производится с учетом анализа (с присвоением каждому возгоранию своей отдельной категории пожара). На категорию влияет вид, площадь, охваченная огнем, и количество людей и техники, задействованных в тушении пожара.

Выделяют шесть классов лесных пожаров [7]:

- соответствует поражению площади горения не более 0,2 га, который возможно потушить одному человеку;
- незначительный очаг возгорания, не более 2 га, останавливается группой из 2 – 4 людей;
- небольшой пожар площадью от 2,1 до 20 га. В тушении задействуют 10 человек;
- средний пожар, охватывает площадь леса от 21 до 200 га. Его могут остановить специализированные группы, состоящие из 30 – 40 человек;
- крупный лесной пожар, площадь очага не более 2000 га, тушение производят группой до 100 человек;
- эта категория определена площадью горения лесного массива более 2000 га. Катастрофические локализации горения предотвращаются основной группой людей, количеством 400 человек.



Рисунок 2 – Виды лесных пожаров

Лесные пожары бывают [13] (рисунок 2):

- верховые,
- низовые,

- подземные.

1.2 Причины возникновения лесных пожаров

Основными причинами возникновения лесных пожаров являются:

- избалованное, безответственное поведение людей, которые не проявляют в лесу никакой осторожности при использовании огня, нарушают все правила противопожарной безопасности, оставляют не затушенные костры или окурки от сигарет в местах отдыха;
- детская шалость и баловство с огнем;
- сжигание отходов, мусора рядом с жилыми домами и на территории, прилегающей к лесу;
- искры из выхлопных устройств ТС;
- самовозгорание промасленного материала;
- удар молнией;
- брошенная горящая спичка (поджег).

1.3 Этапы тушения крупного пожара

Основные этапы:

- разведка – уточнение периметра пожара, выявление классификации вида и силы огня на кромке и отдельных частях. По результатам, сделанным при разведке, прогнозируется возможное положение пожара, характер и сила горения [12];
- локализация – уничтожение возможностей нового распространения огня. Полная остановка распространения пожара. Прокладка заградительных канав и полос, обработка по периметру областей пожара [12];
- ликвидация пожара – дотушивание очагов ОФП [12];

- окарауливание пожарищ – постоянные обходы и осмотры по периметру локализации пожара [12].

1.4 Выбор направления исследования

Причинами уменьшения территории лесов являются:

- вырубка лесных массивов,
- засуха,
- инфекции деревьев,
- насекомые-вредители.

Но все-таки наиболее катастрофический ущерб лесным массивам (лесам) приносят лесные пожары.

Возникновение средних и крупных лесных пожаров в Российской Федерации и других странах мира в последние годы становится все более значимой экономической, экологической и социальной проблемой. Тушение лесных пожаров осуществляется с комплексным использованием авиации и наземной техники. Как показывает практика, при тушении крупных и средних лесных пожаров, возникающих в удаленных и труднодоступных районах, обойтись без применения авиации невозможно, в том числе без вертолетов.

1.5 Анализ особенностей тушения лесных пожаров

Для анализа динамики лесных пожаров, по всем отдельно взятым пожарам необходимы следующие данные [5]:

- субъект РФ, лесхоз, лесной массив, лесничество, квартал, выдел;
- принадлежность лесных массивов, их вид, категория;
- источник, дата, день недели, время получения информации и способ обнаружения пожара;
- площадь пожара во время обнаружения;

- класс пожарной опасности;
- причина возникновения пожара;
- дата, день недели и время прибытия пожарной команды, начала тушения, локализации и ликвидации ОФП;
- расстояние до ближайшего населенного пункта, транспортных и железнодорожных путей;
- расстояние и площадь, пройденная пожаром;
- преобладающая порода и вид деревьев на территории пожара;
- характеристика и состояние напочвенного покрова на территории пожара;
- подразделение МЧС, ликвидировавшее пожар, применявшиеся при этом средства тушения пожара;
- стоимость затрат на тушение;
- общий экономический ущерб.

1.5.1 Способы тушения лесных пожаров

Выбор способа тушения пожара зависит от интенсивности и вида лесного пожара. Выделяют следующие способы тушения [9, 11, 14, 15, 16]:

- а) захлестывание огня, сбивание пламени – осуществляется мелкими ветвями. Пламя сбивается потоком воздуха, тлеющая поверхность и травянистая покров заливается водой [11]. Способ наиболее эффективен при тушении низовых пожаров слабой интенсивности;
- б) тушение водой ОФП, без добавок ОГС (веществ), а также полив воды по периметру горящего материала непосредственно перед пламенем [11]. Для тушения применяют ранцевые ОШ и МП. Способ наиболее эффективен при тушении низовых пожаров слабой и умеренной интенсивности;
- в) тушение ОФП с применением ОГС (веществ). Для тушения применяют ранцевые ОШ и МП [9, 13, 16]. Способ наиболее эффективен при тушении низовых пожаров умеренной интенсивности. Действует более эффективно предыдущего способа;

- г) засыпка ОФП грунтом – на песчаных и супесчаных почвах. Выброс грунта производится на кромку огня или непосредственно по периметру перед ней. Используются грунтометы, багры, лопаты и др. подручные средства [13, 16]. Способ наиболее эффективен при тушении низовых пожаров слабой интенсивности;
- д) прокладка ЗП на пути огня – производится с использованием плугов, фрез, грунтометов совместно с тяжелой техникой (тракторами и бульдозерами). Заградительная полоса создается также с помощью ОГС [9, 11, 13, 16]: суспензий, многократной пены, порошков. При этом для экономии ОГС лучше прокладывать по периметру полосу перед кромкой огня. В труднодоступной и удаленной от населенных пунктов местности применяется ускоренная прокладка ЗП (взрывы). Используют два метода: шпуровый, накладные шнуры. В первом случае десантные отряды (подразделения) укладывают шашки в заранее подготовленные места на глубину около 50 см. Шашки взрывают, заранее соединив между собой электрическими проводами. Во втором же случае используют специальные пластиковые шнуры со взрывчаткой. Шнуры между собой соединяют, получаются линии длиной по 0.2 - 0.3 км и взрывают. Ширина ЗП зависит от состава грунта и получается от 1 до 3 м. Метод очень эффективный, но требует особой подготовки и высокой квалификации личного состава пожарных подразделений, а также соблюдения правил техники безопасности при обращении с взрывчатыми веществами. Все варианты создания рвов используют только для тушения низовых пожаров;
- е) создание ОП и отжиг ГМ. Перед линией фронта пожара создают ОП (минерализованную либо созданную с помощью ОГС) для отжига – упреждающего пуска огня навстречу ОФП. Так же в качестве ОП используют рубежи – просеки, дороги, тропы, реки,

ЛЭП и др. Отсюда следует, что удастся остановить пожар еще только на подходе к ОП и перевести его в контролируемую и управляемую фазу [11]. Этот способ применяется для тушения низовых и верховых пожаров;

ж) тушение с применением авиации [17];

и) УЗК. Способ наиболее эффективный, для остановки торфяных пожаров. Каналы создаются по всему периметру пожара, глубиной до минерального грунта либо до уровня подземных вод. Существуют также другие способы тушения торфяных пожаров, очень трудоемкие, дорогие и практически малоэффективные [11, 13]:

1) перемешивание горящих (тлеющих) слоев торфа, заливка их водой или растворами ПАВ;

2) оконтуривание по периметру очагов горения заливкой воды, растворов или БП в торф с помощью стволов;

3) нарезание траншей (рвов) с одновременным заполнением (заливкой) их минеральным грунтом или водой;

к) тушение с помощью искусственно вызванных атмосферных осадков – метод, при котором в верхнюю часть МКО вводятся мелкодисперсные частицы, которые становятся ядрами конденсации и сублимации (переход воды из газообразного состояния в жидкое и твердое состояние) [11]. К таким веществам относятся: сухая углекислота, йодистое серебро, йодистый свинец.

1.5.2 Использование вертолетов для тушения лесных пожаров

Применение вертолетов для обнаружения и тушения лесных пожаров позволяет резко сократить площадь горения (за счет раннего распознавания), тем самым сохранить большие площади лесных массивов, а также предотвратить распространение пожара на населенные пункты и другие важные объекты.

Основными направлениями применения вертолетов являются (рисунок 3):

- транспортировка ЛС, ПТВ и АСВ, техники и ОГС;
- проведении разведки, управления и связи;
- эвакуация и спасание людей (пострадавших);
- тушение пожара с воздуха путем сброса на очаг воды и подачи других ОГС;
- создание ОП растворами ОХ и воды при защите от пожаров населенных пунктов и важных объектов.



Рисунок 3 – Транспортировка ЛС, ПТВ, АСВ и сброс воды с ВСУ-15 вертолетом Ми-26ТП

Тушение пожаров с воздушным способом осуществляется двумя тактическими приемами:

- воздействием на пожар водой или ОГС в виде крупнокапельной струи (рисунок 3);
- прокладкой перед огнем заградительной полосы растворами ОХ.

Первый прием более распространен в тех местах, где большое количество озер, рек или других водоемов, при этом используют вертолеты, которые забирают воду в емкость (ВСУ) на внешней подвеске при использовании режима висения над водной поверхностью. Второй прием получает большие оценки, поскольку прокладка с ЛА опорной полосы перед кромкой пожара явилась более эффективной операцией. Созданная опорная полоса переводит пожар из пламенной фазы горения в беспламенную, тем самым резко убирает интенсивность теплового излучения и позволяет наземному ЛС приступить к дотушиванию и полной ликвидации лесного пожара.

Для прокладки ОП используют фосфатно-аммонийные соли, а также огнезащитный состав ОСБ-1 (на основе бишофита). Способ эффективно применяется для тушения низовых и верховых пожаров любой интенсивности.

1.5.3 Меры безопасности при использовании вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров

Управление вертолетами в зоне ЧС осуществляется РП [19 - 25] с подвижного ПУ полетами (оперативного ПУ полетами), который по прибытию в ПУ поступает в распоряжение РТП и строго выполняет его команды [3, 6, 8, 10, 28].

Применяемые условия, которые необходимы для безопасного применения вертолетов:

- оцепление (ограждение) района тушения пожара;
- отключение (обесточивание) района пожара от электричества и прилегающей территории, населенных пунктов к МЛП;
- надежное (тщательное) закрепление ПТВ в ЗВВП от НВ вертолета;
- отсутствие ЛС в местах (районах) СВ;
- чтобы избежать травм рук запрещается поправлять (тянуть) трос внешней подвески;

- при выполнении полетов с грузом (ВСУ) на внешней подвеске обязательно следует учитывать состояние поверхности площадки и высоту препятствий;
- при выполнении полетов с грузом (ВСУ) на внешней подвеске не следует летать над зданиями, сооружениями и населенными пунктами.

1.5.4 ТТД и геометрические данные отечественных вертолетов используемых при тушении лесных пожаров

Эффективным применением для тушения лесных пожаров, являются вертолеты Ми-8 (рисунок 5, 6, 7) и Ми-26 (рисунок 4, 8), которые могут использовать ВСУ при тушение лесных пожаров до 15 т воды.



Рисунок 4 – Применение вертолета Ми-26ТП при тушении лесного пожара.

Их можно использовать для тушения огня водой в виде слива крупнокапельной струи воды и прокладки по периметру перед пожаром ЗП растворами ОХ.

1.5.4.1 ТТД и геометрические данные вертолета Ми-8МТ

Основные геометрические данные вертолета [18, 30]:

а) длина:

- 1) без НВ и РВ 18,990 м;
- 2) с вращающимися НВ и РВ 25,352 м;

б) высота:

- 1) без РВ 4,765 м;
- 2) с вращающимся РВ 5,521 м;

в) расстояние от земли до нижней точки фюзеляжа (клиренс) 0,445 м;

г) размеры грузовой кабины:

- 1) длина (по полу) 5,34 м;
- 2) ширина 2,34 м;
- 3) высота 1,8 м;

д) проема фюзеляжа в зоне рампы (в свету):

- 1) высота 1,514 м;
- 2) ширина (по строительной горизонтали) 2,040 м;

е) проем двери ГК:

- 1) высота 1,405 м;
- 2) ширина 0,825 м;

ж) ширина вертолета с учетом шасси 5,0 м;

и) НВ:

- 1) диаметр 21,294 м;
- 2) число лопастей 5;

к) РВ:

- 1) диаметр 3,908 м;
- 2) число лопастей 3;

л) ВПУ:

- 1) тип шасси трехстоечное неубирающееся;
- 2) колея главных ног шасси 4,510 м;
- 3) база шасси 4,281 м.

Основные ТТД вертолета Ми-8МТ указаны в Приложении А таблице А.1.



Рисунок 5 – Вертолет Ми-8МТ на режиме висения

Минимальные размеры площадки для взлета и посадки вертолета с разгоном его в ЗВВП при отсутствии препятствий на подходах к площадке и от нее должны равняться 50*50 м, а при наличии препятствий высотой до 15 м на границах, размеры площадок следующие [18, 26, 27, 30]:

- на высотах до 1500 м – 50*120 м;
- на высоте от 1500 до 2000 м – 50*165 м;
- на высоте от 2000 до 3000 м – 50*255 м;
- на высоте от 3000 до 3500 м – 50*300 м;
- на высоте от 3500 до 4000 м – 50*345 м.

Максимальные уклоны площадки для выполнения посадки вертолета без выключения двигателей после приземления на нее не должны превышать [18, 26, 27, 30]:

- КабЭ на уклон 7° ,
- КабЭ под уклон 5° ,
- левым бортом фюзеляжа на уклон 7° ,
- правым бортом фюзеляжа на уклон 3° .

Максимальные уклоны для выполнения посадки вертолета с выключением двигателей после приземления на нее не должны превышать [18, 26, 27, 30]:

- КабЭ на и под уклон, левым бортом фюзеляжа на уклон 5° ;
- правым бортом фюзеляжа на уклон 3° .

Вертолет Ми-8МТ в пожарном варианте имеет ППО состоящее из двух пусковых установок (слева и справа по бортам фюзеляжа) с импульсными СП, ВСУ на внешней подвеске и СУ-Р, обеспечивающее мобильное беспарашютное десантирование спасателей (пожарных).

На вертолетах МИ-8МТ могут устанавливаться ВСУ с емкостью из прорезиненного материала или из металлических соединений. Используемые ВСУ из прорезиненной ткани предназначены для набора воды из водоемов с режима висения и транспортировки ее к месту пожара. Сброс воды производится непосредственно на огонь или по периметру перед кромкой пожара при полетах на МВ и ПМВ на скоростях и с режима висения. ВСУ с водой зацепляется за внешнюю подвеску вертолета. Наполнение емкости водой производится опусканием ее в открытый водоем. Сброс жидкости осуществляется через сливной рукав объемом до 5 м^3 . Время набора воды 25 - 35 с, а слива-7 - 9 с. Стволы управляются с борта вертолета. Возможен аварийный сброс емкости ВСУ. Емкость с водой может размещаться в ГК. В таком случае набор водой происходит через всасывающий шланг с помощью насосов. Объем емкости 4 м^3 .

Сбрасывается вода следующими способами [17, 18]:

- через сливной клапан в нижней части емкости грузового люка (ГК) вертолета;
- через комплекс форсунок, расположенный в днище фюзеляжа вертолета;
- через водомет, который находится в проеме двери на левом борту фюзеляжа вертолета.

ВСУ с полостью из металлических материалов, емкостью жидкости 2,5 м³ набирает воду из водоемов глубиной не менее 1,2 м. Транспортируется ВСУ на внешней подвеске. С него возможен сброс воды с режима висения вертолета и отцепки ВСУ на земле после посадки вертолета. Управление сбросом осуществляется с вертолета. Время набора воды 17 – 21 с, а сброса – 11 – 15 с.

1.5.4.2 ТТД и геометрические данные вертолета Ми-8АМТШ

Основные геометрические данные вертолета [18, 30]:

а) длина:

- 1) без НВ и РВ 18,990 м;
- 2) с вращающимися НВ и РВ 25,352 м;

б) высота:

- 1) без РВ 4,765 м;
- 2) с вращающимся РВ 5,521 м;

в) расстояние от земли до нижней точки фюзеляжа (клиренс) 0,445 м;

г) размеры грузовой кабины:

- 1) длина (по полу) 5,34 м;
- 2) ширина 2,34 м;
- 3) высота 1,8 м;

д) проема фюзеляжа в зоне рампы (в свету):

- 1) высота 1,514 м;
- 2) ширина (по строительной горизонтали) 2,040 м;

е) проем левой двери ГК:

- 1) высота 1,405 м;

- 2) ширина 0,825 м;
- ж) проем правой уширенной двери ГК:
 - 1) высота 1,380 м;
 - 2) ширина 1,250 м;
- и) ширина вертолета с учетом шасси 5,0 м;
- к) НВ:
 - 1) диаметр 21,294 м;
 - 2) число лопастей 5;
- л) РВ:
 - 1) диаметр 3,908 м;
 - 2) число лопастей 3;
- м) ВПУ:
 - 1) тип шасси трехстоечное неубирающееся;
 - 2) колея главных ног шасси 4,510 м;
 - 3) база шасси 4,281 м.

Основные ТТД вертолета Ми-8АМТШ указаны в Приложении А таблице А.2.



Рисунок 6 – Вертолет Ми-8АМТШ на режиме висения

Минимальные размеры площадки для взлета и посадки вертолета с разгоном его в ЗВВП при отсутствии препятствий на подходах к площадке и от нее должны равняться 50*50 м, а при наличии препятствий высотой до 15 м на границах, размеры площадок следующие [18, 26, 27, 30]:

- на высотах до 1500 м – 50*120 м;
- на высоте от 1500 до 2000 м – 50*165 м;
- на высоте от 2000 до 3000 м – 50*255 м;
- на высоте от 3000 до 3500 м – 50*300 м;
- на высоте от 3500 до 4000 м – 50*345 м.

Максимальные уклоны площадки для выполнения посадки вертолета без выключения двигателей после приземления на нее не должны превышать [18, 26, 27, 30]:

- КабЭ на уклон 7 °;
- КабЭ под уклон 5 °;
- левым бортом фюзеляжа на уклон 7 °;
- правым бортом фюзеляжа на уклон 3 °.

Максимальные уклоны площадки для выполнения посадки вертолета с выключением двигателей после приземления на нее не должны превышать [18, 26, 27, 30]:

- КабЭ на и под уклон, левым бортом фюзеляжа на уклон 5 °;
- правым бортом фюзеляжа на уклон 3 °.

На вертолетах МИ-8АМТШ могут устанавливаться ВСУ с емкостью из прорезиненного материала или из металлических соединений. Используемые ВСУ из прорезиненной ткани предназначены для набора воды из водоемов с режима висения и транспортировки ее к месту пожара. Сброс воды производится непосредственно на огонь или по периметру перед кромкой пожара при полетах на МВ и ПМВ на скоростях и с режима висения. ВСУ с водой зацепляется за внешнюю подвеску вертолета. Наполнение емкости водой производится опусканием ее в открытый водоем. Сброс жидкости осуществляется через сливной рукав объемом до

5м³. Время набора воды 25 - 35 с, а слива - 7 - 9 с. Стволы управляются с борта вертолета. Возможен аварийный сброс емкости ВСУ. Емкость с водой может размещаться в ГК. В таком случае набор водой происходит через всасывающий шланг с помощью насосов. Объем емкости 4 м³.

1.5.4.3 ТТД и геометрические данные вертолета Ми-14ПЖ

Основные геометрические данные вертолета [18, 30]:

а) длина:

- 1) без НВ и РВ 18,99 м;
- 2) с вращающимися НВ и РВ 25,352 м;

б) высота:

- 1) без РВ 4,765 м;
- 2) с вращающимся РВ 5,521 м;

в) расстояние от земли до нижней точки фюзеляжа (клиренс) 0,445 м;

г) размеры ГК:

- 1) длина (по полу) 5,25 м;
- 2) ширина 2,25 м;
- 3) высота 1,5 м;

д) проем двери ГК:

- 1) Высота 1,405 м;
- 2) Ширина 0,825 м;

е) ширина вертолета с учетом шасси 5,0 м;

ж) НВ:

- 1) диаметр 21,294 м;
- 2) число лопастей 5;

и) РВ:

- 1) диаметр 3,908 м;
- 2) число лопастей 3;

к) ВПУ:

- 1) тип шасси трехстоечное убирающееся;
- 2) колея главных ног шасси 4,510 м;

3) база шасси 4,281 м.

Основные ТТД вертолета Ми-14ПЖ указаны в Приложении А таблице А.3.



Рисунок 7 – Вертолет Ми-14ПЖ

Минимальные размеры площадки для выполнения взлета и посадки вертолета с разгоном его в ЗВВП при отсутствии препятствий на подходах к площадке и от нее должны равняться 50*50 м, а при наличии препятствий высотой до 15 м на границах, размеры площадок следующие [18, 26, 27, 30]:

- на высотах до 1500 м – 50*120 м;
- на высоте от 1500 до 2000 м – 50*165 м;
- на высоте от 2000 до 3000 м – 50*255 м;
- на высоте от 3000 до 3500 м – 50*300 м;
- на высоте от 3500 до 4000 м – 50*345 м.

Максимальные уклоны площадки для выполнения посадки вертолета без выключения двигателей после приземления на нее не должны превышать [18, 26, 27, 30]:

- КабЭ на уклон 7 °;
- КабЭ под уклон 5 °;
- левым бортом фюзеляжа на уклон 7 °;
- правым бортом фюзеляжа на уклон 3 °.

Максимальные уклоны площадки для выполнения посадки вертолета с выключением двигателей после приземления на нее не должны превышать [18, 26, 27, 30]:

- КабЭ на и под уклон, левым бортом фюзеляжа на уклон 5 °;
- правым бортом фюзеляжа на уклон 3 °.

Вертолет Ми-14ПЖ отличается от одноклассовых ЛА более удобной и безопасной конструкцией, как самого вертолета, так и ППО, при значительно усовершенствованной эффективности работы по тушению пожаров. Пожарный комплекс вертолёта Ми-14ПЖ состоит из внутреннего бака для жидкости и системы его заправки, позволяющая заполнять емкость из водоёма глубиной не менее 0,3 м с режима висения. Водоём может быть, как искусственный, так и естественного происхождения. При необходимости на вертолёте можно установить кресла для перевозки до 24 спасателей (пожарных) или устройство для внешней подвески ВСУ (грузов).

Преимущество: Посадка и взлет вертолета Ми-14ПЖ разрешается с водной поверхности при волнении не более 4 баллов.

1.5.4.4 ТТД и геометрические данные вертолета Ми-26ТП

Вертолет Ми-26ТП (рисунок 8) противопожарный, предназначен для тушения пожаров, в том числе промышленных, во всех физико-географических районах, доставки различного ППО, специальной техники и пожарных (спасателей). В состав ППО входят [18] (рисунок 9):

- рабочее место БАТ (оператора);
- 4 бочки для жидкости (общий объем 15 м³);
- 2 бочки для ОХ (общий объем 0,9 м³);
- система наддува (насосы) до 1,4 кг/см²;
- система сброса ОГС;

– система дозирования ОХ.

Основные ТТД вертолета Ми-26ТП указаны в Приложении А таблице А.4.



Рисунок 8 – Вертолет Ми-26ТП



Рисунок 9 – Состав ППО Ми-26ТП

Основные геометрические данные вертолета [18, 30]:

а) длина 18,990 м;

б) размеры ГК:

1) длина 12 м;

2) ширина 3,2 м;

3) высота 3,1 м;

в) НВ:

1) диаметр 32 м;

2) число лопастей 8;

г) РВ:

1) диаметр 3,908 м;

2) число лопастей 5;

д) тип шасси трехстоечное неубирающееся.

1.5.5 Характеристики зарубежных вертолетов используемых при тушении лесных пожаров

Популярные вертолеты пожаротушения включают в себя варианты Bell 204/205 и Боинг Вертол 234 [33].

1.5.5.1 Данные вертолета Bell 204/205

Технические характеристики вертолета Bell 204/205 [34]:

- экипаж 2 человека;
- вместимость 8 человек;
- длина вертолётa 12,7 м;
- высота вертолётa 4,65 м;
- диаметр несущего винта 14,64 м;
- масса пустого вертолётa 2085 кг;
- максимальный взлётный вес 4310 кг;
- крейсерская скорость 205 км/ч;
- максимальная скорость полётa 235 км/ч;
- максимальная дальность полётa 535 км;
- максимальная высота полётa 5910 м;

- силовая установка Lycoming T53-L-11A;
- мощность 1100 лошадиных сил.

1.5.5.2 Данные вертолета Боинг Вертол 234

Технические характеристики [35]:

- экипаж 2-3 человека (2 пилота, борттехник или командир операции);
- пассажировместимость 33-55 пассажиров или 24 лежащих больных с 2 сопровождающими;
- длина 30,14 м;
- длина фюзеляжа 15,87 м (без штанги дозаправки);
- диаметр несущего винта 18,29 м (каждый);
- высота 5,59 м;
- площадь, ометаемая несущим винтом 525,3 м²;
- база шасси 7,87 м;
- масса пустого 12210 кг;
- нормальная взлётная масса 22680 кг;
- максимальная взлётная масса 24494 кг;
- масса полезной нагрузки 12284 кг;
- масса топлива во внутренних баках 6815 кг;
- объём топливных баков 7828 л (плюс три дополнительных бака в грузовом отсеке по 3028 л);
- силовая установка два турбовальных Honeywell T55-L-714;
- мощность двигателей по 4168 лошадиных сил.

Габариты грузовой кабины [35]:

- длина 9,19 м;
- ширина 2,51 м;
- высота 1,98 м;
- площадь пола 21,0 м²;
- полезный объём 41,7 м³.

Лётные характеристики [35]:

- максимальная скорость 285 км/ч;
- крейсерская скорость 259 км/ч;
- боевой радиус 935 км;
- перегоночная дальность 2333 км;
- практический потолок 3090 м;
- статический потолок с использованием эффекта земли: 1675 м, без использования эффекта земли: 2985 м;
- скороподъёмность 9,35 м/с;
- тяговооружённость 229,4 Вт/кг (на трансмиссию при максимальной взлётной массе).

1.5.5.3 Данные о вертолете К-МАХ

Пожарный вертолет К-МАХ работает без пилотов. Каждый год катастрофические лесные пожары «накрывают» миллионы акров земли в США. Это приводит не только к разрушению огромного числа домов и поселений в опасных зонах, но и к гибели людей и животных. Согласно статистике National Interagency Fire Center, 2015 год стал самым разрушительным за последние десять лет [32]. Были уничтожены более девяти миллионов акров земли по состоянию на октябрь. Чтобы помочь в борьбе с разрушительной стихией, Lockheed Martin недавно в партнерстве с аэрокосмическим производителем Kaman разработали концепцию создания флота беспилотных автономных вертолетов для тушения пожаров. Изначально использовавшийся в Афганистане беспилотный вертолет К-МАХ может перевозить грузы весом до 3 тонн при полетах на низких высотах и до 1,8 тонны при полетах на высоте 4500 метров, где воздух не такой плотный. Более того, вертолет может практически круглосуточно обеспечивать поддержку при тушении пожаров, только иногда приземляясь для дозаправки или чтобы наполнить резервуары с водой. Бортовое оборудование вертолета позволяет находить «горячие» точки и работать даже в самых сложных для полетов условиях [31].

«Эти технологии позволят нам лучше обеспечивать поддержку противопожарных сил на земле, как с помощью сброса воды, так и в смысле логистики» – рассказывал руководитель департамента Aviation Services, Mark Bathrick на недавних испытаниях K-MAX в американском штате Айдахо – «Интеграция подобных технологий позволит вдвое сократить время доставки воды и других необходимых вещей во время тушения пожаров». Во время последних демонстраций, проводившихся в Lucky Peak Helibase, Lockheed и Kaman показали K-MAX во всей его красе. Перед руководителями американских правительственных служб вертолет самостоятельно набрал воду из озера, после чего сбросил её точно в намеченную заранее цель. Lockheed и Kaman повторили весь процесс несколько раз, показывая стабильность и надежность своей машины. Пока не ясно, когда американцы решат в полную силу использовать представленную им новинку в реальных условиях. Однако при наличии успешных результатов тестов, нужно полагать, что для внедрения технологии не понадобится слишком много времени и уже довольно скоро лесные пожары в США будут тушить автономные вертолеты [31].

1.5.6 Способы десантирования спасателей (пожарных) в район тушения лесных пожаров

Доставка, десантирование и эвакуация людей (пожарных, спасателей, пострадавших), а также техники, ППО, АСВ, ПТВ, СП, снаряжения, медикаментов к месту проведения ПСР осуществляется пятью способами [18]:

- десантирование посадочным способом в близости от МЛП;
- десантирование посадочным способом на обозначенную посадочную площадку;
- десантирование спасателей (пожарных) с режима зависания вертолета на ПМВ;
- десантирование спасателей (пожарных) с режима зависания до высоты 60 м, при помощи СУ-Р, ЛПГ-150, СЛГ-300 (рисунок 16);

- десантирование спасателей (пожарных) на парашюте (рисунок 20, 21).

Первый способ применяется в том случае, когда есть место для посадки вертолета в близости от МЛП. Второй способ применяются, когда есть возможность оборудовать обозначенную посадочную площадку. Однако в горной местности не всегда имеется возможность для посадки вертолета. В этом случае используется третий способ десантирования с режима зависания на ПМВ – примерно 1-3 м от поверхности земли. А в горно-лесистой местности не всегда имеется возможность для вертолета даже зависнуть на ПМВ (до 3 м), из-за высоты деревьев, для десантирования третьим способом. В этом случае используется четвертый способ десантирования с режима зависания до высоты 55 м, при помощи СУ-Р, (рисунок 13), ЛПГ-150, СЛГ-300. Пятый же способ (рисунок 19, 20) применяется для наиболее быстрого десантирования спасателей, но требует специальной подготовки, огромного опыта пожарных в ПСП и практически не используется.

Десантирование осуществляется в следующем порядке [18, 29]:

- после зависания вертолета на определенной высоте БАТ открывает дверь;
- старший от пожарных (спасателей) убеждается, путем визуального просмотра места приземления вертолета, в отсутствии на нем уклонов и посторонних (опасных) предметов (камни, пни, трещины) и дает команду спасателям на десантирование. Пожарный садится на порог двери и спускается вниз. Нельзя при этом отталкиваться и делать резкие движения, чтобы не разбалансировать вертолета;
- после приземления необходимо отойти в сторону (чтобы КЭ видел количество и состояние спасателей), освободить место для очередного пожарного;
- в случае десантирования техники, ППО, АСВ, ПТВ, СП, снаряжения, медикаментов, они должны быть надежно упакованы, а условия их приземления должны обеспечивать сохранность. Спасатель,

осуществляющий подготовку и десантирование вещей, техники, ППО, АСВ, ПТВ, СП, снаряжения, медикаментов, обязан пристегнуться к страховочной системе вертолета. После проведенной работы спасатель, осуществляющий десантирование вещей, техники, ППО, АСВ, ПТВ, СП, снаряжения, медикаментов должен отцепиться от страховочной системы вертолета и десантироваться. БАТ руководит всем процессом десантирования, докладывая при этом КЭ о десантировании. Десантирование может осуществляться одновременно через переднюю и заднюю дверь, а в вертолетах типа Ми-8АМТШ (рисунок 6) через две передних и заднюю дверь, тем самым значительно сокращается время десантирования.

Когда вертолет, по каким-то причинам не может зависнуть на высоте до 3 м, десантирование спасателей (пожарных), вещей, техники, ППО, АСВ, ПТВ, СП, снаряжения, медикаментов осуществляется с помощью СУ-Р, ЛПГ-150, СЛГ-300. Высота зависания вертолета при этом не должна превышать 55 м.

1.5.7 Устройства, применяемые на вертолетах при ликвидации лесных пожаров

Для непосредственного тушения лесных пожаров с помощью вертолетов используют устройства ВСУ-5 и ВСУ-15 (рисунок 10, 11, 12, 13). Для косвенного тушения лесных пожаров на вертолетах используют СУ-Р, электролебедку ЛПГ-150 (рисунок 15), систему лебедочную грузовую СЛГ-300 (рисунок 16), парашюты Д-1-5У и 3-5 (рисунок 18, 19).

1.5.7.1 Водосливные устройства

Водосливные устройства ВСУ-5 и ВСУ-15 объемом 5 м³ и 15 м³ предназначены для ее транспортировки с водой на внешней подвеске вертолетов типа Ми-8 и Ми-26 и ее сброса в различные очаги пожаров или в стационарные накопительные емкости вблизи пожара (на земле) [17]. Заполнение ВСУ водой осуществляется путем окунания его в водоемы глубиной 1 - 3 м (рисунок 11, 12).



Рисунок 10 – Сброс жидкости с ВСУ



Рисунок 11 – Заполнение ВСУ водой

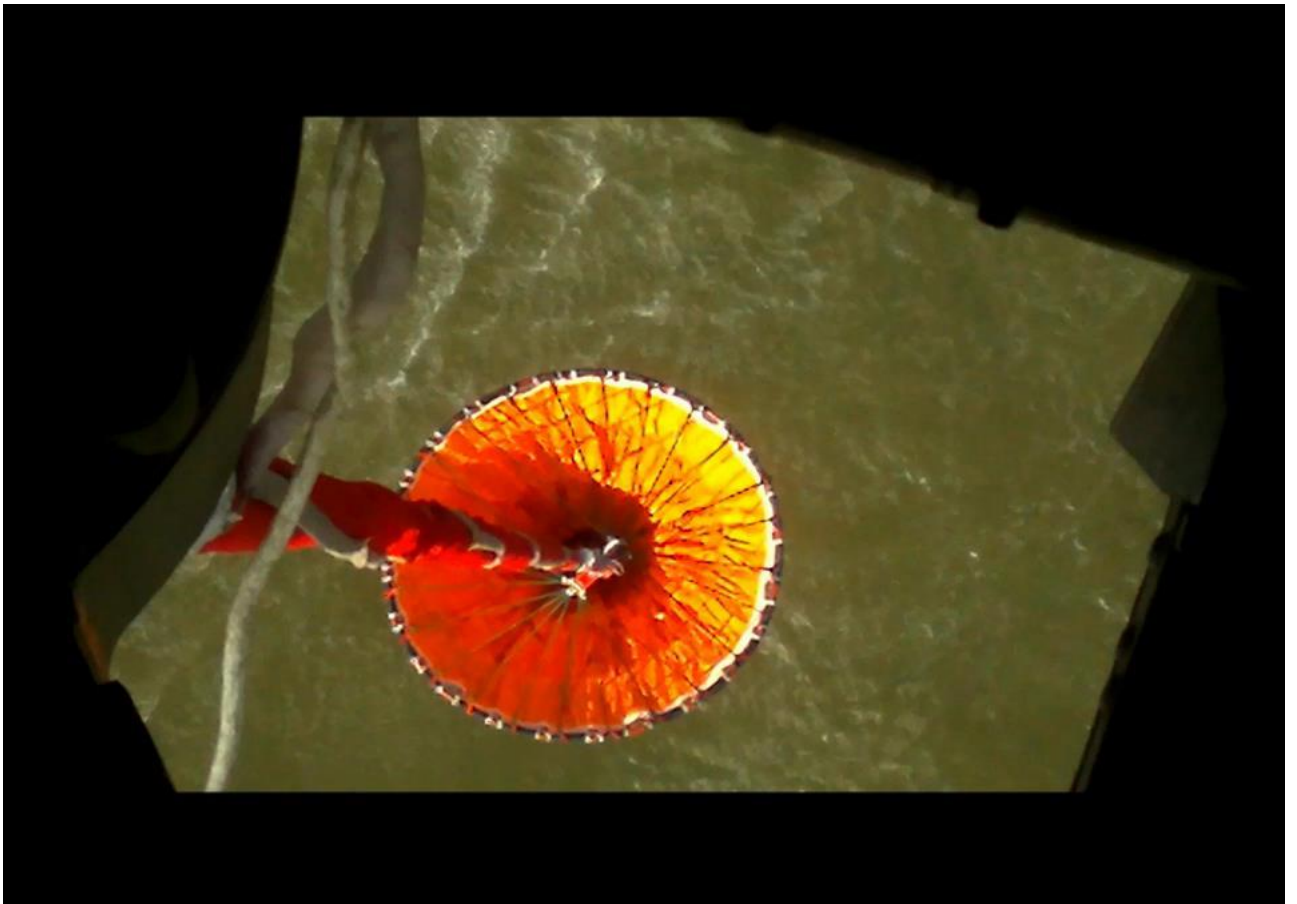


Рисунок 12 – Заполнение ВСУ водой (вид с вертолета)



Рисунок 13 – Сброс жидкости с ВСУ (вид с вертолета)

Время заполнения 10 - 17 с, расход воды при сливе 900 литров в секунду.

Основные ТТХ ВСУ указаны в Приложении Б.

1.5.7.2 Спускное устройство роликовое СУ-Р

Спуски ЛС и грузов на СУ-Р (рисунок 14) разрешается выполнять при температуре наружного воздуха от 50 °С до минус 20 °С [18].

Сила ветра, при спуске на должна быть не более 15 м/с.



Рисунок 14 – Десантирование с вертолета при помощи СУ-Р

Спуски ЛС и грузов в лесной массив должны производиться на поляны или прогалины между деревьями размером не менее 5*5 м с учетом сомкнутости крон деревьев. Висение вертолета над лесом при спуске ЛС разрешается выполнять при скорости ветра не более 15 м/с, при этом расстояние от вертолета до вершущек деревьев должно быть не менее 10 м. Шнур для спуска осматривается по всей длине на [18, 28]:

- отсутствие порезов нитей оплетки;
- утончение и утолщение по диаметру;

- оплавление и расслоение нитей оплетки;
- отсутствие следов минеральных масел;
- отсутствие масляных красок;
- несоответствие установленной длины шнура (50+2 м).

На карабинах, которые закреплены на шнуре, не должно быть:

- поломок пружины коробочки;
- поломок подвижной части карабина;
- изогнутости подвижной части карабина;
- изогнутости носка крюка;
- значительного люфта подвижных частей.

Нити прошивки должны быть целыми, без заглублений и порывов. При обнаружении вышеназванных дефектов шнур подлежит выбраковке.

В подвесных системах осматриваются:

- металлические детали,
- ленты системы,
- пошивочные швы.

Дефектами считаются:

- наличие следов коррозии на металлических деталях;
- порывы пошивочных строчек;
- загрязнение следами минеральных масел;
- загрязнение масляными красками;
- порывы и порезы лент подвесной системы.

На подвеске тормозного блока не допускаются:

- порывы нитей пошивочных строчек;
- потертости и расслоение лент;
- загрязнение маслами, моторным топливом и красками.

После ста применений подвеска выбраковывается и заменяется новой.

Один и тот же карабин допускается использовать не более 4 раз.

К спускам на СУ-Р допускается ЛС:

- прошедший медицинский осмотр;
- уяснивший инструкцию по эксплуатации СУ-Р;
- изучивший меры безопасности при выполнении спусков;
- сдавший зачеты по десантной подготовке.

Спасатели (пожарные), допущенные к спускам на СУ-Р, должны быть одеты в хлопчатобумажное обмундирование или специальную одежду в соответствии с табелем, иметь надетые защитные перчатки и защитный шлем. При низких температурах наружного воздуха разрешается производить спуски в утепленных куртке и штанах. Обувь должна иметь толстую, плотную и эластичную подошву. Зимой – теплые ботинки, унты.

Каждый спасатель (пожарный), находясь на земле должен самостоятельно произвести в обмундировании подгонку подвесной системы для себя. Регулируя длину ремней ножных обхватов, поясного и плечевых лент, спасатель должен плотно зафиксировать подвесную систему тела и обеспечить равномерное распределения нагрузок, возникающих при спуске с СУ-Р.

Спуск спасателей (пожарных) с помощью СУ-Р занимает очень много времени, для быстрого выполнения спуска спасателей (пожарных) могут десантировать по основной шнуру (веревке), используя при этом специальные ТУ.

Спуск по веревке происходит в следующем порядке [18, 28]:

- после зависания вертолета на определенной высоте (не более 50 м) БАТ или руководитель спасателей прикрепляет основную веревку к карабину ЛПГ-150, открывает дверь и сбрасывает веревку (шнур) вниз. Нижний конец веревки обязательно должен касаться земли;
- спасатель (пожарный), осуществляющий десантирование, по команде БАТ надевает рюкзак, пристегивается к страховочной системе вертолета, садится на порог двери, надевает защитные перчатки и защитный шлем, вкладывает веревку в ТУ и поднимает его наверх к узлу навески;

- страховочную систему спасателя (пожарного), который приготовился к десантированию, под контролем БАТ или руководителя спасателя, отцепляет очередной спасатель и страхуется сам;
- по команде БАТ спасатель осторожно нагружает веревку, медленно покидает вертолет, поворачиваясь к нему лицом. Спускаться следует медленно, плавно, без рывков и раскачивания;
- после приземления спасатель (пожарный) освобождает веревку от ТУ и подает знак завершения спуска.

Описанная последовательность обязательно должна соблюдаться каждым спасателем (пожарным). По завершении десантирования БАТ докладывает об этом КЭ, освобождает веревку и бросает ее вниз.

1.5.7.3 Электролебедка ЛПГ–150

Бортовая стрела с роликом и лебедкой ЛПГ–150 предназначена для погрузки в ГК вертолета грузов, подъема на борт вертолета людей [18], а также спуска техники, ППО, АСВ, ПТВ, СП, снаряжения, медикаментов с режима висения. Бортовая стрела с лебедкой ЛПГ–150, расположена снаружи фюзеляжа вертолета около верхнего переднего угла проема левой сдвижной двери ГК.



Рисунок 15 – Бортовая стрела с роликом и лебедкой ЛПГ–150

Бортовая стрела состоит из:

- кронштейна,
- корпуса с роликом,
- консоли,
- ручки,
- рычага,
- сектора,
- двух микровыключателей,
- пружинной тяги,
- обтекателя с основанием,
- деталей крепления,
- демпфера.

ОТД ЛПГ-150 [18]:

- а) напряжение питания 27 В;
- б) потребляемый ток 86 А;
- в) номинальное усилие по тросу 150 кгс;
- г) скорость троса:
 - 1) подъема двумя двигателями не менее 0,55 м/с;
 - 2) выпуска двумя двигателями не более 1,0 м/с;
- д) усилие на ручке ручного привода не более 15 кгс;
- е) длина троса 40 м;
- ж) диаметр троса 3 мм;
- и) масса лебедки 21 кг;
- к) максимальная длина разматываемого троса 40 м;
- л) максимальная масса груза, поднимаемая (опускаемая) электролебедкой ЛПГ-150 150 кг;
- м) допустимые отклонения троса от своей вертикальной оси для массы груза 150 кг не более 250 мм;
- н) допустимые количество циклов работы электролебедки:

1) при работе двух электродвигателей – не более 5, после чего дать двигателям охладиться (не менее 60 мин);

2) при работе одного электродвигателя – не более 2, после чего дать двигателю охладиться (не менее 120 мин);

п) допустимое количество циклов работы троса лебедки – не более 200.

Количество допустимых циклов подъема – спуска людей для одного троса не более 50 с начала эксплуатации нового троса. При подъеме груза в первые 50 циклов количество подъемов и спусков спасателей (пожарных) уменьшается на соответствующее число.

Спуск спасателей (пожарных) на землю с помощью ЛПГ-150 проходит под руководством БАТ в следующем порядке [18, 28]:

- БАТ открывает дверь, готовит лебедку, докладывает КЭ о готовности к работе с лебедкой, затем подает команду спасателю на десантирование;
- спасатель (пожарный) надевает рюкзак, пристегивается к страховочной системе вертолета, садится на порог двери, пристегивает свою страховочную беседку к карабину троса лебедки и снимает страховку;
- БАТ поворачивает стрелу лебедки наружу из вертолета, при этом спасатель поворачивается лицом к вертолету. С целью предотвращения раскачивания и вращения, до спуска вниз, нужно держаться за корпус вертолета;
- во время спуска особое внимание уделять месту приземления. Первым поверхности земли должен коснуться тросик, который служит предметом снятия статического заряда электричества с фюзеляжа вертолета;
- после приземления спасатель (пожарный) организует само страховку, отстегивает карабин и подает команду БАТ на поднятие троса. При этом необходимо исключить случаи зацепления троса за посторонние предметы (камни, пни, выступы).

1.5.7.4 Система лебедочная грузовая СЛГ-300

Система лебедочная грузовая СЛГ-300 предназначена для погрузки и разгрузки грузов и подъема опускания людей (не более 2 человек) с режима висения вертолета на высоте до 55 метров [18]. Работает на четырех скоростях с плавным переключением. Переключение скоростей происходит с помощью пульта управления путем плавного нажатия на рычаг переключения скоростей.



Рисунок 16 – СЛГ-300 в вертолете в походном положении

В состав системы входят (рисунок 17):

- электролебедка,
- коробка управления,
- пульт управления,
- ручка ручного привода,
- комплект запасных частей, инструмента и принадлежностей.



Рисунок 17 – Состав СЛГ-300

СЛГ-300 снабжена муфтой, предохраняющей редуктор от поломки, а электродвигатели – от короткого замыкания при чрезмерной, но непродолжительной перегрузке на тросе. Электротягалка имеет также редуктор подтяга, осуществляющий подтягивание троса при выпуске и уборке без нагрузки.

Основные ТТД СЛГ-300 указаны в Приложении В.

1.5.7.5 Парашют Д-1-5У

При общей массе парашюта, спасателя (пожарного) и оборудования 120 кг конструкция парашюта обеспечивает [29] (рисунок 18):

- надежную работу на высоте до 1 км, как при немедленном введении его в действие (на горизонтальной скорости полета не более 250 км/ч), так и с любой задержкой раскрытия парашюта, при этом

- максимальные перегрузки, возникающие в момент наполнения купола, не превышают 10 ед.;
- минимальную высоту прыжка, из вертолета летящего на скорости 180 км/ч и при немедленном введении парашюта в действие 150 м;
 - среднюю вертикальную скорость снижения, приведённую к МСА и замеренную на высоте до 45 м от земли, 4,5 м/с;
 - устойчивость и управляемость при снижении;
 - управление парашютом в стороны при помощи двух строп управления;
 - разворот на 360 градусов в любую сторону не более 15 секунд при натяжении одной стропы управления;
 - горизонтальное перемещение спасателя вперед со средней поступательной скоростью 2,5 м/с;
 - применение полуавтоматического прибора ППК-У-575-а (полуавтомат парашютный комбинированный унифицированный), для автоматического раскрытия парашюта в воздухе;
 - усилие, необходимое для выдергивания вытяжного кольца не более 16 кгс;
 - применение запасного парашюта 3-5;
 - технический ресурс 300 применений не более чем за 15 лет (уточняется в процессе эксплуатации) при условии грамотной эксплуатации, своевременного ремонта и своевременной замены чехла купола;
 - вес парашюта 17,5 кг.



Рисунок 18 – Десантирование спасателя на парашюте Д-1-5У

В уложенном состоянии, без переукладки парашют Д-1-5У возможно использовать 30 суток.

1.5.7.6 Запасной парашют З-5

Запасной парашют З-5 предназначен для спасения пожарного при отказе основного парашюта Д-1-5У [29].

Парашют быстро, без особых усилий и удобно монтируется и демонтируется к подвесной системе спасателя (пожарного) основного парашюта. Размещение парашюта спереди (на груди) позволяет легко вводить (применять) его в действие любой рукой выдергиванием кольца ручного раскрытия и осуществлять визуальный контроль за состоянием парашюта и окружающего пространства во время спуска.



Рисунок 19 – Десантирование спасателя на запасном парашюте 3-5 при отказе основного парашюта. Внешний вид парашюта 3-5

При общей массе спасателя (пожарного) с парашютами 140 кг парашют 3-5 обеспечивает [29] (рисунок 19):

- а) надежную работу на высоте до 1000 м при введении его в действие на скорости ГП 350 км/ч, с задержкой в раскрытии ранца не менее 3с, при этом максимальные перегрузки, возникающие в момент наполнения купола воздухом, не более 16;
- б) надежную работу в случае полного или частичного отказа основного парашюта типа Д-1-5У;
- в) надежную работу в случае ненормальной работы всех типов парашютов при:
 - 1) не сходе чехла с основного купола парашюта;

- 2) заземлении основного купола парашюта;
 - 3) перехлестывании основного купола со стропами;
 - 4) не отсоединении наполненного работающего парашюта только типа «Лесник» и Д-5 серии;
- г) отсутствие складывания купола парашюта при совместной работе с полностью наполненными куполами парашютов типа «Лесник» и Д-5 серии;
- д) минимально безопасную высоту применения с горизонтально летящего вертолета на скорости полета не менее 120 км/ч при немедленном введении парашюта в действие – 100 метров. При этом время снижения на полностью наполненном куполе составляет не менее 5 с;
- е) вертикальную скорость снижения, приведенную к МСА, замеренную на участке до 40 м от земли, при массе спасателя с парашютами 120 кг – не более 7,5 м/с и при массе спасателя с парашютами 140 кг – не более 8,5 м/с;
- ж) введение парашюта в действие любой рукой;
- и) усилие, необходимое для выдергивания кольца – не более 16 кгс;
- к) удобство, быстроту и простоту монтажа 3-5 к подвесным системам с быстроразъемными скобами крепления и его демонтаж.

Выводы по главе 1

В главе 1 произвели анализ лесных пожаров, классификацию лесных пожаров, разобрали причины возникновения лесных пожаров и этапы тушения крупного пожара. Проанализировали особенности тушения лесных пожаров и непосредственное использование вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров, меры безопасности при их использовании. Привели ТТД и геометрические данные вертолетов используемых при тушении лесных пожаров. Привели и разобрали способы десантирования спасателей (пожарных) в район тушения лесных пожаров.

Провели анализ устройств, применяемых на вертолетах при ликвидации лесных пожаров. Большое внимание уделил водосливным устройствам, так как считаю их наиболее значимыми и эффективными техническими средствами для решения задач по тушению лесных пожаров. Поэтому в главе 2 будем проводить теоретические и экспериментальные исследования с подробным сравнением тактико-технических и геометрических характеристик водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15. А также проведем анализ результата по определению максимального времени полета (работы) вертолета Ми-8 с использованием ВСУ-5 и Ми-26 с ВСУ-15 с дальнейшим созданием таблицы (памятки) для летного состава, участвующего в тушении пожаров на вертолетах с помощью водосливных устройств.

Глава 2 Теоретические и экспериментальные исследования

2.1 Методика теоретических и экспериментальных исследований

В работе выполнено сравнение тактико-технических и геометрических характеристик водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15. Выполнены исследования по определению максимального времени полета (работы) вертолета Ми-8 с использованием ВСУ-5 и Ми-26 с ВСУ-15.

Таблица 1 – Сравнение тактико-технических и геометрических характеристик водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15

Характеристика средств измерения и обработки	Условие проведения исследования	Методика исследования	Полученный результат исследования
<p>1. Мерная лента: –материал сталь; –диапазон измерений от 0 до 20 м; –длина 20 м; –шкалы с миллиметровыми делениями.</p> <p>2. Секундомер СОСпр-26-2-00: –класс точности 2; –диапазон рабочих температур от минус 20 до плюс 40 °С; –цена деления минутной шкалы 0,2 с; –цена деления часовой шкалы 1 мин; –масса 120 г.</p> <p>3. Насос ПАТРИОТ QB60: – тип поверхностный обычный; –глубина всасывания 7 м; –максимальный напор 25 м; –пропускная способность 2.1 м³/час; –напряжение сети 220 В; –потребляемая мощность 370 Вт; –вес 5.7 кг.</p> <p>4. Счетчик воды крыльчатый</p>	<p>1. Испытания проводятся с использованием комплекса для подвешивания и испытания водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15.</p> <p>2. Испытания проводятся с использованием водоема с технической водой объемом 50 м³;</p> <p>3. Испытания проводятся при следующих климатических условиях: – атмосферное давление 760 мм рт. ст.;</p>	<p>1. Провести измерение диаметра водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15.</p> <p>2. Провести измерение полной длины водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15.</p> <p>3. Провести измерение высоты емкости водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15.</p> <p>4. Провести измерение максимального объема водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15.</p> <p>5. Измерить время открытия клапана водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15.</p> <p>6. Измерить время слива воды водосливных</p>	<p>1. Диаметр ВСУ-5 равен 2.3 м, ВСУ-15 равен 3.1 м.</p> <p>2. Полная длина ВСУ-5 равна 7 м, ВСУ-15 равна 10 м.</p> <p>3. Высота емкости ВСУ-5 равна 3 м, ВСУ-15 равна 3.5 м.</p> <p>4. Максимальный объем ВСУ-5 равен 5,2 м³, ВСУ-15 равен 15,5 м³.</p> <p>5. Время открытия клапана ВСУ-5 равна 8 с, ВСУ-15 равна 8 с.</p> <p>6. Время слива воды ВСУ-5 равна 6 с, ВСУ-15 равна 17 с.</p> <p>7. Согласно выполненным расчетам, и ссылаясь на паспорта водосливных устройств при полете вертолета на крейсерской скорости, малой высоте и встречном (или попутном) ветре получаем следующие результаты по полосе сброса воды: –ВСУ-5 ширина-до 15 м, –ВСУ-15 ширина- до 25 м,</p>

Продолжение таблицы 1

Характеристика средств измерения и обработки	Условие проведения исследования	Методика исследования	Полученный результат исследования
<p>СВК-15Г: –номинальное давление 10 бар; –температура воды от 5 °С до 90 °С; –максимальный расход 3 м³/час; –длина 110 мм; –ширина 80 мм; –высота 85 мм. 5. Рукав, всасывающий воду 25-10 атм (10м): –рабочая среда – вода; –внутренний диаметр 25 мм; –рабочее давление 10 атм; –длина рукава 10 м.</p>	<p>– температура окружающего воздуха от 2 °С до 7 °С.</p>	<p>устройств ВСУ-5 и ВСУ-15. 7. Выполнить расчет теоретических (прогнозируемых) значений ширины и длины полосы сброса воды с водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15. 8. Выполнить сравнение практических (по результатам измерений) значений водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15.</p>	<p>8. Результаты сравнения практических значений водосливных устройств: –диаметр ВСУ-5 меньше диаметра ВСУ-15 на 0.8 м; –полная длина ВСУ-5 меньше полной длины ВСУ-15 на 3 м; –высота емкости ВСУ-5 меньше высоты емкости ВСУ-15 на 0.5 м; –объем емкости ВСУ-5 на 10 м³ меньше ВСУ-15; –время открытия клапана у ВСУ-5 и ВСУ-15 одинаковое.</p>

Таблица 2 – Сравнение максимального времени полета (работы) вертолета Ми-8 с использованием ВСУ-5 и Ми-26 с ВСУ-15

Характеристика средств измерения и обработки	Условие проведения исследования	Методика исследования	Полученный результат исследования
<p>1. Теоретическое исследование производится согласно Контрольного эталонного экземпляра РЛЭ (ИЭ), ГосНИИ ГА, ведущий инженер 117 отд. М.В. Шеротюк. Москва военное издательство, 2010. 2. Калькулятор-инженерный 10-разрядный.</p>	<p>Исследования проводятся на рабочем месте в классе навигации</p>	<p>1. Выполнить расчет по определению максимального кол-ва топлива на вертолете Ми-8 с использованием ВСУ-5. 2. Выполнить расчет по определению максимального количество топлива на вертолете Ми-26 с использованием ВСУ-15. 3. Выполнить расчет по определению максимального времени полета (работы) вертолета Ми-8 с использованием ВСУ-5. 4. Выполнить расчет по определению максимального времени полета (работы) вертолета Ми-26 с использованием ВСУ-15.</p>	<p>1. Максимальное количество топлива на вертолете Ми-8 с использованием ВСУ-5 составляет не более 1430 кг (1845 л). 2. Максимальное количество топлива на вертолете Ми-26 с использованием ВСУ-15 составляет не более 9850 кг. 3. Максимальное времени полета (работы) вертолета Ми-8 с использованием ВСУ-5 составляет 1 час 43 мин. 4. Максимальное времени полета (работы) вертолета Ми-26 с использованием ВСУ-15 составляет 2 часа 41 мин.</p>

По полученным данным будем проводить анализ и делать выводы.

2.2 Результаты теоретических и экспериментальных исследований

Рассмотрим результаты исследований по сравнению тактико-технических и геометрических данных водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15, а также результаты по определению максимального времени полета (работы) вертолета Ми-8 с использованием ВСУ-5 и Ми-26 с ВСУ-15.

Таблица 3 – Результаты исследований тактико-технических и геометрических данных водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15

Полученный результат исследования	Анализ полученного результата	Описание полученного эффекта	Вывод по результату исследования	Рекомендация
<p>1. Диаметр ВСУ-5 равен 2.3 м, ВСУ-15 равен 3.1м.</p> <p>2. Полная длина ВСУ-5 равна 7м, ВСУ-15 равна 10 м.</p> <p>3. Высота емкости ВСУ-5 равна 3 м, ВСУ-15 равна 3.5 м.</p> <p>4. Максимальный объем ВСУ-5 равен 5 м³, ВСУ-15 равен 15 м³.</p> <p>5. Время открытия клапана ВСУ-5 равна 8 с, ВСУ-15 равна 8 с.</p> <p>6. Время слива воды ВСУ-5 равна 6 с, ВСУ-15 равна 17 с.</p> <p>7. Согласно выполненным расчетам, и ссылаясь на паспорта ВСУ при полете вертолета на крейсерской скорости, МВ получаем следующие результаты по полосе сброса воды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ВСУ-5 ширина-до 15 м, – ВСУ-15 ширина- до 25 м, <p>8. Результаты сравнения практических значений водосливных устройств:</p> <ul style="list-style-type: none"> – диаметр ВСУ-5 меньше диаметра ВСУ-15 на 0.8 м; – полная длина ВСУ-5 меньше полной длины ВСУ-15 на 3 м; – высота емкости ВСУ-5 меньше высоты емкости ВСУ-15 на 0.5 м; – время открытия клапана у ВСУ-5 и ВСУ-15 одинаковое. 	<p>Результаты произведенных исследований показали отличия и сходства, а также достоинства и недостатки в геометрических данных водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15.</p>	<p>Необходимо отметить, что полученные результаты испытаний указывают не только на отличия и сходство в геометрических данных, но и в тактико-технических, по которым видно, что ВСУ-5 намного уступает ВСУ-15 по площади сброшенной воды.</p>	<p>По результатам анализа выделяем основные достоинства и недостатки ВСУ-5:</p> <ul style="list-style-type: none"> –достоинства: небольшие геометрические размеры, способность использования на малых водоемах с глубиной 1-2 м; –недостатки: небольшой объем сброшенной воды 15 м x 75 м и ВСУ-15: –достоинства: большой объем сброшенной воды 20 м x 230 м; –недостатки: большие геометрические размеры, используется только на водоемах глубиной от 2.5 м. 	<p>Представленные результаты доказывают необходимость использования обоих водосливных устройств при тушении лесных пожаров.</p>

Таблица 4 – Результаты исследований максимального времени полета (работы) вертолета Ми-8 с использованием ВСУ-5 и Ми-26 с ВСУ-15

Полученный результат исследования	Анализ полученного результата	Описание полученного эффекта	Вывод по результату исследования	Рекомендация
<p>1. Максимальное количество топлива на вертолете Ми-8 с использованием ВСУ-5 составляет не более 1430 кг (1845 л).</p> <p>2. Максимальное количество топлива на вертолете Ми-26 с использованием ВСУ-15 составляет не более 9850 кг.</p> <p>3. Максимальное время полета (работы) вертолета Ми-8 с использованием ВСУ-5 составляет 1 час 43 мин.</p> <p>4. Максимальное время полета (работы) вертолета Ми-26 с использованием ВСУ-15 составляет 2 часа 41 мин.</p>	<p>Результаты произведенных исследований показали потребное максимальное количество топлива вертолетов Ми-8 и Ми-26. Максимальное количество топлива ограничено с учетом:</p> <ul style="list-style-type: none"> – максимальной взлетной массой данных вертолетов (13000 кг для Ми-8 и 56000 кг для Ми-26); – веса пустых вертолетов (6900 кг для Ми-8 и 28200 кг для Ми-26); – веса экипажа (270 кг для Ми-8 и 450 кг для Ми-26); – веса оборудования (400 кг для Ми-8 и 2500 кг для Ми-26); – веса водосливных устройств (4000 кг для Ми-8 и 15000 кг для Ми-26). 	<p>Необходимо отметить, что полученные результаты испытаний указывают не только на максимальное количество топлива для вертолетов Ми-8 и Ми-26. Так же произведены расчеты максимального времени полета (работы) вертолета Ми-8 с использованием ВСУ-5 и вертолета Ми-26 с использованием ВСУ-15 с учетом:</p> <ul style="list-style-type: none"> – расхода топлива данными вертолетами (900 л/час на Ми-8 и 3100 кг/час на Ми-26); – необходимого остатка топлива после посадки на аэродроме (площадке) данных вертолетов (300 л на Ми-8 и 1500 кг на Ми-26); – средняя плотность топлива 0.775 кг/м³. 	<p>По результатам анализа выделяем основные достоинства и недостатки вертолетов Ми-8 и Ми-26 при использовании ВСУ.</p> <p>Ми-8:</p> <ul style="list-style-type: none"> – достоинства: небольшой расход топлива, способность использования на небольших водоемах; – недостатки: небольшая грузоподъемность на внешней подвеске, невозможность использования ВСУ-15. <p>Ми-26:</p> <ul style="list-style-type: none"> – достоинства: большая грузоподъемность на внешней подвеске, возможно использовать как ВСУ-15, так и ВСУ-5; – большой расход топлива, дорогостоящий вертолет, из-за этого выпущено намного меньше экземпляров. 	<p>Представленные результаты доказывают необходимость использования обоих водосливных устройств при тушении лесных пожаров</p>

Проанализировав результаты и определив значимость обоих вертолетов, Ми-8 и Ми-26 принимаем решение о необходимости внесения в таблицу 5 данных водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15. Так же

выполняем все необходимые расчеты для создания таблицы (памятки) летному составу, участвующему в тушении пожаров на вертолетах с помощью водосливных устройств.

2.3 Необходимые расчеты для создания таблицы (памятки) летному составу, участвующему в тушении пожаров на вертолетах с помощью водосливных устройств

В работе выполнен расчет данных по длине струи воды на земле, выпущенной из водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15, в зависимости от воздушной скорости вертолета, высоты сброса воды и скорости встречного и попутного ветра, а также в штиль. Выполнен расчет смещения струи воды на поверхности земли с учетом ветра и времени задержки сброса воды относительно точки начала возгорания для летного состава.

Исходные данные:

- воздушная скорость вертолета ($V_{n(\text{км/ч})}$) от 80 км/ч до 180 км/ч, с шагом 20 км/ч: $V_{1(\text{км/ч})}=80$ км/ч, $V_{2(\text{км/ч})}=100$ км/ч, $V_{3(\text{км/ч})}=120$ км/ч, $V_{4(\text{км/ч})}=140$ км/ч, $V_{5(\text{км/ч})}=160$ км/ч, $V_{6(\text{км/ч})}=180$ км/ч;
- высота от нижней точки ВСУ-5 и ВСУ-15 до поверхности земли (H_n) от 50 м до 200 м, с шагом 25 м: $H_1=50$ м, $H_2=75$ м, $H_3=100$ м, $H_4=125$ м, $H_5=150$ м, $H_6=175$ м, $H_7=200$ м;
- длина троса и ВСУ – 50м;
- время сброса воды с ВСУ-5(t_1), $t_1=5$ с;
- время сброса воды с ВСУ-15(t_2), $t_2=15$ с;
- скорость ветра (U_n) от -15 м/с до 15 м/с, с шагом 5 м/с, где значения с минусом – это встречный ветер, а без знака минус – это попутный ветер: $U_1=-15$ м/с, $U_2=-10$ м/с, $U_3=-5$ м/с, $U_4=0$ м/с, $U_5=5$ м/с, $U_6=10$ м/с, $U_7=15$ м/с.

Используемые формулы:

– формула расчета высота полета:

$$H_{\text{пол-п}} = H_n + 50, \quad (1)$$

где 50 м – это длина троса и ВСУ,

– формула перевода воздушной скорости вертолета из км/ч в м/с:

$$V_{n(\text{м/с})} = V_{n(\text{км/ч})} \cdot 1000/3600, \quad (2)$$

– формула расчета время падения воды:

$$T_n = \sqrt{2 \cdot H_n / g}, \quad (3)$$

где g – ускорение свободного падения ($g = \text{const} = 9,8 \text{ м/с}^2$)

– формула расчета путевой скорости вертолета:

$$W_n = V_{n(\text{м/с})} + U_n, \quad (4)$$

– формула расчета длины струи воды на поверхности земли от водосливного устройства ВСУ-5:

$$L_{5-n} = S_{5-n} = W_n \cdot t_1, \quad (5)$$

где S_{5-n} – длина пути вертолета во время сброса воды с ВСУ-5 в зависимости от путевой скорости вертолета,

– формула расчета длины струи воды на поверхности земли от водосливного устройства ВСУ-15:

$$L_{15-n} = S_{15-n} = W \cdot t_2, \quad (6)$$

где S_{15-n} – длина пути вертолета во время сброса воды с ВСУ-15 в зависимости от путевой скорости вертолета,

– формула расчета смещения струи воды на поверхности земли, где значения с минусом – это смещение против движения вертолета, а без знака минус – это смещения по направлению движения вертолета:

$$\Delta L_n = W_n \cdot 1 + U_n \cdot T_n, \quad (7)$$

где 1 с – это время движения воды на скорости W_n ,

– формула расчета времени задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара), где значения с минусом – это время после прохода точки начала возгорания, а без минуса – это время до прохода точки начала возгорания:

$$\Delta T_n = \Delta L_n / W_n. \quad (8)$$

Решение (разработка и создание памятки, представленной далее в таблице 5):

а) выполняем расчет высоты полета по формуле (1):

- 1) $H_{\text{пол-1}} = H_1 + 50 = 50 + 50 = 100$ м;
- 2) $H_{\text{пол-2}} = H_2 + 50 = 75 + 50 = 125$ м;
- 3) $H_{\text{пол-3}} = H_3 + 50 = 100 + 50 = 150$ м;
- 4) $H_{\text{пол-4}} = H_4 + 50 = 125 + 50 = 175$ м;
- 5) $H_{\text{пол-5}} = H_5 + 50 = 150 + 50 = 200$ м;
- 6) $H_{\text{пол-6}} = H_6 + 50 = 175 + 50 = 225$ м;
- 7) $H_{\text{пол-7}} = H_{6=7} + 50 = 200 + 50 = 250$ м.

Полученные данные вносим в таблицу 5;

б) вносим в таблицу 5 данные воздушной скорости вертолета ($V_{п(км/ч)}$) от 80 км/ч до 180 км/ч, с шагом 20 км/ч: $V_{1(км/ч)}=80$ км/ч, $V_{2(км/ч)}=100$ км/ч, $V_{3(км/ч)}=120$ км/ч, $V_{4(км/ч)}=140$ км/ч, $V_{5(км/ч)}=160$ км/ч, $V_{6(км/ч)}=180$ км/ч;

в) переводим единицы измерения воздушной скорости из км/ч в м/с используя формулу (2):

- 1) $V_{1(м/с)}=V_{1(км/ч)} \cdot 1000/3600=80 \cdot 1000/3600=22,2$ м/с;
- 2) $V_{2(м/с)}=V_{2(км/ч)} \cdot 1000/3600=100 \cdot 1000/3600=27,7$ м/с;
- 3) $V_{3(м/с)}=V_{3(км/ч)} \cdot 1000/3600=120 \cdot 1000/3600=33,3$ м/с;
- 4) $V_{4(м/с)}=V_{4(км/ч)} \cdot 1000/3600=140 \cdot 1000/3600=38,8$ м/с;
- 5) $V_{5(м/с)}=V_{5(км/ч)} \cdot 1000/3600=160 \cdot 1000/3600=44,4$ м/с;
- 6) $V_{6(м/с)}=V_{6(км/ч)} \cdot 1000/3600=180 \cdot 1000/3600=50$ м/с;

г) вносим в таблицу 5 данные скорости ветра: $U_1=-15$ м/с, $U_2=-10$ м/с, $U_3=-5$ м/с, $U_4=0$ м/с, $U_5=5$ м/с, $U_6=10$ м/с, $U_7=15$ м/с;

д) выполняем расчет времени падения воды по формуле (3):

- 1) $T_1=\sqrt{2 \cdot H_1/g}=\sqrt{2 \cdot 50/9,8}=3,2$ с;
- 2) $T_2=\sqrt{2 \cdot H_2/g}=\sqrt{2 \cdot 75/9,8}=3,9$ с;
- 3) $T_3=\sqrt{2 \cdot H_3/g}=\sqrt{2 \cdot 100/9,8}=4,5$ с;
- 4) $T_4=\sqrt{2 \cdot H_4/g}=\sqrt{2 \cdot 125/9,8}=5,1$ с;
- 5) $T_5=\sqrt{2 \cdot H_5/g}=\sqrt{2 \cdot 150/9,8}=5,5$ с;
- 6) $T_6=\sqrt{2 \cdot H_6/g}=\sqrt{2 \cdot 175/9,8}=6$ с;
- 7) $T_7=\sqrt{2 \cdot H_7/g}=\sqrt{2 \cdot 200/9,8}=6,4$ с;

е) выполняем расчет путевой скорости вертолета по формуле (4). Расчет и результаты расчета представлены в Приложении Г;

- ж) выполняем расчет длины струи воды на поверхности земли от водосливного устройства ВСУ-5 по формуле (5). Используем данные по времени сброса воды согласно моего практического исследования для водосливного устройства ВСУ-5, $t_1=5$ с. Расчет и результаты расчета представлены в Приложении Д. Полученные данные вносим в таблицу 5;
- и) выполняем расчет длины струи воды на поверхности земли от водосливного устройства ВСУ-15 по формуле (6). Используем данные по времени сброса воды согласно моего практического исследования для водосливного устройства ВСУ-15, $t_2=15$ с. Расчет и результаты расчета представлены в Приложении Е. Полученные данные вносим в таблицу 5;
- к) выполняем расчет смещения струи воды на поверхности земли по формуле (7), где значения с минусом – это расстояние после прохода точки начала возгорания, а без минуса – это расстояние до прохода точки начала возгорания. Расчет и результаты расчета представлены в Приложении Ж. Полученные данные вносим в таблицу 5;
- л) выполняем расчет для определения времени задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара) по формуле (8), где значения с минусом – это время после прохода точки начала возгорания, а без минуса – это время до прохода точки начала возгорания. Расчет и результаты расчета представлены в Приложении И. Полученные данные вносим в таблицу 5;
- м) убираем из таблицы 5 данные длины струи воды на поверхности земли от ВСУ-5 и ВСУ-15, которые превышают значение 180 м и 550 м соответственно, так как согласно ТТХ ВСУ они будут неэффективны в использовании, а соответственно в памятке не нужны. Этим мы уменьшим объем памятки.

2.4 Таблица (памятка) для летного состава, участвующего в тушении пожаров на вертолетах с помощью водосливных устройств

На основе вышеприведенных расчетов разработана памятка для летного состава, участвующего в тушении пожаров на вертолетах с помощью водосливных устройств, которая представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Памятка для летного состава

Высота полета $H_{пол-п}$, м	Скорость ветра U_n , м/с	Воздушная скорость V_n (км/ч), км/ч	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-5 $L_{5-п}$, м	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-15 $L_{15-п}$, м	Смещение струи воды на поверхности земли с учетом ветра ΔL_n , м	Время задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара) ΔT_n , с
100	-15	80	36	108	-40,8	-5,7
100	-10	80	61	183	-19,8	-1,6
100	-5	80	86	258	-3,8	-0,2
100	0	80	111	333	22,2	1
100	5	80	136	408	43,2	1,6
100	10	80	161	483	64,2	2
100	-15	100	64	191	-35,3	-2,8
100	-10	100	89	266	-14,3	-0,8
100	-5	100	114	341	6,7	0,3
100	0	100	139	416	27,7	1
100	5	100	164	491	48,7	1,5
100	-15	120	92	275	-29,7	-1,6
100	-10	120	117	350	-8,7	-0,4
100	-5	120	142	425	12,3	0,4

Продолжение таблицы 5

Высота полета $H_{пол-п}$, м	Скорость ветра U_p , м/с	Воздушная скорость $V_{п(км/ч)}$, км/ч	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-5 $L_{5-п}$, м	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-15 $L_{15-п}$, м	Смещение струи воды на поверхности земли с учетом ветра ΔL_p , м	Время задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара) ΔT_p , с
100	0	120	167	500	33,3	1
100	-15	140	119	357	-24,2	-1
100	-10	140	144	432	-3,2	-0,1
100	-5	140	169	507	17,8	0,5
100	-15	160	147	441	-18,6	-0,6
100	-10	160	172	516	2,4	0,1
100	-15	180	175	525	-13	-0,4
125	-15	80	36	108	-51,3	-7,1
125	-10	80	61	183	-31,8	-1,6
125	-5	80	86	258	-2,3	-0,2
125	0	80	111	333	22,2	1
125	5	80	136	408	46,7	1,7
125	10	80	161	483	71,2	2,2
125	-15	100	64	191	-45,8	-3,6
125	-10	100	89	266	-21,3	-1,2
125	-5	100	114	341	3,2	0,1
125	0	100	139	416	27,7	1
125	5	100	164	491	52,2	1,6
125	-15	120	92	275	-40,2	-2,2
125	-10	120	117	350	-15,7	-0,7

Продолжение таблицы 5

Высота полета $H_{\text{пол-п}}$, м	Скорость ветра $U_{\text{п}}$, м/с	Воздушная скорость $V_{\text{п(км/ч)}}$, км/ч	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-5 $L_{5-\text{п}}$, м	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-15 $L_{15-\text{п}}$, м	Смещение струи воды на поверхности земли с учетом ветра $\Delta L_{\text{п}}$, м	Время задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара) $\Delta T_{\text{п}}$, с
125	-5	120	142	425	8,8	0,3
125	0	120	167	500	33,3	1
125	-15	140	119	357	-34,7	-1,5
125	-10	140	144	432	-10,2	-0,4
125	-5	140	169	507	14,3	0,4
125	-15	160	147	441	-29,1	-1
125	-10	160	172	516	-4,6	-0,1
125	-15	180	175	525	-23,5	-0,7
150	-15	80	36	108	-60,3	-8,4
150	-10	80	61	183	-32,8	-2,7
150	-5	80	86	258	-5,3	-0,3
150	0	80	111	333	22,2	1
150	5	80	136	408	49,7	1,8
150	10	80	161	483	77,2	2,4
150	-15	100	64	191	-54,8	-4,3
150	-10	100	89	266	-27,3	-1,5
150	-5	100	114	341	0,2	0
150	0	100	139	416	27,7	1
150	5	100	164	491	55,2	1,7
150	-15	120	92	275	-49,2	-2,7

Продолжение таблицы 5

Высота полета $H_{пол-п}$, м	Скорость ветра U_p , м/с	Воздушная скорость $V_{п(км/ч)}$, км/ч	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-5 $L_{5-п}$, м	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-15 $L_{15-п}$, м	Смещение струи воды на поверхности земли с учетом ветра ΔL_p , м	Время задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара) ΔT_p , с
150	-10	120	117	350	-21,7	-0,9
150	-5	120	142	425	5,8	0,2
150	0	120	167	500	33,3	1
150	-15	140	119	357	-43,7	-1,8
150	-10	140	144	432	-16,2	-0,6
150	-5	140	169	507	11,3	0,3
150	-15	160	147	441	-38,1	-1,3
150	-10	160	172	516	-10,6	-0,3
150	-15	180	175	525	-32,5	-0,9
175	-15	80	36	108	-69,3	-9,6
175	-10	80	61	183	-38,8	-3,2
175	-5	80	86	258	-8,3	-0,5
175	0	80	111	333	22,2	1
175	5	80	136	408	52,7	1,9
175	10	80	161	483	88,2	2,7
175	-15	100	64	191	-63,8	-5
175	-10	100	89	266	-33,3	-1,9
175	-5	100	114	341	-2,8	-0,1
175	0	100	139	416	27,7	1
175	5	100	164	491	63,2	1,9

Продолжение таблицы 5

Высота полета $H_{\text{пол-п}}$, м	Скорость ветра $U_{\text{п}}$, м/с	Воздушная скорость $V_{\text{п(км/ч)}}$, км/ч	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-5 $L_{5-\text{п}}$, м	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-15 $L_{15-\text{п}}$, м	Смещение струи воды на поверхности земли с учетом ветра $\Delta L_{\text{п}}$, м	Время задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара) $\Delta T_{\text{п}}$, с
175	-15	120	92	275	-58,2	-3,2
175	-10	120	117	350	-27,7	-1,2
175	-5	120	142	425	2,8	0,1
175	0	120	167	500	33,3	1
175	-15	140	119	357	-52,7	-2,2
175	-10	140	144	432	-22,2	-0,8
175	-5	140	169	507	8,3	0,3
175	-15	160	147	441	-47,1	-1,6
175	-10	160	172	516	-16,6	-0,5
175	-15	180	175	525	-41,5	-1,2
200	-15	80	36	108	-75,3	-10,5
200	-10	80	61	183	-42,8	-3,5
200	-5	80	86	258	-10,3	-0,6
200	0	80	111	333	22,2	1
200	5	80	136	408	54,7	2
200	10	80	161	483	87,2	2,7
200	-15	100	64	191	-69,8	-5,5
200	-10	100	89	266	-37,3	-2,1
200	-5	100	114	341	-4,8	-0,2
200	0	100	139	416	27,7	1

Продолжение таблицы 5

Высота полета $H_{\text{пол-п}}$, м	Скорость ветра $U_{\text{п}}$, м/с	Воздушная скорость $V_{\text{п(км/ч)}}$, км/ч	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-5 $L_{5-\text{п}}$, м	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-15 $L_{15-\text{п}}$, м	Смещение струи воды на поверхности земли с учетом ветра $\Delta L_{\text{п}}$, м	Время задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара) $\Delta T_{\text{п}}$, с
200	5	100	164	491	60,2	1,8
200	-15	120	92	275	-64,2	-3,5
200	-10	120	117	350	-31,7	-1,4
200	-5	120	142	425	0,8	0
200	0	120	167	500	33,3	1
200	-15	140	119	357	-58,7	-2,5
200	-10	140	144	432	-26,2	-0,9
200	-5	140	169	507	6,3	0,2
200	-15	160	147	441	-53,1	-1,8
200	-10	160	172	516	-20,6	-0,6
200	-15	180	175	525	-47,5	-1,4
225	-15	80	36	108	-82,8	-11,5
225	-10	80	61	183	-47,8	-3,9
225	-5	80	86	258	-12,8	-0,7
225	0	80	111	333	22,2	1
225	5	80	136	408	57,2	2,1
225	10	80	161	483	92,2	2,9
225	-15	100	64	191	-77,3	-6,1
225	-10	100	89	266	-42,3	-2,4
225	-5	100	114	341	-7,3	-0,3

Продолжение таблицы 5

Высота полета $H_{\text{пол-п}}$, м	Скорость ветра $U_{\text{п}}$, м/с	Воздушная скорость $V_{\text{п(км/ч)}}$, км/ч	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-5 $L_{5-\text{п}}$, м	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-15 $L_{15-\text{п}}$, м	Смещение струи воды на поверхности земли с учетом ветра $\Delta L_{\text{п}}$, м	Время задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара) $\Delta T_{\text{п}}$, с
225	0	100	139	416	27,7	1
225	5	100	164	491	62,7	1,9
225	-15	120	92	275	-71,7	-3,9
225	-10	120	117	350	-36,7	-1,6
225	-5	120	142	425	-1,7	-0,1
225	0	120	167	500	33,3	1
225	-15	140	119	357	-66,2	-2,8
225	-10	140	144	432	-31,2	-1,1
225	-5	140	169	507	3,8	0,1
225	-15	160	147	441	-60,6	-2,1
225	-10	160	172	516	-25,6	-0,7
225	-15	180	175	525	-55	-1,6
250	-15	80	36	108	-88,8	-12,3
250	-10	80	61	183	-51,8	-4,3
250	-5	80	86	258	-14,8	-0,9
250	0	80	111	333	22,2	1
250	5	80	136	408	59,2	2,2
250	10	80	161	483	96,2	3
250	-15	100	64	191	-83,3	-6,6
250	-10	100	89	266	-46,3	-2,6

Продолжение таблицы 5

Высота полета $H_{\text{пол-п}}$, м	Скорость ветра $U_{\text{п}}$, м/с	Воздушная скорость $V_{\text{п(км/ч)}}$, км/ч	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-5 $L_{5-\text{п}}$, м	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-15 $L_{15-\text{п}}$, м	Смещение струи воды на поверхности земли с учетом ветра $\Delta L_{\text{п}}$, м	Время задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара) $\Delta T_{\text{п}}$, с
250	-5	100	114	341	-9,3	-0,4
250	0	100	139	416	27,7	1
250	5	100	164	491	64,7	2
250	-15	120	92	275	-77,7	-4,3
250	-10	120	117	350	-40,7	-1,8
250	-5	120	142	425	-3,7	-0,1
250	0	120	167	500	33,3	1
250	-15	140	119	357	-72,2	-3
250	-10	140	144	432	-35,2	-1,2
250	-5	140	169	507	1,8	0,1
250	-15	160	147	441	-66,6	-2,3
250	-10	160	172	516	-29,6	-0,9
250	-15	180	175	525	-61	-1,7

Представленная таблица-памятка упрощает работу ЛШ в воздухе, во время непосредственного тушения пожара (не нужно производить расчеты, памятка обеспечивает получение информации КЭ без уменьшения качества тушения пожара). За счет этого появляется дополнительное время на ведение разведки в зоне пожара (для оценки масштаба пожара, вида пожара, его скорости распространения, направления перемещения и т.д.) и для передачи информации РП и РТП, которая очень важна для принятия дальнейших решений по тушению пожара.

Вывод по главе 2

В главе 2 выполнили теоретические и экспериментальные исследования:

а) экспериментальное исследование по сравнению тактико-технических и геометрических характеристик водосливных устройств ВСУ-5 и ВСУ-15. Результат исследования:

- 1) диаметр ВСУ-5 равен 2,3 м, ВСУ-15 равен 3,1 м;
- 2) полная длина ВСУ-5 равна 7 м, ВСУ-15 равна 10 м;
- 3) высота емкости ВСУ-5 равна 3 м, ВСУ-15 равна 3,5 м;
- 4) максимальный объем ВСУ-5 равен 5,2 м³, ВСУ-15 равен 15,5 м³;
- 5) время открытия клапана ВСУ-5 равна 8 с, ВСУ-15 равна 8 с;
- 6) время слива воды ВСУ-5 равна 6 с, ВСУ-15 равна 17 с;
- 7) согласно выполненных расчетов, и ссылаясь на паспорта водосливных устройств при полете вертолета на крейсерской скорости, малой высоте и встречном (или попутном) ветре получаем следующие результаты по полосе сброса воды:
 - ВСУ-5 ширина-до 15 м;
 - ВСУ-15 ширина- до 25 м;
- 8) результаты сравнения практических значений водосливных устройств:
 - диаметр ВСУ-5 меньше диаметра ВСУ-15 на 0,8 м;
 - полная длина ВСУ-5 меньше полной длины ВСУ-15 на 3 м;
 - высота емкости ВСУ-5 меньше высоты емкости ВСУ-15 на 0,5 м;
 - объем емкости ВСУ-5 на 10 м³ меньше ВСУ-15;
 - время открытия клапана у ВСУ-5 и ВСУ-15 одинаковое;

б) теоретическое исследование по сравнению максимального времени полета (работы) вертолета Ми-8 с использованием ВСУ-5 и Ми-26 с ВСУ-15. Результат исследования:

- 1) максимальное количество топлива на вертолете Ми-8 с использованием ВСУ-5 составляет не более 1430 кг (1845 л);
- 2) максимальное количество топлива на вертолете Ми-26 с использованием ВСУ-15 составляет не более 9850 кг;
- 3) максимальное время полета (работы) вертолета Ми-8 с использованием ВСУ-5 составляет 1 час 43 мин;
- 4) максимальное время полета (работы) вертолета Ми-26 с использованием ВСУ-15 составляет 2 часа 41 мин;

в) по результатам экспериментального исследования выделяем основные достоинства и недостатки:

1) ВСУ-5:

- достоинства: небольшие геометрические размеры, способность использования на небольших водоемах с глубиной 1-2 м;
- недостатки: небольшая площадь сброшенной воды 15 м x 75 м;

2) ВСУ-15:

- достоинства: большая площадь сброшенной воды 20 м x 230 м;
- недостатки: большие геометрические размеры, используется только на водоемах глубиной от 2,5 м;

г) по результатам теоретического исследования выделяем основные достоинства и недостатки вертолетов Ми-8 и Ми-26 при использовании ВСУ:

1) Ми-8:

- достоинства: небольшой расход топлива, способность использования на небольших водоемах;

- недостатки: небольшая грузоподъемность на внешней подвеске, невозможность использования ВСУ-15;

2) Ми-26:

- достоинства: большая грузоподъемность на внешней подвеске, возможно использовать как ВСУ-15, так и ВСУ-5;
- большой расход топлива, дорогостоящий вертолет, из-за этого выпущено намного меньше экземпляров.

Для анализа особенностей и проблем использования вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров большое внимание в диссертации уделено водосливным устройствам, так как они являются наиболее значимыми и эффективными техническими средствами для решения задач по тушению лесных пожаров. Выявлены проблемы по использованию водосливных устройств в качестве технических средств тушения лесных пожаров, которые заключаются не только в наличии водоемов, посадочных площадок и недостаточном обеспечении техники, но и в подготовке летного состава к тушению пожаров с помощью водосливных устройств. При этом нужно учитывать площадь пожара, скорость и направление ветра, высоту сброса воды и т.д. От всего этого зависит успешное выполнение задач по тушению лесных пожаров. Для решения указанных проблем разработана специальная памятка и алгоритм ее применения при тушении лесных пожаров.

Решаемые задачи (достоинства) таблицы (памятки):

- до минимального значения уменьшается время взлета вертолета, так как никаких предварительных расчетов (перед вылетом), по тушению лесных пожаров с помощью водосливных устройств, делать не нужно, что позволяет значительно раньше приступить к тушению лесных пожаров, а значит сохранению лесных массивов;
- при изменении силы и направлении ветра в полете, это напрямую влияет на точность сброса воды, не нужно делать дополнительные

- расчеты, что позволяет не тратить время на них, а все время полета уделять непосредственно тушению лесных пожаров, а значит экономятся ресурсы и сохраняются лесные массивы;
- при необходимости изменения параметров полета (скорости и высоты) сброса воды (например: препятствия, высокие языки пламени и т.д.) также не нужно делать дополнительные расчеты;
 - таблица позволяет определить длину струи воды на поверхности земли от водосливных устройств, в зависимости от путевой скорости вертолета и времени сброса воды с водосливных устройств, что позволят рассчитать количество вертолетов-вылетов для тушения лесных пожаров;
 - таблица позволяет определить смещение струи воды на поверхности земли с учетом ветра и время задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара), что позволят направлять и точно сбрасывать воду с водосливных устройств без дополнительных расчетов и затрат во времени и ресурсах. Это приводит к быстрому, качественному, наиболее эффективному и экономически грамотному решению задач по тушению лесных пожаров;
 - упрощает работу ЛШ в воздухе во время непосредственного тушения пожара (не нужно производить расчеты, памятка обеспечивает получение информации КЭ без уменьшения качества тушения пожара). За счет этого появляется дополнительное время на ведение разведки в зоне пожара (для оценки масштаба пожара, вида пожара, его скорости распространения, направления перемещения и т.д.) и для передачи информации РП и РТП, которая очень важна для принятия дальнейших решений по тушению пожара.

Глава 3 Разработка и апробация организационно-технических мероприятий по повышению эффективности и мобильности использования вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров

3.1 Анализ полученных данных о вертолетах и устройствах применяемых при тушении лесных пожаров

Обширное применение авиации для тушения лесных пожаров наряду с очевидной эффективностью и постоянным совершенствованием АТ, тактики и способам тушения требует постоянного мониторинга и анализа. Применение вертолетов для тушения лесных пожаров на данный момент сомнений в целесообразности не вызывает, особенно для удаленных районов и защиты пожароопасных лесных массивов, и нуждается в улучшении эффективности.

Представленные тактико-технические данные вертолетов и используемых с ними устройств, наглядно показывают широкое, незаменимое и наиболее эффективное применение вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров.

Благодаря тщательному анализу устройств, применяемых на пожарных вертолетах можно с легкостью уяснить назначение, состав, область применения и принцип работы. На рисунках, с помощью которых легче воспринимать принцип работы, отображены все устройства, описываемые в диссертации.

Порядок применения вертолетов при тушении пожаров:

- при использовании стационарной ВСУ, необходимо знать о том, что слив воды может способствовать распространению пожара;
- стационарную установку горизонтального тушения на Ми-8 и его модификациях рекомендуется использовать только по периметру распространения пламени;

- при подлете к району пожара необходимо учитывать, что потоки воздуха от низколетящего вертолета (на ПМВ) способствуют разлету дыма, искр и распространения пламени;
- при тушении лесных пожаров на открытых площадках большой площади, слив воды проводить по периметру горения на путях распространения огня;
- после каждого слива воды РТП проводит оценку эффективности сброса, при необходимости дается команда для корректировки КЭ с РП.

Основными задачами, выполняемыми подразделениями вертолетной авиации при тушении лесных пожаров являются:

- транспортировка личного состава, пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного вооружения, техники и огнегасящих средств;
- проведение разведки, организация управления и связи;
- эвакуация и спасание людей (пострадавших);
- тушение пожара с воздуха путем сброса на очаг воды и подачи других огнегасящих средств;
- создание заградительных полос растворами огнезадерживающих химикатов и воды при защите от пожаров населенных пунктов и важных объектов.

3.2 Алгоритм и апробация применения памятки для повышения эффективности и мобильности использования вертолетов

3.2.1 Алгоритм применения памятки

После поступления команды на вылет вертолета с ВСУ, от вышестоящего штаба, летный состав должен определить режим полета вертолета во время работы с ВСУ (сброса воды или ОГС). Экипажу доводят условия полета, данные по МЛП (класс и вид лесного пожара, искусственные

и естественные препятствия в районе пожара и т.д.), скорость и направление ветра (если известны, если нет – экипаж своими силами определяет районе пожара).

Условия полета во время работы с ВСУ (сброса воды) зависит от направления и скоротечности распространения пожара – обычно сброс воды производят против ветра, для того чтобы предотвратить дальнейшее распространение пожара или по дополнительной команде от РТП или РП.

Режим полета включает в себя высоту полета ($H_{\text{пол}}$) и воздушную скорость ($V_{n(\text{км/ч})}$):

- высота полета выбирается в зависимости от искусственных (ЛЭП, телевизионные вышки и т.д.) и естественных (рельеф местности, высота деревьев, языки пламени пожара и т.д.) препятствий;
- воздушная скорость выбирается в зависимости от получения, желаемого (оптимального) результата сброса воды для конкретного пожара (необходимая ширина и длина струи воды на поверхности земли).

После того, как экипаж, зная скорость, направление ветра, высоту и воздушную скорость полета вертолета, определился с необходимой шириной и длиной струи воды на поверхности земли в соответствующей строке таблицы 5, он определяет смещение воды при определенных режимах и условиях полета. Важно, что в этой же строке экипаж видит время задержки сброса воды относительно точки начала возгорания, где значения с минусом – это время после прохода точки начала возгорания, а без минуса – это время до прохода точки начала возгорания. Далее с помощью таблицы и секундомера экипаж будет выполнять поставленную задачу по тушению пожаров с помощью ВСУ с высоким качеством.

3.2.2 Апробация применения памятки

Условия: «Горит лесополоса, пожар верховой (длина полосы 1,5 км, ширина – 12 - 13 м. Координаты – МЛП 00°00' с.ш., 00°00' в.д., в районе

МЛП имеются естественные препятствия в виде деревьев, языков пламени и ЛЭП равной 85 м, сила ветра в районе МЛП – 15 м/с».

Летному составу поступила задача: «Экипажу вертолета Ми-8 выполнить необходимое количество вертолето-вылетов по сбросу воды с водосливного устройства ВСУ-5. Работу (сброс воды) выполнять против ветра, для предотвращения дальнейшего распространения пожара. Для точного и эффективного сброса воды с ВСУ-5 приказываю пользоваться разработанной памяткой для летного состава!»

Решение экипажа в соответствии с памяткой для летного состава:

- так как в районе МЛП имеются препятствия в виде ЛЭП, равные 85 м, согласно мерам безопасности их нужно проходить с превышением не менее 10 м. Учитывая длину троса и ВСУ, которые равны 50 м, получаем высоту полета 150 м, поэтому будем использовать данные из таблицы 5 для высоты 150 м (рисунок 20);
- ширина лесополосы 12 - 13 м, значит воздушную скорость полета выбираем такую, чтобы ширина сброшенной воды покрывала до 15 м, а это соответствует длине полосы до 100 м. Далее следует выбирать в строках, которые соответствуют высоте 150 м и скорости ветра минус 15 м/с (строки, соответствующие высоте полета 150 м и встречному ветру 15 м/с указаны стрелками на рисунке 20) максимальную длину полосы сброшенной воды (но не более 100 м). Получаем длину полосы равную 92 м (подчеркнуто на рисунке 20). В этой же строчке видим воздушную скорость, с которой необходимо совершать сброс воды 120 км/ч (указано стрелкой на рисунке 20);
- далее в этой же строчке (предпоследний столбец) видим, что смещение струи воды на поверхности земли будет минус 49,2 м (подчеркнуто на рисунке 20), что соответствует задержке в сбросе воды относительно начала возгорания минус 2,7 с (подчеркнуто на рисунке 20). Значения с минусом относятся к времени после прохода точки начала возгорания, а без минуса – это время до.

Высота полета $H_{\text{пол-п}}$, м	Скорость ветра $U_{\text{п}}$, м/с	Воздушная скорость $V_{\text{п}}$ (км/ч), км/ч	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-5 $L_{5-\text{п}}$, м	Длина струи воды на поверхности земли от ВСУ-15 $L_{15-\text{п}}$, м	Смещение струи воды на поверхности земли с учетом ветра $\Delta L_{\text{п}}$, м	Время задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара) $\Delta T_{\text{п}}$, с
150	→ -15	80	36	108	-60,3	-8,4
150	-10	80	61	183	-32,8	-2,7
150	-5	80	86	258	-5,3	-0,3
150	0	80	111	333	22,2	1
150	5	80	136	408	49,7	1,8
150	10	80	161	483	77,2	2,4
150	→ -15	100	64	191	-54,8	-4,3
150	-10	100	89	266	-27,3	-1,5
150	-5	100	114	341	0,2	0
150	0	100	139	416	27,7	1
150	5	100	164	491	55,2	1,7
150	→ -15	120	→ 92	275	<u>-49,2</u>	<u>-2,7</u>
150	-10	120	117	350	-21,7	-0,9
150	-5	120	142	425	5,8	0,2
150	0	120	167	500	33,3	1
150	→ -15	140	119	357	-43,7	-1,8
150	-10	140	144	432	-16,2	-0,6
150	-5	140	169	507	11,3	0,3
150	→ -15	160	147	441	-38,1	-1,3
150	-10	160	172	516	-10,6	-0,3
150	→ -15	180	175	525	-32,5	-0,9

Рисунок 20 – Выписка-схема из таблицы 5, для высоты полета 150 м

В данном примере получили следующие данные:

- высота полета – 150 м;
- длина струи воды на поверхности земли – 92 м;
- воздушная скорость полета – 120 км/ч;
- смещение струи воды на поверхности земли – минус 49,2 м, это означает что, если сбросить воду без задержки, то произойдет смещение воды назад относительно точки начала возгорания на 49,2 м;
- время задержки сброса воды относительно точки начала возгорания – минус 2,7 с, это означает, что нужно сбросить воду через 2,7 с после прохода точки начала возгорания.

3.3 Разработка комплекса ОТМ на основе проведенных исследований

На приведенных выше примерах использования вертолетов, в качестве технических средств тушения лесных пожаров, для еще большей эффективности, и мобильности предлагаю к использованию разработанную памятку и алгоритм ее применения в комплексе с другими мероприятиями:

- а) во всех лесных хозяйствах, лесах, для обеспечения высокой мобильности, оборудовать посадочные площадки для выполнения:
 - 1) взлета и посадки вертолетов;
 - 2) десантирования пожарных, спасателей и грузов с помощью СУ-Р, ЛПГ-150, СЛГ-300, с режима висения;
 - 3) подъема спасателей и пострадавших с помощью ЛПГ-150, СЛГ-300
 - 4) десантирования пожарных и спасателей парашютным способом;

- б) в подразделениях авиации МЧС РФ организовать круглосуточное боевое дежурство (караул) экипажей вертолетов, необходимого технического состава и спасателей;
- в) обеспечить все подразделения МЧС РФ дополнительными ВСУ:
 - 1) для вертолетов модификации Ми-8 – ВСУ-5;
 - 2) для вертолетов модификации Ми-26 – ВСУ-15;
- г) в подразделениях МЧС РФ, в чьих регионах сохраняется средняя и высокая вероятность лесных пожаров провести дополнительные занятия по:
 - 1) классификации и причинам возникновения лесных пожаров;
 - 2) способам тушения лесных пожаров;
 - 3) мерам безопасности при тушении лесных пожаров с дальнейшей сдачей зачетов.

Вывод по главе 3

В 3 главе проанализировали полученные данные о вертолетах и устройствах применяемых при тушении лесных пожаров. Создали алгоритм применения памятки для повышения эффективности и мобильности использования вертолетов. Выполнили апробацию применения памятки, для наглядности представленную в рисунке 20. Разработали комплекс организационно-технических мероприятий на основе проведенных исследований.

Заключение

На основе отмеченных в работе преимуществ наиболее эффективной техникой при тушении лесных пожаров из авиации являются вертолеты. Так как вертолет может быть применен во всех аналогичных случаях использования самолетов, такие как сброс воды и десантирование спасателей и средств для тушения пожара парашютным способом, а также в полной мере заменять его и выполнить другие задачи, которые непосильны другим летательным аппаратам.

Преимущества над самолетом:

- десантирование спасателей, пожарных и средств для тушения пожара, посадочным способом, десантирование на малой высоте (до 3 м), а также десантирование с помощью спускового устройства роликового СУ-Р, бортовой стрелы с роликом и лебедкой ЛПГ-150, системы лебедочной грузовой СЛГ-300 как в степной, так и в горно-лесистой местности;
- вертолет не нуждается в взлетно-посадочной полосе, так как имеет возможность вертикального взлета, ему достаточно посадочной площадки;
- экономически выгоден, так как минимальные затраты на ремонт, запасные части, оборудование, топливо, масла и расходные материалы.

В процессе написания диссертации разработан комплекс эффективных инновационных организационно-технических мероприятий для обеспечения повышения мобильности и эффективности использования вертолетов в качестве технических средств в подразделениях авиации МЧС России при тушении лесных пожаров и систему организационно-технических мероприятий по повышению пожарной безопасности лесных массивов в целом.

Для достижения поставленной цели в работе решили следующие задачи:

1. Провели анализ особенностей использования вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров.
2. Произвели сравнительный анализ и предоставить преимущества использования вертолетов над другими летательными аппаратами при тушении лесных пожаров.
3. Исследовали пути повышения эффективности использования вертолетов в качестве технических средств тушения лесных пожаров.
4. Разработали комплекс инновационных организационно-технических мероприятий в подразделениях авиации МЧС России с применением памятки для повышения эффективности и мобильности использования вертолетов при тушении лесных пожаров.

Список используемых источников

1. Горина Л.Н. Государственная итоговая аттестация магистра по направлению подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность» учебно-методическое пособие : Тольятти изд-во ТГУ, 2016. 267 с.
2. Егоров А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста : учебно-методическое пособие : Тольятти, 2012. 135 с.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 28.07.2008 № 123 (ред. от 29.12.2018). URL: <http://base.garant.ru/12161584/> (дата обращения: 19.05.2020).
4. Брушлинский Н.Н. Основы теории пожарных рисков и ее приложения : учебное пособие. М. : Академия ГПС МЧС России, 2012. 192 с.
5. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ (ред. от 15.02.2016). URL: <http://base.garant.ru/10107960/> (дата обращения: 19.05.2020).
6. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 30.12.2015). URL: <http://base.garant.ru/10103955/> (дата обращения: 19.05.2020).
7. О техническом регулировании [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 28.11.2015) URL: <http://base.garant.ru/12129354/> (дата обращения: 19.05.2020).
8. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля [Электронный ресурс] : государственный стандарт URL: <http://base.garant.ru/3923968/> (дата обращения: 19.05.2020).
9. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. М. : Нефть и Газ, 2009. – 640 с.

10. ГОСТ Р 12.3.047-98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. М. : Издательство стандартов, 1998. - 85 с.
11. Волков О. М., Назаров, В. П. Пожарное дело – Наука, 1985. - № 6 48 с.
12. Валендик Э. Н., Матвеев П. М., Софронов М. А. Крупные лесные пожары. М. : Наука, 1979. 168 с.
13. Гришин А.М. Общие математические модели лесных и торфяных пожаров и их приложения. М. : Успехи механики. 2002. № 4. 197 с.
14. Валендик Э.Н., Матвеев П.М. Зависимость конвекционных потоков от пожара и состоянии пограничного слоя атмосфера // Вопросы лесной пирологии. Красноярск. 1974. 67 с.
15. Гришин А.М., Алексеев Н.А., Брабандер О.П., Зальмеж В.Ж. Распространение в приземном слое атмосферы термиков, возникающих при лесных пожарах // Теплофизика лесных пожаров. Новосибирск. ИТФ СО АН СССР. 1984. 153 с.
16. Гусев В.Г. Лесопирологические основы, методы и средства создания противоположных барьером в сосновых лесах и космический мониторинг их эффективности : автореферат диссертации, на соискание ученой степени доктор сельскохозяйственных наук. С.Петербург. 2006. 94 с.
17. Баранников С. И. Исследование поведения водосливного устройства ВСУ-15 на тросовой подвеске под воздействием ветровых нагрузок : Отчет по НИР. М. : Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова. 2003. 43 с.
18. Контрольный эталонный экземпляр РЛЭ (ИЭ). ГосНИИ ГА, ведущий инженер 117 отд. М.В. Шеротюк. Москва. Военное издательство. 2010. 223 с.
19. Министерство обороны СССР. ВВС ТП и ВВЖ Ми-8 : методическое пособие. Утверждено заместителем главнокомандующего ВВС по боевой подготовке. Москва. Военное издательство. 1987. 38 с.

20. Министерство обороны СССР. ВВС ВВЖ.. Под редакцией заслуженного военного штурмана СССР генерал-майора авиации А.И. Шабунина Утвержден главнокомандующим ВВС. Военное издательство. 1986. 47 с.

21. Воздушный кодекс Российской Федерации №60 : ФЗ от 19.03.1997 с изменениями от 8.07.1999. 86 с.

22. Министерство Обороны Российской Федерации Федеральные правила использования воздушного пространства в Российской Федерации. Утверждены постановлением Правительства РФ от 11.03.2010 №138 . Москва. 2010. 36 с.

23. Федеральные авиационные правила полетов в воздушном пространстве Российской Федерации. Утверждены Приказом Министра обороны РФ, Министерства транспорта РФ и Российского авиационно-космического агенства. 2002. №136/42/51. 65 с.

24. Федеральные авиационные правила штурманской службы. Утверждены Приказом Министра обороны РФ. 2007 №150. 39 с.

25. Федеральные правила производства полетов государственной авиации. Утверждены Приказом Министра обороны РФ. 2004. №275. Москва. 2005. 43 с.

26. Базов Д.И. Аэродинамика вертолетов. Утверждено УУЗ МГА СССР в качестве учебного пособия для учебных заведений гражданской авиации. Издательство «Транспорт». Москва. 1972. 137 с.

27. Володко А.М., Верховин М.П., Горшков В.А. Вертолеты. Справочник по аэродинамике, динамике полета, конструкции, оборудованию и технической эксплуатации. Под редакцией заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, профессора, доктора А.М. Володко. Москва. Военное издательство. 1992. 147 с.

28. Володко, А.М. Безопасность полетов вертолетов. Издательство «Транспорт». Москва. 1981. 223 с.

29. Сафонов А.А. Памятка летчику АА по ПСП и выживанию в аварийных ситуациях : учебное пособие. А.А. Сафонов. Сызрань. ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (филиал, г. Сызрань, Самарская область). 2013. 124 с.
30. Нечаев В.Ф., Федоров Р.Н. Теория авиационных газотурбинных двигателей . М : Машиностроение. 1977. 176 с.
31. Rethinking Wildfire Suppression With Swarm Robotics [Электронный ресурс]. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/8c4d/7e9a524592c1f0d83fcd9868241454d72290.pdf> (дата обращения: 19.05.2020).
32. National interagency fire center [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nifc.gov> (дата обращения: 19.05.2020).
33. Aerial firefighting [Электронный ресурс]. URL: https://ru.qwe.wiki/wiki/Aerial_firefighting#Helicopters (дата обращения: 19.05.2020).
34. Gareth D. Padfield Helicopter flight dynamics the book. Printed by CPI Group (UK) Ltd. Croydon. 2018. 809 p.
35. Petrescu V., Aversa R., Akash B., Corchado J., Berto F., Apicella A., Tiberiu F. Journal of Aircraft and Spacecraft Technology. About Helicopters. Corresponding Author Florian Ion Tiberiu Petrescu ARoTMM-IFTToMM. Bucharest Polytechnic University. Bucharest. (CE). Romania. 2017. 223 p.

Приложение А

Основные тактико-технические данные вертолетов

Таблица А.1 – Основные ТТД вертолета Ми-8МТ

Наименование	Значение
НВМ	11100 кг
МВМ	13000 кг
Десантная нагрузка: нормальная	2000 кг
максимальная	3000 кг
Количество перевозимых спасателей:	
без установленных дополнительных сидений	16 чел.
при установленных дополнительных сиденьях	24 чел.
Максимальная скорость ГП на высотах 0...1000 м:	
при НВМ	250 км/ч
при МВМ	230 км/ч
Крейсерская скорость полета на высотах 0...1000 м:	
при НВМ	220-230
при МВМ	205-215
Статический потолок:	
при НВМ вне влияния земли в стандартных атмосферных условиях	3500 м
при МВМ	1500м
Практический потолок в МСА:	
при НВМ	5500 м
при МВМ	4500 м
Максимальная масса груза, транспортированного на внешней подвеске	3000 кг
Практическая дальность полета на высоте 500 м на крейсерской скорости с 5% остатком топлива и выключенной ПОС:	
при взлетной массе 11100 кг (масса топлива перед взлетом 1966 кг)	630-30 км
при взлетной массе 13000 кг (масса топлива перед взлетом 1966 кг)	530-30 км
с одним полностью заправленным ДТБ (масса топлива 2660 кг)	750 км
с двумя полностью заправленными ДТБ (масса топлива 3354 кг)	1000 км
Практическая продолжительность полета на высоте 500 м на экономической скорости с 5% остатком топлива и выключенной ПОС:	
при взлетной массе 11100 кг (масса топлива перед взлетом 1966 кг)	3 ч 20 мин
при взлетной массе 13000 кг (масса топлива перед взлетом 1966 кг)	3ч 10 мин
с одним полностью заправленным ДТБ (масса топлива 2660 кг)	4 ч 25 мин

Таблица А.2 – Основные ТТД вертолета Ми-8АМТШ

Наименование	Значение
НВМ	11100 кг
МВМ	13000 кг
Десантная нагрузка: нормальная	2000 кг
максимальная	4000 кг
Количество перевозимых спасателей:	
без установленных дополнительных сидений	20 чел.
при установленных дополнительных сиденьях	34 чел.
Максимальная скорость ГП на высотах 0...1000 м:	
при НВМ	250 км/ч
при МВМ	230 км/ч
Крейсерская скорость полета на высотах 0...1000 м:	
при НВМ	220-230 км/ч
при МВМ	205-215 км/ч
Статический потолок:	
при НВМ вне влияния земли в стандартных атмосферных условиях	3980- ²⁰⁰ м
при МВМ	1500- ²⁰⁰ м
Практический потолок в МСА:	
при НВМ	6000- ²⁰⁰ м
при МВМ	4800- ²⁰⁰ м
Максимальная масса груза, транспортированного на внешней подвеске	4000 кг
Практическая дальность полета на высоте 500 м на крейсерской скорости с 5% остатком топлива и выключенной ПОС:	
при взлетной массе 11100 кг (масса топлива перед взлетом 1966 кг)	680-30 км
при взлетной массе 13000 кг (масса топлива перед взлетом 1966 кг)	580-30 км
с одним полностью заправленным ДТБ (масса топлива 2660 кг)	830 км
с двумя полностью заправленными ДТБ (масса топлива 3354 кг)	1085 км
Практическая продолжительность полета на высоте 500 м на экономической скорости с 5% остатком топлива и выключенной ПОС:	
при взлетной массе 11100 кг (масса топлива перед взлетом 1966 кг)	3 ч 55 мин
при взлетной массе 13000 кг (масса топлива перед взлетом 1966 кг)	3ч 29 мин
с одним полностью заправленным ДТБ (масса топлива перед взлетом 2660 кг)	4 ч 43 мин

Таблица А.3 – Основные ТТД вертолета Ми-14ПЖ

Наименование	Значение
НВМ	12100 кг
МВМ	14000 кг
Десантная нагрузка: нормальная	2000 кг
максимальная	3000 кг
Количество перевозимых спасателей	24 чел.
Максимальная скорость ГП на высотах 0...1000м:	
при НВМ	230 км/ч
при МВМ	220 км/ч
Крейсерская скорость полета на высотах 0...1000 м:	
при НВМ	210-220 км/ч
при МВМ	200-210 км/ч
Статический потолок:	
при НВМ вне влияния земли в стандартных атмосферных условиях	2000 м
при МВМ	1500 м
Практический потолок в МСА:	
при НВМ	4000 м
при МВМ	3000 м
Практическая дальность полета на высоте 500 м на крейсерской скорости с 5% остатком топлива и выключенной ПОС:	1200 км

Таблица А.4 – Основные ТТД вертолета Ми-26ТП

Наименование	Значение
НВМ	49650 кг
МВМ	56000 кг
Десантная нагрузка: нормальная	15000 кг
максимальная	20000 кг
Количество перевозимых спасателей	70 чел.
Максимальная скорость ГП на высотах 0...1000 м:	295 км/ч
Крейсерская скорость полета на высотах 0...1000 м:	255 км/ч
Статический потолок стандартных атмосферных условиях	1520
Практический потолок в МСА:	6000
Практическая дальность полета на высоте 500 м на крейсерской скорости с 5% остатком топлива и выключенной ПОС:	2000 км

Приложение Б

Основные тактико-технические характеристики водосливных устройств

Таблица Б.1 – Основные ТТХ ВСУ-5 и ВСУ-15

Наименование	ВСУ-5	ВСУ-15
Диаметр (ширина)	2.3 м	3.1 м
Длина	7 м	10 м
Высота емкости	3 м	3.5 м
Открытие клапана	8 с	8 с
Слив воды	6 с	17 с
С высоты	30 м	30 м
Ширина полосы при длине полосы равной 100м	до 15 м	до 25 м
Ширина полосы при длине полосы равной 200м	8-10 м	20-22 м
Ширина полосы при длине полосы равной 300м	до 5 м	до 20 м
Ширина полосы при длине полосы равной 400м	-	12-14 м
Ширина полосы при длине полосы равной 500м	-	до 8 м

Приложение В

Основные тактико-технические данные системы лебедочной грузовой СЛГ-300

Таблица В.1 – Основные ТТД СЛГ-300

Наименование	Значение
Номинальное напряжение питания постоянного тока, В	27
Скорость уборки троса при усилии 150кгс, м/мин	60
Грузоподъемность не более, кг	300
Длина каната, м	60
Масса системы, кг, не более	78
Нагрузка на канате, кгс	300
Напряжение питания переменного тока частотой 400 Гц, В	200
Скорость перемещения груза при выпуске каната, м/с	2
Скорость перемещения груза при выпуске каната, м/с	0.5
Скорость перемещения груза при уборке каната максимальная, м/с	1.4
Скорость перемещения груза при уборке каната минимальная, м/с	0.3
Скорость уборки троса при усилии 200кгс, м/мин	5
Диаметр каната, мм	5

Приложение Г

Расчет путевой скорости вертолета

- $W_1 = V_{1(m/c)} + U_1 = 22,2 - 15 = 7,2$ м/с;
- $W_2 = V_{1(m/c)} + U_2 = 22,2 - 10 = 12,2$ м/с;
- $W_3 = V_{1(m/c)} + U_3 = 22,2 - 5 = 17,2$ м/с;
- $W_4 = V_{1(m/c)} + U_4 = 22,2 + 0 = 22,2$ м/с;
- $W_5 = V_{1(m/c)} + U_5 = 22,2 + 5 = 27,2$ м/с;
- $W_6 = V_{1(m/c)} + U_6 = 22,2 + 10 = 32,2$ м/с;
- $W_7 = V_{1(m/c)} + U_7 = 22,2 + 15 = 37,2$ м/с;
- $W_8 = V_{2(m/c)} + U_1 = 27,7 - 15 = 12,7$ м/с;
- $W_9 = V_{2(m/c)} + U_2 = 27,7 - 10 = 17,7$ м/с;
- $W_{10} = V_{2(m/c)} + U_3 = 27,7 - 5 = 22,7$ м/с;
- $W_{11} = V_{2(m/c)} + U_4 = 27,7 + 0 = 27,7$ м/с;
- $W_{12} = V_{2(m/c)} + U_5 = 27,7 + 5 = 32,7$ м/с;
- $W_{13} = V_{2(m/c)} + U_6 = 27,7 + 10 = 37,7$ м/с;
- $W_{14} = V_{2(m/c)} + U_7 = 27,7 + 15 = 42,7$ м/с;
- $W_{15} = V_{3(m/c)} + U_1 = 33,3 - 15 = 18,3$ м/с;
- $W_{16} = V_{3(m/c)} + U_2 = 33,3 - 10 = 23,3$ м/с;
- $W_{17} = V_{3(m/c)} + U_3 = 33,3 - 5 = 28,3$ м/с;
- $W_{18} = V_{3(m/c)} + U_4 = 33,3 + 0 = 33,3$ м/с;
- $W_{19} = V_{3(m/c)} + U_5 = 33,3 + 5 = 38,3$ м/с;
- $W_{20} = V_{3(m/c)} + U_6 = 33,3 + 10 = 43,3$ м/с;
- $W_{21} = V_{3(m/c)} + U_7 = 33,3 + 15 = 48,3$ м/с;
- $W_{22} = V_{4(m/c)} + U_1 = 38,8 - 15 = 23,8$ м/с;
- $W_{23} = V_{4(m/c)} + U_2 = 38,8 - 10 = 28,8$ м/с;
- $W_{24} = V_{4(m/c)} + U_3 = 38,8 - 5 = 33,8$ м/с;
- $W_{25} = V_{4(m/c)} + U_4 = 38,8 + 0 = 38,8$ м/с;
- $W_{26} = V_{4(m/c)} + U_5 = 38,8 + 5 = 43,8$ м/с;
- $W_{27} = V_{4(m/c)} + U_6 = 38,8 + 10 = 48,8$ м/с;
- $W_{28} = V_{4(m/c)} + U_7 = 38,8 + 15 = 53,8$ м/с;
- $W_{29} = V_{5(m/c)} + U_1 = 44,4 - 15 = 29,4$ м/с;
- $W_{30} = V_{5(m/c)} + U_2 = 44,4 - 10 = 34,4$ м/с;
- $W_{31} = V_{5(m/c)} + U_3 = 44,4 - 5 = 39,4$ м/с;
- $W_{32} = V_{5(m/c)} + U_4 = 44,4 + 0 = 44,4$ м/с;
- $W_{33} = V_{5(m/c)} + U_5 = 44,4 + 5 = 49,4$ м/с;
- $W_{34} = V_{5(m/c)} + U_6 = 44,4 + 10 = 54,4$ м/с;
- $W_{35} = V_{5(m/c)} + U_7 = 44,4 + 15 = 59,4$ м/с;
- $W_{36} = V_{6(m/c)} + U_1 = 50 - 15 = 35$ м/с;
- $W_{37} = V_{6(m/c)} + U_2 = 50 - 10 = 40$ м/с;
- $W_{38} = V_{6(m/c)} + U_3 = 50 - 5 = 45$ м/с;

Продолжение Приложения Г

- $W_{39} = V_{6(m/c)} + U_4 = 50 + 0 = 50 \text{ м/с};$
- $W_{40} = V_{6(m/c)} + U_5 = 50 + 5 = 55 \text{ м/с};$
- $W_{41} = V_{6(m/c)} + U_6 = 50 + 10 = 60 \text{ м/с};$
- $W_{42} = V_{6(m/c)} + U_7 = 50 + 15 = 65 \text{ м/с}.$

Приложение Д

Расчет длины струи воды на поверхности земли от водосливного устройства ВСУ-5

- $L_{5-1}=S_{5-1}=W_1 \cdot t_2=7,2 \cdot 5=36$ м;
- $L_{5-2}=S_{5-2}=W_2 \cdot t_2=12,2 \cdot 5=61$ м;
- $L_{5-3}=S_{5-3}=W_3 \cdot t_2=17,2 \cdot 5=86$ м;
- $L_{5-4}=S_{5-4}=W_4 \cdot t_2=22,2 \cdot 5=111$ м;
- $L_{5-5}=S_{5-5}=W_5 \cdot t_2=27,2 \cdot 5=136$ м;
- $L_{5-6}=S_{5-6}=W_6 \cdot t_2=32,2 \cdot 5=161$ м;
- $L_{5-7}=S_{5-7}=W_7 \cdot t_2=37,2 \cdot 5=186$ м;
- $L_{5-8}=S_{5-8}=W_8 \cdot t_2=12,7 \cdot 5=64$ м;
- $L_{5-9}=S_{5-9}=W_9 \cdot t_2=17,7 \cdot 5=89$ м;
- $L_{5-10}=S_{5-10}=W_{10} \cdot t_2=22,7 \cdot 5=114$ м;
- $L_{5-11}=S_{5-11}=W_{11} \cdot t_2=27,7 \cdot 5=139$ м;
- $L_{5-12}=S_{5-12}=W_{12} \cdot t_2=32,7 \cdot 5=164$ м;
- $L_{5-13}=S_{5-13}=W_{13} \cdot t_2=37,7 \cdot 5=189$ м;
- $L_{5-14}=S_{5-14}=W_{14} \cdot t_2=42,7 \cdot 5=214$ м;
- $L_{5-15}=S_{5-15}=W_{15} \cdot t_2=18,3 \cdot 5=92$ м;
- $L_{5-16}=S_{5-16}=W_{16} \cdot t_2=23,3 \cdot 5=117$ м;
- $L_{5-17}=S_{5-17}=W_{17} \cdot t_2=28,3 \cdot 5=142$ м;
- $L_{5-18}=S_{5-18}=W_{18} \cdot t_2=33,3 \cdot 5=167$ м;
- $L_{5-19}=S_{5-19}=W_{19} \cdot t_2=38,3 \cdot 5=192$ м;
- $L_{5-20}=S_{5-20}=W_{20} \cdot t_2=43,3 \cdot 5=217$ м;
- $L_{5-21}=S_{5-21}=W_{21} \cdot t_2=48,3 \cdot 5=242$ м;
- $L_{5-22}=S_{5-22}=W_{22} \cdot t_2=23,8 \cdot 5=119$ м;
- $L_{5-23}=S_{5-23}=W_{23} \cdot t_2=28,8 \cdot 5=144$ м;
- $L_{5-24}=S_{5-24}=W_{24} \cdot t_2=33,8 \cdot 5=169$ м;
- $L_{5-25}=S_{5-25}=W_{25} \cdot t_2=38,8 \cdot 5=194$ м;
- $L_{5-26}=S_{5-26}=W_{26} \cdot t_2=43,8 \cdot 5=219$ м;
- $L_{5-27}=S_{5-27}=W_{27} \cdot t_2=48,8 \cdot 5=244$ м;
- $L_{5-28}=S_{5-28}=W_{28} \cdot t_2=53,8 \cdot 5=269$ м;
- $L_{5-29}=S_{5-29}=W_{29} \cdot t_2=29,4 \cdot 5=147$ м;
- $L_{5-30}=S_{5-30}=W_{30} \cdot t_2=34,4 \cdot 5=172$ м;
- $L_{5-31}=S_{5-31}=W_{31} \cdot t_2=39,4 \cdot 5=197$ м;
- $L_{5-32}=S_{5-32}=W_{32} \cdot t_2=44,4 \cdot 5=222$ м;
- $L_{5-33}=S_{5-33}=W_{33} \cdot t_2=49,4 \cdot 5=247$ м;
- $L_{5-34}=S_{5-34}=W_{34} \cdot t_2=54,4 \cdot 5=272$ м;
- $L_{5-35}=S_{5-35}=W_{35} \cdot t_2=59,4 \cdot 5=297$ м;
- $L_{5-36}=S_{5-36}=W_{36} \cdot t_2=35 \cdot 5=175$ м;

Продолжение Приложения Д

- $L_{5-37}=S_{5-37}=W_{37} \cdot t_2=40 \cdot 5=200$ м;
- $L_{5-38}=S_{5-38}=W_{38} \cdot t_2=45 \cdot 5=225$ м;
- $L_{5-39}=S_{5-39}=W_{39} \cdot t_2=50 \cdot 5=250$ м;
- $L_{5-40}=S_{5-40}=W_{40} \cdot t_2=55 \cdot 5=275$ м;
- $L_{5-41}=S_{5-41}=W_{41} \cdot t_2=60 \cdot 5=300$ м;
- $L_{5-42}=S_{5-42}=W_{42} \cdot t_2=65 \cdot 5=325$ м.

Приложение Е

Расчет длины струи воды на поверхности земли от водосливного устройства ВСУ-15

- $L_{15-1}=S_{15-1}=W_1 \cdot t_1=7,2 \cdot 15=108$ м;
- $L_{15-2}=S_{15-2}=W_2 \cdot t_1=12,2 \cdot 15=183$ м;
- $L_{15-3}=S_{15-3}=W_3 \cdot t_1=17,2 \cdot 15=258$ м;
- $L_{15-4}=S_{15-4}=W_4 \cdot t_1=22,2 \cdot 15=333$ м;
- $L_{15-5}=S_{15-5}=W_5 \cdot t_1=27,2 \cdot 15=408$ м;
- $L_{15-6}=S_{15-6}=W_6 \cdot t_1=32,2 \cdot 15=483$ м;
- $L_{15-7}=S_{15-7}=W_7 \cdot t_1=37,2 \cdot 15=558$ м;
- $L_{15-8}=S_{15-8}=W_8 \cdot t_1=12,7 \cdot 15=191$ м;
- $L_{15-9}=S_{15-9}=W_9 \cdot t_1=17,7 \cdot 15=266$ м;
- $L_{15-10}=S_{15-10}=W_{10} \cdot t_1=22,7 \cdot 15=341$ м;
- $L_{15-11}=S_{15-11}=W_{11} \cdot t_1=27,7 \cdot 15=416$ м;
- $L_{15-12}=S_{15-12}=W_{12} \cdot t_1=32,7 \cdot 15=491$ м;
- $L_{15-13}=S_{15-13}=W_{13} \cdot t_1=37,7 \cdot 15=566$ м;
- $L_{15-14}=S_{15-14}=W_{14} \cdot t_1=42,7 \cdot 15=641$ м;
- $L_{15-15}=S_{15-15}=W_{15} \cdot t_1=18,3 \cdot 15=275$ м;
- $L_{15-16}=S_{15-16}=W_{16} \cdot t_1=23,3 \cdot 15=350$ м;
- $L_{15-17}=S_{15-17}=W_{17} \cdot t_1=28,3 \cdot 15=425$ м;
- $L_{15-18}=S_{15-18}=W_{18} \cdot t_1=33,3 \cdot 15=500$ м;
- $L_{15-19}=S_{15-19}=W_{19} \cdot t_1=38,3 \cdot 15=575$ м;
- $L_{15-20}=S_{15-20}=W_{20} \cdot t_1=43,3 \cdot 15=650$ м;
- $L_{15-21}=S_{15-21}=W_{21} \cdot t_1=48,3 \cdot 15=725$ м;
- $L_{15-22}=S_{15-22}=W_{22} \cdot t_1=23,8 \cdot 15=357$ м;
- $L_{15-23}=S_{15-23}=W_{23} \cdot t_1=28,8 \cdot 15=432$ м;
- $L_{15-24}=S_{15-24}=W_{24} \cdot t_1=33,8 \cdot 15=507$ м;
- $L_{15-25}=S_{15-25}=W_{25} \cdot t_1=38,8 \cdot 15=582$ м;
- $L_{15-26}=S_{15-26}=W_{26} \cdot t_1=43,8 \cdot 15=657$ м;
- $L_{15-27}=S_{15-27}=W_{27} \cdot t_1=48,8 \cdot 15=732$ м;
- $L_{15-28}=S_{15-28}=W_{28} \cdot t_1=53,8 \cdot 15=807$ м;
- $L_{15-29}=S_{15-29}=W_{29} \cdot t_1=29,4 \cdot 15=441$ м;
- $L_{15-30}=S_{15-30}=W_{30} \cdot t_1=34,4 \cdot 15=516$ м;
- $L_{15-31}=S_{15-31}=W_{31} \cdot t_1=39,4 \cdot 15=591$ м;
- $L_{15-32}=S_{15-32}=W_{32} \cdot t_1=44,4 \cdot 15=666$ м;
- $L_{15-33}=S_{15-33}=W_{33} \cdot t_1=49,4 \cdot 15=741$ м;
- $L_{15-34}=S_{15-34}=W_{34} \cdot t_1=54,4 \cdot 15=816$ м;
- $L_{15-35}=S_{15-35}=W_{35} \cdot t_1=59,4 \cdot 15=891$ м;
- $L_{15-36}=S_{15-36}=W_{36} \cdot t_1=35 \cdot 15=525$ м;

Продолжение Приложения Е

- $L_{15-37}=S_{15-37}=W_{37} \cdot t_1=40 \cdot 15=600$ м;
- $L_{15-38}=S_{15-38}=W_{38} \cdot t_1=45 \cdot 15=675$ м;
- $L_{15-39}=S_{15-39}=W_{39} \cdot t_1=50 \cdot 15=750$ м;
- $L_{15-40}=S_{15-40}=W_{40} \cdot t_1=55 \cdot 15=825$ м;
- $L_{15-41}=S_{15-41}=W_{41} \cdot t_1=60 \cdot 15=900$ м;
- $L_{15-42}=S_{15-42}=W_{42} \cdot t_1=65 \cdot 15=975$ м.

Приложение Ж

Расчет смещения струи воды на поверхности земли

- $\Delta L_1 = W_1 \cdot 1 + U_1 \cdot T_1 = 7,2 \cdot 1 - 15 \cdot 3,2 = -40,8 \text{ м};$
- $\Delta L_2 = W_2 \cdot 1 + U_2 \cdot T_1 = 12,2 \cdot 1 - 10 \cdot 3,2 = -19,8 \text{ м};$
- $\Delta L_3 = W_3 \cdot 1 + U_3 \cdot T_1 = 17,2 \cdot 1 - 5 \cdot 3,2 = -3,8 \text{ м};$
- $\Delta L_4 = W_4 \cdot 1 + U_4 \cdot T_1 = 22,2 \cdot 1 + 0 \cdot 3,2 = 22,2 \text{ м};$
- $\Delta L_5 = W_5 \cdot 1 + U_5 \cdot T_1 = 27,2 \cdot 1 + 5 \cdot 3,2 = 43,2 \text{ м};$
- $\Delta L_6 = W_6 \cdot 1 + U_6 \cdot T_1 = 32,2 \cdot 1 + 10 \cdot 3,2 = 64,2 \text{ м};$
- $\Delta L_7 = W_7 \cdot 1 + U_7 \cdot T_1 = 37,2 \cdot 1 + 15 \cdot 3,2 = 85,2 \text{ м};$
- $\Delta L_8 = W_1 \cdot 1 + U_1 \cdot T_2 = 7,2 \cdot 1 - 15 \cdot 3,9 = -51,3 \text{ м};$
- $\Delta L_9 = W_2 \cdot 1 + U_2 \cdot T_2 = 12,2 \cdot 1 - 10 \cdot 3,9 = -31,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{10} = W_3 \cdot 1 + U_3 \cdot T_2 = 17,2 \cdot 1 - 5 \cdot 3,9 = -2,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{11} = W_4 \cdot 1 + U_4 \cdot T_2 = 22,2 \cdot 1 + 0 \cdot 3,9 = 22,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{12} = W_5 \cdot 1 + U_5 \cdot T_2 = 27,2 \cdot 1 + 5 \cdot 3,9 = 46,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{13} = W_6 \cdot 1 + U_6 \cdot T_2 = 32,2 \cdot 1 + 10 \cdot 3,9 = 71,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{14} = W_7 \cdot 1 + U_7 \cdot T_2 = 37,2 \cdot 1 + 15 \cdot 3,9 = 95,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{15} = W_1 \cdot 1 + U_1 \cdot T_3 = 7,2 \cdot 1 - 15 \cdot 4,5 = -60,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{16} = W_2 \cdot 1 + U_2 \cdot T_3 = 12,2 \cdot 1 - 10 \cdot 4,5 = -32,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{17} = W_3 \cdot 1 + U_3 \cdot T_3 = 17,2 \cdot 1 - 5 \cdot 4,5 = -5,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{18} = W_4 \cdot 1 + U_4 \cdot T_3 = 22,2 \cdot 1 + 0 \cdot 4,5 = 22,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{19} = W_5 \cdot 1 + U_5 \cdot T_3 = 27,2 \cdot 1 + 5 \cdot 4,5 = 49,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{20} = W_6 \cdot 1 + U_6 \cdot T_3 = 32,2 \cdot 1 + 10 \cdot 4,5 = 77,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{21} = W_7 \cdot 1 + U_7 \cdot T_3 = 37,2 \cdot 1 + 15 \cdot 4,5 = 104,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{22} = W_1 \cdot 1 + U_1 \cdot T_4 = 7,2 \cdot 1 - 15 \cdot 5,1 = -69,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{23} = W_2 \cdot 1 + U_2 \cdot T_4 = 12,2 \cdot 1 - 10 \cdot 5,1 = -38,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{24} = W_3 \cdot 1 + U_3 \cdot T_4 = 17,2 \cdot 1 - 5 \cdot 5,1 = -8,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{25} = W_4 \cdot 1 + U_4 \cdot T_4 = 22,2 \cdot 1 + 0 \cdot 5,1 = 22,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{26} = W_5 \cdot 1 + U_5 \cdot T_4 = 27,2 \cdot 1 + 5 \cdot 5,1 = 52,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{27} = W_6 \cdot 1 + U_6 \cdot T_4 = 32,2 \cdot 1 + 10 \cdot 5,1 = 88,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{28} = W_7 \cdot 1 + U_7 \cdot T_4 = 37,2 \cdot 1 + 15 \cdot 5,1 = 113,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{29} = W_1 \cdot 1 + U_1 \cdot T_5 = 7,2 \cdot 1 - 15 \cdot 5,5 = -75,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{30} = W_2 \cdot 1 + U_2 \cdot T_5 = 12,2 \cdot 1 - 10 \cdot 5,5 = -42,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{31} = W_3 \cdot 1 + U_3 \cdot T_5 = 17,2 \cdot 1 - 5 \cdot 5,5 = -10,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{32} = W_4 \cdot 1 + U_4 \cdot T_5 = 22,2 \cdot 1 + 0 \cdot 5,5 = 22,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{33} = W_5 \cdot 1 + U_5 \cdot T_5 = 27,2 \cdot 1 + 5 \cdot 5,5 = 54,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{34} = W_6 \cdot 1 + U_6 \cdot T_5 = 32,2 \cdot 1 + 10 \cdot 5,5 = 87,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{35} = W_7 \cdot 1 + U_7 \cdot T_5 = 37,2 \cdot 1 + 15 \cdot 5,5 = 119,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{36} = W_1 \cdot 1 + U_1 \cdot T_6 = 7,2 \cdot 1 - 15 \cdot 6 = -82,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{37} = W_2 \cdot 1 + U_2 \cdot T_6 = 12,2 \cdot 1 - 10 \cdot 6 = -47,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{38} = W_3 \cdot 1 + U_3 \cdot T_6 = 17,2 \cdot 1 - 5 \cdot 6 = -12,8 \text{ м};$

Продолжение Приложения Ж

- $\Delta L_{39} = W_4 \cdot 1 + U_4 \cdot T_6 = 22,2 \cdot 1 + 0 \cdot 6 = 22,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{40} = W_5 \cdot 1 + U_5 \cdot T_6 = 27,2 \cdot 1 + 5 \cdot 6 = 57,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{41} = W_6 \cdot 1 + U_6 \cdot T_6 = 32,2 \cdot 1 + 10 \cdot 6 = 92,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{42} = W_7 \cdot 1 + U_7 \cdot T_6 = 37,2 \cdot 1 + 15 \cdot 6 = 127,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{43} = W_1 \cdot 1 + U_1 \cdot T_7 = 7,2 \cdot 1 - 15 \cdot 6,4 = -88,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{44} = W_2 \cdot 1 + U_2 \cdot T_7 = 12,2 \cdot 1 - 10 \cdot 6,4 = -51,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{45} = W_3 \cdot 1 + U_3 \cdot T_7 = 17,2 \cdot 1 - 5 \cdot 6,4 = -14,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{46} = W_4 \cdot 1 + U_4 \cdot T_7 = 22,2 \cdot 1 + 0 \cdot 6,4 = 22,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{47} = W_5 \cdot 1 + U_5 \cdot T_7 = 27,2 \cdot 1 + 5 \cdot 6,4 = 59,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{48} = W_6 \cdot 1 + U_6 \cdot T_7 = 32,2 \cdot 1 + 10 \cdot 6,4 = 96,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{49} = W_7 \cdot 1 + U_7 \cdot T_7 = 37,2 \cdot 1 + 15 \cdot 6,4 = 133,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{50} = W_8 \cdot 1 + U_1 \cdot T_1 = 12,7 \cdot 1 - 15 \cdot 3,2 = -35,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{51} = W_9 \cdot 1 + U_2 \cdot T_1 = 17,7 \cdot 1 - 10 \cdot 3,2 = -14,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{52} = W_{10} \cdot 1 + U_3 \cdot T_1 = 22,7 \cdot 1 - 5 \cdot 3,2 = 6,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{53} = W_{11} \cdot 1 + U_4 \cdot T_1 = 27,7 \cdot 1 + 0 \cdot 3,2 = 27,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{54} = W_{12} \cdot 1 + U_5 \cdot T_1 = 32,7 \cdot 1 + 5 \cdot 3,2 = 48,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{55} = W_{13} \cdot 1 + U_6 \cdot T_1 = 37,7 \cdot 1 + 10 \cdot 3,2 = 69,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{56} = W_{14} \cdot 1 + U_7 \cdot T_1 = 42,7 \cdot 1 + 15 \cdot 3,2 = 90,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{57} = W_8 \cdot 1 + U_1 \cdot T_2 = 12,7 \cdot 1 - 15 \cdot 3,9 = -45,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{58} = W_9 \cdot 1 + U_2 \cdot T_2 = 17,7 \cdot 1 - 10 \cdot 3,9 = -21,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{59} = W_{10} \cdot 1 + U_3 \cdot T_2 = 22,7 \cdot 1 - 5 \cdot 3,9 = 3,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{60} = W_{11} \cdot 1 + U_4 \cdot T_2 = 27,7 \cdot 1 + 0 \cdot 3,9 = 27,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{61} = W_{12} \cdot 1 + U_5 \cdot T_2 = 32,7 \cdot 1 + 5 \cdot 3,9 = 52,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{62} = W_{13} \cdot 1 + U_6 \cdot T_2 = 37,7 \cdot 1 + 10 \cdot 3,9 = 76,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{63} = W_{14} \cdot 1 + U_7 \cdot T_2 = 42,7 \cdot 1 + 15 \cdot 3,9 = 101,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{64} = W_8 \cdot 1 + U_1 \cdot T_3 = 12,7 \cdot 1 - 15 \cdot 4,5 = -54,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{65} = W_9 \cdot 1 + U_2 \cdot T_3 = 17,7 \cdot 1 - 10 \cdot 4,5 = -27,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{66} = W_{10} \cdot 1 + U_3 \cdot T_3 = 22,7 \cdot 1 - 5 \cdot 4,5 = 0,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{67} = W_{11} \cdot 1 + U_4 \cdot T_3 = 27,7 \cdot 1 + 0 \cdot 4,5 = 27,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{68} = W_{12} \cdot 1 + U_5 \cdot T_3 = 32,7 \cdot 1 + 5 \cdot 4,5 = 55,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{69} = W_{13} \cdot 1 + U_6 \cdot T_3 = 37,7 \cdot 1 + 10 \cdot 4,5 = 82,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{70} = W_{14} \cdot 1 + U_7 \cdot T_3 = 42,7 \cdot 1 + 15 \cdot 4,5 = 110,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{71} = W_8 \cdot 1 + U_1 \cdot T_4 = 12,7 \cdot 1 - 15 \cdot 5,1 = -63,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{72} = W_9 \cdot 1 + U_2 \cdot T_4 = 17,7 \cdot 1 - 10 \cdot 5,1 = -33,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{73} = W_{10} \cdot 1 + U_3 \cdot T_4 = 22,7 \cdot 1 - 5 \cdot 5,1 = -2,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{74} = W_{11} \cdot 1 + U_4 \cdot T_4 = 27,7 \cdot 1 + 0 \cdot 5,1 = 27,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{75} = W_{12} \cdot 1 + U_5 \cdot T_4 = 32,7 \cdot 1 + 5 \cdot 5,1 = 63,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{76} = W_{13} \cdot 1 + U_6 \cdot T_4 = 37,7 \cdot 1 + 10 \cdot 5,1 = 88,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{77} = W_{14} \cdot 1 + U_7 \cdot T_4 = 42,7 \cdot 1 + 15 \cdot 5,1 = 119,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{78} = W_8 \cdot 1 + U_1 \cdot T_5 = 12,7 \cdot 1 - 15 \cdot 5,5 = -69,8 \text{ м};$

Продолжение Приложения Ж

- $\Delta L_{79} = W_9 \cdot 1 + U_2 \cdot T_5 = 17,7 \cdot 1 - 10 \cdot 5,5 = -37,3$ м;
- $\Delta L_{80} = W_{10} \cdot 1 + U_3 \cdot T_5 = 22,7 \cdot 1 - 5 \cdot 5,5 = -4,8$ м;
- $\Delta L_{81} = W_{11} \cdot 1 + U_4 \cdot T_5 = 27,7 \cdot 1 + 0 \cdot 5,5 = 27,7$ м;
- $\Delta L_{82} = W_{12} \cdot 1 + U_5 \cdot T_5 = 32,7 \cdot 1 + 5 \cdot 5,5 = 60,2$ м;
- $\Delta L_{83} = W_{13} \cdot 1 + U_6 \cdot T_5 = 37,7 \cdot 1 + 10 \cdot 5,5 = 92,7$ м;
- $\Delta L_{84} = W_{14} \cdot 1 + U_7 \cdot T_5 = 42,7 \cdot 1 + 15 \cdot 5,5 = 125,2$ м;
- $\Delta L_{85} = W_8 \cdot 1 + U_1 \cdot T_6 = 12,7 \cdot 1 - 15 \cdot 6 = -77,3$ м;
- $\Delta L_{86} = W_9 \cdot 1 + U_2 \cdot T_6 = 17,7 \cdot 1 - 10 \cdot 6 = -42,3$ м;
- $\Delta L_{87} = W_{10} \cdot 1 + U_3 \cdot T_6 = 22,7 \cdot 1 - 5 \cdot 6 = -7,3$ м;
- $\Delta L_{88} = W_{11} \cdot 1 + U_4 \cdot T_6 = 27,7 \cdot 1 + 0 \cdot 6 = 27,7$ м;
- $\Delta L_{89} = W_{12} \cdot 1 + U_5 \cdot T_6 = 32,7 \cdot 1 + 5 \cdot 6 = 62,7$ м;
- $\Delta L_{90} = W_{13} \cdot 1 + U_6 \cdot T_6 = 37,7 \cdot 1 + 10 \cdot 6 = 97,7$ м;
- $\Delta L_{91} = W_{14} \cdot 1 + U_7 \cdot T_6 = 42,7 \cdot 1 + 15 \cdot 6 = 132,7$ м;
- $\Delta L_{92} = W_8 \cdot 1 + U_1 \cdot T_7 = 12,7 \cdot 1 - 15 \cdot 6,4 = -83,3$ м;
- $\Delta L_{93} = W_9 \cdot 1 + U_2 \cdot T_7 = 17,7 \cdot 1 - 10 \cdot 6,4 = -46,3$ м;
- $\Delta L_{94} = W_{10} \cdot 1 + U_3 \cdot T_7 = 22,7 \cdot 1 - 5 \cdot 6,4 = -9,3$ м;
- $\Delta L_{95} = W_{11} \cdot 1 + U_4 \cdot T_7 = 27,7 \cdot 1 + 0 \cdot 6,4 = 27,7$ м;
- $\Delta L_{96} = W_{12} \cdot 1 + U_5 \cdot T_7 = 32,7 \cdot 1 + 5 \cdot 6,4 = 64,7$ м;
- $\Delta L_{97} = W_{13} \cdot 1 + U_6 \cdot T_7 = 37,7 \cdot 1 + 10 \cdot 6,4 = 101,7$ м;
- $\Delta L_{98} = W_{14} \cdot 1 + U_7 \cdot T_7 = 42,7 \cdot 1 + 15 \cdot 6,4 = 138,7$ м;
- $\Delta L_{99} = W_{15} \cdot 1 + U_1 \cdot T_1 = 18,3 \cdot 1 - 15 \cdot 3,2 = -29,7$ м;
- $\Delta L_{100} = W_{16} \cdot 1 + U_2 \cdot T_1 = 23,3 \cdot 1 - 10 \cdot 3,2 = -8,7$ м;
- $\Delta L_{101} = W_{17} \cdot 1 + U_3 \cdot T_1 = 28,3 \cdot 1 - 5 \cdot 3,2 = 12,3$ м;
- $\Delta L_{102} = W_{18} \cdot 1 + U_4 \cdot T_1 = 33,3 \cdot 1 + 0 \cdot 3,2 = 33,3$ м;
- $\Delta L_{103} = W_{19} \cdot 1 + U_5 \cdot T_1 = 38,3 \cdot 1 + 5 \cdot 3,2 = 54,3$ м;
- $\Delta L_{104} = W_{20} \cdot 1 + U_6 \cdot T_1 = 43,3 \cdot 1 + 10 \cdot 3,2 = 75,3$ м;
- $\Delta L_{105} = W_{21} \cdot 1 + U_7 \cdot T_1 = 48,3 \cdot 1 + 15 \cdot 3,2 = 96,3$ м;
- $\Delta L_{106} = W_{15} \cdot 1 + U_1 \cdot T_2 = 18,3 \cdot 1 - 15 \cdot 3,9 = -40,2$ м;
- $\Delta L_{107} = W_{16} \cdot 1 + U_2 \cdot T_2 = 23,3 \cdot 1 - 10 \cdot 3,9 = -15,7$ м;
- $\Delta L_{108} = W_{17} \cdot 1 + U_3 \cdot T_2 = 28,3 \cdot 1 - 5 \cdot 3,9 = 8,8$ м;
- $\Delta L_{109} = W_{18} \cdot 1 + U_4 \cdot T_2 = 33,3 \cdot 1 + 0 \cdot 3,9 = 33,3$ м;
- $\Delta L_{110} = W_{19} \cdot 1 + U_5 \cdot T_2 = 38,3 \cdot 1 + 5 \cdot 3,9 = 57,8$ м;
- $\Delta L_{111} = W_{20} \cdot 1 + U_6 \cdot T_2 = 43,3 \cdot 1 + 10 \cdot 3,9 = 82,3$ м;
- $\Delta L_{112} = W_{21} \cdot 1 + U_7 \cdot T_2 = 48,3 \cdot 1 + 15 \cdot 3,9 = 106,8$ м;
- $\Delta L_{113} = W_{15} \cdot 1 + U_1 \cdot T_3 = 18,3 \cdot 1 - 15 \cdot 4,5 = -49,2$ м;
- $\Delta L_{114} = W_{16} \cdot 1 + U_2 \cdot T_3 = 23,3 \cdot 1 - 10 \cdot 4,5 = -21,7$ м;
- $\Delta L_{115} = W_{17} \cdot 1 + U_3 \cdot T_3 = 28,3 \cdot 1 - 5 \cdot 4,5 = 5,8$ м;
- $\Delta L_{116} = W_{18} \cdot 1 + U_4 \cdot T_3 = 33,3 \cdot 1 + 0 \cdot 4,5 = 33,3$ м;
- $\Delta L_{117} = W_{19} \cdot 1 + U_5 \cdot T_3 = 38,3 \cdot 1 + 5 \cdot 4,5 = 60,8$ м;
- $-\Delta L_{118} = W_{20} \cdot 1 + U_6 \cdot T_3 = 43,3 \cdot 1 + 10 \cdot 4,5 = 88,3$ м;

Продолжение Приложения Ж

- $\Delta L_{119} = W_{21} \cdot 1 + U_7 \cdot T_3 = 48,3 \cdot 1 + 15 \cdot 4,5 = 115,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{120} = W_{15} \cdot 1 + U_1 \cdot T_4 = 18,3 \cdot 1 - 15 \cdot 5,1 = -58,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{121} = W_{16} \cdot 1 + U_2 \cdot T_4 = 23,3 \cdot 1 - 10 \cdot 5,1 = -27,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{122} = W_{17} \cdot 1 + U_3 \cdot T_4 = 28,3 \cdot 1 - 5 \cdot 5,1 = 2,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{123} = W_{18} \cdot 1 + U_4 \cdot T_4 = 33,3 \cdot 1 + 0 \cdot 5,1 = 33,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{124} = W_{19} \cdot 1 + U_5 \cdot T_4 = 38,3 \cdot 1 + 5 \cdot 5,1 = 63,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{125} = W_{20} \cdot 1 + U_6 \cdot T_4 = 43,3 \cdot 1 + 10 \cdot 5,1 = 94,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{126} = W_{21} \cdot 1 + U_7 \cdot T_4 = 48,3 \cdot 1 + 15 \cdot 5,1 = 124,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{127} = W_{15} \cdot 1 + U_1 \cdot T_5 = 18,3 \cdot 1 - 15 \cdot 5,5 = -64,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{128} = W_{16} \cdot 1 + U_2 \cdot T_5 = 23,3 \cdot 1 - 10 \cdot 5,5 = -31,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{129} = W_{17} \cdot 1 + U_3 \cdot T_5 = 28,3 \cdot 1 - 5 \cdot 5,5 = 0,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{130} = W_{18} \cdot 1 + U_4 \cdot T_5 = 33,3 \cdot 1 + 0 \cdot 5,5 = 33,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{131} = W_{19} \cdot 1 + U_5 \cdot T_5 = 38,3 \cdot 1 + 5 \cdot 5,5 = 65,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{132} = W_{20} \cdot 1 + U_6 \cdot T_5 = 43,3 \cdot 1 + 10 \cdot 5,5 = 98,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{133} = W_{21} \cdot 1 + U_7 \cdot T_5 = 48,3 \cdot 1 + 15 \cdot 5,5 = 130,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{134} = W_{15} \cdot 1 + U_1 \cdot T_6 = 18,3 \cdot 1 - 15 \cdot 6 = -71,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{135} = W_{16} \cdot 1 + U_2 \cdot T_6 = 23,3 \cdot 1 - 10 \cdot 6 = -36,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{136} = W_{17} \cdot 1 + U_3 \cdot T_6 = 28,3 \cdot 1 - 5 \cdot 6 = -1,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{137} = W_{18} \cdot 1 + U_4 \cdot T_6 = 33,3 \cdot 1 + 0 \cdot 6 = 33,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{138} = W_{19} \cdot 1 + U_5 \cdot T_6 = 38,3 \cdot 1 + 5 \cdot 6 = 68,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{139} = W_{20} \cdot 1 + U_6 \cdot T_6 = 43,3 \cdot 1 + 10 \cdot 6 = 103,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{140} = W_{21} \cdot 1 + U_7 \cdot T_6 = 48,3 \cdot 1 + 15 \cdot 6 = 138,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{141} = W_{15} \cdot 1 + U_1 \cdot T_7 = 18,3 \cdot 1 - 15 \cdot 6,4 = -77,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{142} = W_{16} \cdot 1 + U_2 \cdot T_7 = 23,3 \cdot 1 - 10 \cdot 6,4 = -40,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{143} = W_{17} \cdot 1 + U_3 \cdot T_7 = 28,3 \cdot 1 - 5 \cdot 6,4 = -3,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{144} = W_{18} \cdot 1 + U_4 \cdot T_7 = 33,3 \cdot 1 + 0 \cdot 6,4 = 33,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{145} = W_{19} \cdot 1 + U_5 \cdot T_7 = 38,3 \cdot 1 + 5 \cdot 6,4 = 70,3 \text{ м};$
- $-\Delta L_{146} = W_{20} \cdot 1 + U_6 \cdot T_7 = 43,3 \cdot 1 + 10 \cdot 6,4 = 107,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{147} = W_{21} \cdot 1 + U_7 \cdot T_7 = 48,3 \cdot 1 + 15 \cdot 6,4 = 144,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{148} = W_{22} \cdot 1 + U_1 \cdot T_1 = 23,8 \cdot 1 - 15 \cdot 3,2 = -24,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{149} = W_{23} \cdot 1 + U_2 \cdot T_1 = 28,8 \cdot 1 - 10 \cdot 3,2 = -3,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{150} = W_{24} \cdot 1 + U_3 \cdot T_1 = 33,8 \cdot 1 - 5 \cdot 3,2 = 17,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{151} = W_{25} \cdot 1 + U_4 \cdot T_1 = 38,8 \cdot 1 + 0 \cdot 3,2 = 38,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{152} = W_{26} \cdot 1 + U_5 \cdot T_1 = 43,8 \cdot 1 + 5 \cdot 3,2 = 59,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{153} = W_{27} \cdot 1 + U_6 \cdot T_1 = 48,8 \cdot 1 + 10 \cdot 3,2 = 80,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{154} = W_{28} \cdot 1 + U_7 \cdot T_1 = 53,8 \cdot 1 + 15 \cdot 3,2 = 101,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{155} = W_{22} \cdot 1 + U_1 \cdot T_2 = 23,8 \cdot 1 - 15 \cdot 3,9 = -34,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{156} = W_{23} \cdot 1 + U_2 \cdot T_2 = 28,8 \cdot 1 - 10 \cdot 3,9 = -10,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{157} = W_{24} \cdot 1 + U_3 \cdot T_2 = 33,8 \cdot 1 - 5 \cdot 3,9 = 14,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{158} = W_{25} \cdot 1 + U_4 \cdot T_2 = 38,8 \cdot 1 + 0 \cdot 3,9 = 38,8 \text{ м};$

Продолжение Приложения Ж

- $\Delta L_{159} = W_{26} \cdot 1 + U_5 \cdot T_2 = 43,8 \cdot 1 + 5 \cdot 3,9 = 63,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{160} = W_{27} \cdot 1 + U_6 \cdot T_2 = 48,8 \cdot 1 + 10 \cdot 3,9 = 87,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{161} = W_{28} \cdot 1 + U_7 \cdot T_2 = 53,8 \cdot 1 + 15 \cdot 3,9 = 112,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{162} = W_{22} \cdot 1 + U_1 \cdot T_3 = 23,8 \cdot 1 - 15 \cdot 4,5 = -43,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{163} = W_{23} \cdot 1 + U_2 \cdot T_3 = 28,8 \cdot 1 - 10 \cdot 4,5 = -16,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{164} = W_{24} \cdot 1 + U_3 \cdot T_3 = 33,8 \cdot 1 - 5 \cdot 4,5 = 11,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{165} = W_{25} \cdot 1 + U_4 \cdot T_3 = 38,8 \cdot 1 + 0 \cdot 4,5 = 38,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{166} = W_{26} \cdot 1 + U_5 \cdot T_3 = 43,8 \cdot 1 + 5 \cdot 4,5 = 66,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{167} = W_{27} \cdot 1 + U_6 \cdot T_3 = 48,8 \cdot 1 + 10 \cdot 4,5 = 93,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{168} = W_{28} \cdot 1 + U_7 \cdot T_3 = 53,8 \cdot 1 + 15 \cdot 4,5 = 121,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{169} = W_{22} \cdot 1 + U_1 \cdot T_4 = 23,8 \cdot 1 - 15 \cdot 5,1 = -52,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{170} = W_{23} \cdot 1 + U_2 \cdot T_4 = 28,8 \cdot 1 - 10 \cdot 5,1 = -22,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{171} = W_{24} \cdot 1 + U_3 \cdot T_4 = 33,8 \cdot 1 - 5 \cdot 5,1 = 8,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{172} = W_{25} \cdot 1 + U_4 \cdot T_4 = 38,8 \cdot 1 + 0 \cdot 5,1 = 38,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{173} = W_{26} \cdot 1 + U_5 \cdot T_4 = 43,8 \cdot 1 + 5 \cdot 5,1 = 69,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{174} = W_{27} \cdot 1 + U_6 \cdot T_4 = 48,8 \cdot 1 + 10 \cdot 5,1 = 99,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{175} = W_{28} \cdot 1 + U_7 \cdot T_4 = 53,8 \cdot 1 + 15 \cdot 5,1 = 130,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{176} = W_{22} \cdot 1 + U_1 \cdot T_5 = 23,8 \cdot 1 - 15 \cdot 5,5 = -58,7 \text{ м};$
- $\Delta L_{177} = W_{23} \cdot 1 + U_2 \cdot T_5 = 28,8 \cdot 1 - 10 \cdot 5,5 = -26,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{178} = W_{24} \cdot 1 + U_3 \cdot T_5 = 33,8 \cdot 1 - 5 \cdot 5,5 = 6,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{179} = W_{25} \cdot 1 + U_4 \cdot T_5 = 38,8 \cdot 1 + 0 \cdot 5,5 = 38,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{180} = W_{26} \cdot 1 + U_5 \cdot T_5 = 43,8 \cdot 1 + 5 \cdot 5,5 = 71,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{181} = W_{27} \cdot 1 + U_6 \cdot T_5 = 48,8 \cdot 1 + 10 \cdot 5,5 = 103,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{182} = W_{28} \cdot 1 + U_7 \cdot T_5 = 53,8 \cdot 1 + 15 \cdot 5,5 = 136,3 \text{ м};$
- $\Delta L_{183} = W_{22} \cdot 1 + U_1 \cdot T_6 = 23,8 \cdot 1 - 15 \cdot 6 = -66,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{184} = W_{23} \cdot 1 + U_2 \cdot T_6 = 28,8 \cdot 1 - 10 \cdot 6 = -31,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{185} = W_{24} \cdot 1 + U_3 \cdot T_6 = 33,8 \cdot 1 - 5 \cdot 6 = 3,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{186} = W_{25} \cdot 1 + U_4 \cdot T_6 = 38,8 \cdot 1 + 0 \cdot 6 = 38,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{187} = W_{26} \cdot 1 + U_5 \cdot T_6 = 43,8 \cdot 1 + 5 \cdot 6 = 73,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{188} = W_{27} \cdot 1 + U_6 \cdot T_6 = 48,8 \cdot 1 + 10 \cdot 6 = 108,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{189} = W_{28} \cdot 1 + U_7 \cdot T_6 = 53,8 \cdot 1 + 15 \cdot 6 = 143,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{190} = W_{22} \cdot 1 + U_1 \cdot T_7 = 23,8 \cdot 1 - 15 \cdot 6,4 = -72,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{191} = W_{23} \cdot 1 + U_2 \cdot T_7 = 28,8 \cdot 1 - 10 \cdot 6,4 = -35,2 \text{ м};$
- $\Delta L_{192} = W_{24} \cdot 1 + U_3 \cdot T_7 = 33,8 \cdot 1 - 5 \cdot 6,4 = 1,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{193} = W_{25} \cdot 1 + U_4 \cdot T_7 = 38,8 \cdot 1 + 0 \cdot 6,4 = 38,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{194} = W_{26} \cdot 1 + U_5 \cdot T_7 = 43,8 \cdot 1 + 5 \cdot 6,4 = 75,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{195} = W_{27} \cdot 1 + U_6 \cdot T_7 = 48,8 \cdot 1 + 10 \cdot 6,4 = 112,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{196} = W_{28} \cdot 1 + U_7 \cdot T_7 = 53,8 \cdot 1 + 15 \cdot 6,4 = 149,8 \text{ м};$
- $\Delta L_{197} = W_{29} \cdot 1 + U_1 \cdot T_1 = 29,4 \cdot 1 - 15 \cdot 3,2 = -18,6 \text{ м};$
- $\Delta L_{198} = W_{30} \cdot 1 + U_2 \cdot T_1 = 34,4 \cdot 1 - 10 \cdot 3,2 = 2,4 \text{ м};$

Продолжение Приложения Ж

- $\Delta L_{199} = W_{31} \cdot 1 + U_3 \cdot T_1 = 39,4 \cdot 1 - 5 \cdot 3,2 = 23,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{200} = W_{32} \cdot 1 + U_4 \cdot T_1 = 44,4 \cdot 1 + 0 \cdot 3,2 = 44,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{201} = W_{33} \cdot 1 + U_5 \cdot T_1 = 49,4 \cdot 1 + 5 \cdot 3,2 = 65,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{202} = W_{34} \cdot 1 + U_6 \cdot T_1 = 54,4 \cdot 1 + 10 \cdot 3,2 = 86,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{203} = W_{35} \cdot 1 + U_7 \cdot T_1 = 59,4 \cdot 1 + 15 \cdot 3,2 = 107,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{204} = W_{29} \cdot 1 + U_1 \cdot T_2 = 29,4 \cdot 1 - 15 \cdot 3,9 = -29,1 \text{ м};$
- $\Delta L_{205} = W_{30} \cdot 1 + U_2 \cdot T_2 = 34,4 \cdot 1 - 10 \cdot 3,9 = -4,6 \text{ м};$
- $\Delta L_{206} = W_{31} \cdot 1 + U_3 \cdot T_2 = 39,4 \cdot 1 - 5 \cdot 3,9 = 19,9 \text{ м};$
- $\Delta L_{207} = W_{32} \cdot 1 + U_4 \cdot T_2 = 44,4 \cdot 1 + 0 \cdot 3,9 = 44,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{208} = W_{33} \cdot 1 + U_5 \cdot T_2 = 49,4 \cdot 1 + 5 \cdot 3,9 = 68,9 \text{ м};$
- $\Delta L_{209} = W_{34} \cdot 1 + U_6 \cdot T_2 = 54,4 \cdot 1 + 10 \cdot 3,9 = 93,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{210} = W_{35} \cdot 1 + U_7 \cdot T_2 = 59,4 \cdot 1 + 15 \cdot 3,9 = 117,9 \text{ м};$
- $\Delta L_{211} = W_{29} \cdot 1 + U_1 \cdot T_3 = 29,4 \cdot 1 - 15 \cdot 4,5 = -38,1 \text{ м};$
- $\Delta L_{212} = W_{30} \cdot 1 + U_2 \cdot T_3 = 34,4 \cdot 1 - 10 \cdot 4,5 = -10,6 \text{ м};$
- $\Delta L_{213} = W_{31} \cdot 1 + U_3 \cdot T_3 = 39,4 \cdot 1 - 5 \cdot 4,5 = 16,9 \text{ м};$
- $\Delta L_{214} = W_{32} \cdot 1 + U_4 \cdot T_3 = 44,4 \cdot 1 + 0 \cdot 4,5 = 44,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{215} = W_{33} \cdot 1 + U_5 \cdot T_3 = 49,4 \cdot 1 + 5 \cdot 4,5 = 71,9 \text{ м};$
- $\Delta L_{216} = W_{34} \cdot 1 + U_6 \cdot T_3 = 54,4 \cdot 1 + 10 \cdot 4,5 = 99,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{217} = W_{35} \cdot 1 + U_7 \cdot T_3 = 59,4 \cdot 1 + 15 \cdot 4,5 = 126,9 \text{ м};$
- $\Delta L_{218} = W_{29} \cdot 1 + U_1 \cdot T_4 = 29,4 \cdot 1 - 15 \cdot 5,1 = -47,1 \text{ м};$
- $\Delta L_{219} = W_{30} \cdot 1 + U_2 \cdot T_4 = 34,4 \cdot 1 - 10 \cdot 5,1 = -16,6 \text{ м};$
- $\Delta L_{220} = W_{31} \cdot 1 + U_3 \cdot T_4 = 39,4 \cdot 1 - 5 \cdot 5,1 = 13,9 \text{ м};$
- $\Delta L_{221} = W_{32} \cdot 1 + U_4 \cdot T_4 = 44,4 \cdot 1 + 0 \cdot 5,1 = 44,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{222} = W_{33} \cdot 1 + U_5 \cdot T_4 = 49,4 \cdot 1 + 5 \cdot 5,1 = 74,9 \text{ м};$
- $\Delta L_{223} = W_{34} \cdot 1 + U_6 \cdot T_4 = 54,4 \cdot 1 + 10 \cdot 5,1 = 105,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{224} = W_{35} \cdot 1 + U_7 \cdot T_4 = 59,4 \cdot 1 + 15 \cdot 5,1 = 135,9 \text{ м};$
- $\Delta L_{225} = W_{29} \cdot 1 + U_1 \cdot T_5 = 29,4 \cdot 1 - 15 \cdot 5,5 = -53,1 \text{ м};$
- $\Delta L_{226} = W_{30} \cdot 1 + U_2 \cdot T_5 = 34,4 \cdot 1 - 10 \cdot 5,5 = -20,6 \text{ м};$
- $\Delta L_{227} = W_{31} \cdot 1 + U_3 \cdot T_5 = 39,4 \cdot 1 - 5 \cdot 5,5 = 11,9 \text{ м};$
- $\Delta L_{228} = W_{32} \cdot 1 + U_4 \cdot T_5 = 44,4 \cdot 1 + 0 \cdot 5,5 = 44,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{229} = W_{33} \cdot 1 + U_5 \cdot T_5 = 49,4 \cdot 1 + 5 \cdot 5,5 = 76,9 \text{ м};$
- $\Delta L_{230} = W_{34} \cdot 1 + U_6 \cdot T_5 = 54,4 \cdot 1 + 10 \cdot 5,5 = 109,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{231} = W_{35} \cdot 1 + U_7 \cdot T_5 = 59,4 \cdot 1 + 15 \cdot 5,5 = 141,9 \text{ м};$
- $\Delta L_{232} = W_{29} \cdot 1 + U_1 \cdot T_6 = 29,4 \cdot 1 - 15 \cdot 6 = -60,6 \text{ м};$
- $\Delta L_{233} = W_{30} \cdot 1 + U_2 \cdot T_6 = 34,4 \cdot 1 - 10 \cdot 6 = -25,6 \text{ м};$
- $\Delta L_{234} = W_{31} \cdot 1 + U_3 \cdot T_6 = 39,4 \cdot 1 - 5 \cdot 6 = 9,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{235} = W_{32} \cdot 1 + U_4 \cdot T_6 = 44,4 \cdot 1 + 0 \cdot 6 = 44,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{236} = W_{33} \cdot 1 + U_5 \cdot T_6 = 49,4 \cdot 1 + 5 \cdot 6 = 79,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{237} = W_{34} \cdot 1 + U_6 \cdot T_6 = 54,4 \cdot 1 + 10 \cdot 6 = 114,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{238} = W_{35} \cdot 1 + U_7 \cdot T_6 = 59,4 \cdot 1 + 15 \cdot 6 = 149,4 \text{ м};$

Продолжение Приложения Ж

- $\Delta L_{239} = W_{29} \cdot 1 + U_1 \cdot T_7 = 29,4 \cdot 1 - 15 \cdot 6,4 = -66,6 \text{ м};$
- $\Delta L_{240} = W_{30} \cdot 1 + U_2 \cdot T_7 = 34,4 \cdot 1 - 10 \cdot 6,4 = -29,6 \text{ м};$
- $\Delta L_{241} = W_{31} \cdot 1 + U_3 \cdot T_7 = 39,4 \cdot 1 - 5 \cdot 6,4 = 7,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{242} = W_{32} \cdot 1 + U_4 \cdot T_7 = 44,4 \cdot 1 + 0 \cdot 6,4 = 44,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{243} = W_{33} \cdot 1 + U_5 \cdot T_7 = 49,4 \cdot 1 + 5 \cdot 6,4 = 81,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{244} = W_{34} \cdot 1 + U_6 \cdot T_7 = 54,4 \cdot 1 + 10 \cdot 6,4 = 118,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{245} = W_{35} \cdot 1 + U_7 \cdot T_7 = 59,4 \cdot 1 + 15 \cdot 6,4 = 155,4 \text{ м};$
- $\Delta L_{246} = W_{36} \cdot 1 + U_1 \cdot T_1 = 35 \cdot 1 - 15 \cdot 3,2 = -13 \text{ м};$
- $\Delta L_{247} = W_{37} \cdot 1 + U_2 \cdot T_1 = 40 \cdot 1 - 10 \cdot 3,2 = 8 \text{ м};$
- $\Delta L_{248} = W_{38} \cdot 1 + U_3 \cdot T_1 = 45 \cdot 1 - 5 \cdot 3,2 = 29 \text{ м};$
- $\Delta L_{249} = W_{39} \cdot 1 + U_4 \cdot T_1 = 50 \cdot 1 + 0 \cdot 3,2 = 50 \text{ м};$
- $\Delta L_{250} = W_{40} \cdot 1 + U_5 \cdot T_1 = 55 \cdot 1 + 5 \cdot 3,2 = 71 \text{ м};$
- $\Delta L_{251} = W_{41} \cdot 1 + U_6 \cdot T_1 = 60 \cdot 1 + 10 \cdot 3,2 = 92 \text{ м};$
- $\Delta L_{252} = W_{42} \cdot 1 + U_7 \cdot T_1 = 65 \cdot 1 + 15 \cdot 3,2 = 113 \text{ м};$
- $\Delta L_{253} = W_{36} \cdot 1 + U_1 \cdot T_2 = 35 \cdot 1 - 15 \cdot 3,9 = -23,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{254} = W_{37} \cdot 1 + U_2 \cdot T_2 = 40 \cdot 1 - 10 \cdot 3,9 = 1 \text{ м};$
- $\Delta L_{255} = W_{38} \cdot 1 + U_3 \cdot T_2 = 45 \cdot 1 - 5 \cdot 3,9 = 25,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{256} = W_{39} \cdot 1 + U_4 \cdot T_2 = 50 \cdot 1 + 0 \cdot 3,9 = 50 \text{ м};$
- $\Delta L_{257} = W_{40} \cdot 1 + U_5 \cdot T_2 = 55 \cdot 1 + 5 \cdot 3,9 = 74,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{258} = W_{41} \cdot 1 + U_6 \cdot T_2 = 60 \cdot 1 + 10 \cdot 3,9 = 99 \text{ м};$
- $\Delta L_{259} = W_{42} \cdot 1 + U_7 \cdot T_2 = 65 \cdot 1 + 15 \cdot 3,9 = 123,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{260} = W_{36} \cdot 1 + U_1 \cdot T_3 = 35 \cdot 1 - 15 \cdot 4,5 = -32,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{261} = W_{37} \cdot 1 + U_2 \cdot T_3 = 40 \cdot 1 - 10 \cdot 4,5 = -5 \text{ м};$
- $\Delta L_{262} = W_{38} \cdot 1 + U_3 \cdot T_3 = 45 \cdot 1 - 5 \cdot 4,5 = 22,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{263} = W_{39} \cdot 1 + U_4 \cdot T_3 = 50 \cdot 1 + 0 \cdot 4,5 = 50 \text{ м};$
- $\Delta L_{264} = W_{40} \cdot 1 + U_5 \cdot T_3 = 55 \cdot 1 + 5 \cdot 4,5 = 77,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{265} = W_{41} \cdot 1 + U_6 \cdot T_3 = 60 \cdot 1 + 10 \cdot 4,5 = 105 \text{ м};$
- $\Delta L_{266} = W_{42} \cdot 1 + U_7 \cdot T_3 = 65 \cdot 1 + 15 \cdot 4,5 = 132,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{267} = W_{36} \cdot 1 + U_1 \cdot T_4 = 35 \cdot 1 - 15 \cdot 5,1 = -41,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{268} = W_{37} \cdot 1 + U_2 \cdot T_4 = 40 \cdot 1 - 10 \cdot 5,1 = -11 \text{ м};$
- $\Delta L_{269} = W_{38} \cdot 1 + U_3 \cdot T_4 = 45 \cdot 1 - 5 \cdot 5,1 = 19,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{270} = W_{39} \cdot 1 + U_4 \cdot T_4 = 50 \cdot 1 + 0 \cdot 5,1 = 50 \text{ м};$
- $\Delta L_{271} = W_{40} \cdot 1 + U_5 \cdot T_4 = 55 \cdot 1 + 5 \cdot 5,1 = 80,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{272} = W_{41} \cdot 1 + U_6 \cdot T_4 = 60 \cdot 1 + 10 \cdot 5,1 = 111 \text{ м};$
- $\Delta L_{273} = W_{42} \cdot 1 + U_7 \cdot T_4 = 65 \cdot 1 + 15 \cdot 5,1 = 141,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{274} = W_{36} \cdot 1 + U_1 \cdot T_5 = 35 \cdot 1 - 15 \cdot 5,5 = -47,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{275} = W_{37} \cdot 1 + U_2 \cdot T_5 = 40 \cdot 1 - 10 \cdot 5,5 = -15 \text{ м};$
- $\Delta L_{276} = W_{38} \cdot 1 + U_3 \cdot T_5 = 45 \cdot 1 - 5 \cdot 5,5 = 17,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{277} = W_{39} \cdot 1 + U_4 \cdot T_5 = 50 \cdot 1 + 0 \cdot 5,5 = 50 \text{ м};$
- $\Delta L_{278} = W_{40} \cdot 1 + U_5 \cdot T_5 = 55 \cdot 1 + 5 \cdot 5,5 = 82,5 \text{ м};$

Продолжение Приложения Ж

- $\Delta L_{279} = W_{41} \cdot 1 + U_6 \cdot T_5 = 60 \cdot 1 + 10 \cdot 5,5 = 115 \text{ м};$
- $\Delta L_{280} = W_{42} \cdot 1 + U_7 \cdot T_5 = 65 \cdot 1 + 15 \cdot 5,5 = 147,5 \text{ м};$
- $\Delta L_{281} = W_{36} \cdot 1 + U_1 \cdot T_6 = 35 \cdot 1 - 15 \cdot 6 = -55 \text{ м};$
- $\Delta L_{282} = W_{37} \cdot 1 + U_2 \cdot T_6 = 40 \cdot 1 - 10 \cdot 6 = -20 \text{ м};$
- $\Delta L_{283} = W_{38} \cdot 1 + U_3 \cdot T_6 = 45 \cdot 1 - 5 \cdot 6 = 15 \text{ м};$
- $\Delta L_{284} = W_{39} \cdot 1 + U_4 \cdot T_6 = 50 \cdot 1 + 0 \cdot 6 = 50 \text{ м};$
- $\Delta L_{285} = W_{40} \cdot 1 + U_5 \cdot T_6 = 55 \cdot 1 + 5 \cdot 6 = 85 \text{ м};$
- $\Delta L_{286} = W_{41} \cdot 1 + U_6 \cdot T_6 = 60 \cdot 1 + 10 \cdot 6 = 120 \text{ м};$
- $\Delta L_{287} = W_{42} \cdot 1 + U_7 \cdot T_6 = 65 \cdot 1 + 15 \cdot 6 = 155 \text{ м};$
- $\Delta L_{288} = W_{36} \cdot 1 + U_1 \cdot T_7 = 35 \cdot 1 - 15 \cdot 6,4 = -61 \text{ м};$
- $\Delta L_{289} = W_{37} \cdot 1 + U_2 \cdot T_7 = 40 \cdot 1 - 10 \cdot 6,4 = -24 \text{ м};$
- $\Delta L_{290} = W_{38} \cdot 1 + U_3 \cdot T_7 = 45 \cdot 1 - 5 \cdot 6,4 = 13 \text{ м};$
- $\Delta L_{291} = W_{39} \cdot 1 + U_4 \cdot T_7 = 50 \cdot 1 + 0 \cdot 6,4 = 50 \text{ м};$
- $\Delta L_{292} = W_{40} \cdot 1 + U_5 \cdot T_7 = 55 \cdot 1 + 5 \cdot 6,4 = 87 \text{ м};$
- $\Delta L_{293} = W_{41} \cdot 1 + U_6 \cdot T_7 = 60 \cdot 1 + 10 \cdot 6,4 = 124 \text{ м};$
- $\Delta L_{294} = W_{42} \cdot 1 + U_7 \cdot T_7 = 65 \cdot 1 + 15 \cdot 6,4 = 161 \text{ м}.$

Приложение И

Расчет времени задержки сброса воды относительно точки начала возгорания (пожара)

- $\Delta T_1 = \Delta L_1 / W_1 = -40,8 / 7,2 = -5,7$ с;
- $\Delta T_2 = \Delta L_2 / W_2 = -19,8 / 12,2 = -1,6$ с;
- $\Delta T_3 = \Delta L_3 / W_3 = -3,8 / 17,2 = -0,2$ с;
- $\Delta T_4 = \Delta L_4 / W_4 = 22,2 / 22,2 = 1$ с;
- $\Delta T_5 = \Delta L_5 / W_5 = 43,2 / 27,2 = 1,6$ с;
- $\Delta T_6 = \Delta L_6 / W_6 = 64,2 / 32,2 = 2$ с;
- $\Delta T_7 = \Delta L_7 / W_7 = 85,2 / 37,2 = 2,3$ с;
- $\Delta T_8 = \Delta L_8 / W_1 = -51,3 / 7,2 = -7,1$ с;
- $\Delta T_9 = \Delta L_9 / W_2 = -31,8 / 12,2 = -1,6$ с;
- $\Delta T_{10} = \Delta L_{10} / W_3 = -2,3 / 17,2 = -0,2$ с;
- $\Delta T_{11} = \Delta L_{11} / W_4 = 22,2 / 22,2 = 1$ с;
- $\Delta T_{12} = \Delta L_{12} / W_5 = 46,7 / 27,2 = 1,7$ с;
- $\Delta T_{13} = \Delta L_{13} / W_6 = 71,2 / 32,2 = 2,2$ с;
- $\Delta T_{14} = \Delta L_{14} / W_7 = 95,7 / 37,2 = 2,6$ с;
- $\Delta T_{15} = \Delta L_{15} / W_1 = -60,3 / 7,2 = -8,4$ с;
- $\Delta T_{16} = \Delta L_{16} / W_2 = -32,8 / 12,2 = -2,7$ с;
- $\Delta T_{17} = \Delta L_{17} / W_3 = -5,3 / 17,2 = -0,3$ с;
- $\Delta T_{18} = \Delta L_{18} / W_4 = 22,2 / 22,2 = 1$ с;
- $\Delta T_{19} = \Delta L_{19} / W_5 = 49,7 / 27,2 = 1,8$ с;
- $\Delta T_{20} = \Delta L_{20} / W_6 = 77,2 / 32,2 = 2,4$ с;
- $\Delta T_{21} = \Delta L_{21} / W_7 = 104,4 / 37,2 = 2,8$ с;
- $\Delta T_{22} = \Delta L_{22} / W_1 = -69,3 / 7,2 = -9,6$ с;
- $\Delta T_{23} = \Delta L_{23} / W_2 = -38,8 / 12,2 = -3,2$ с;
- $\Delta T_{24} = \Delta L_{24} / W_3 = -8,3 / 17,2 = -0,5$ с;
- $\Delta T_{25} = \Delta L_{25} / W_4 = 22,2 / 22,2 = 1$ с;
- $\Delta T_{26} = \Delta L_{26} / W_5 = 52,7 / 27,2 = 1,9$ с;
- $\Delta T_{27} = \Delta L_{27} / W_6 = 88,2 / 32,2 = 2,7$ с;
- $\Delta T_{28} = \Delta L_{28} / W_7 = 113,7 / 37,2 = 3,1$ с;
- $\Delta T_{29} = \Delta L_{29} / W_1 = -75,3 / 7,2 = -10,5$ с;
- $\Delta T_{30} = \Delta L_{30} / W_2 = -42,8 / 12,2 = -3,5$ с;
- $\Delta T_{31} = \Delta L_{31} / W_3 = -10,3 / 17,2 = -0,6$ с;
- $\Delta T_{32} = \Delta L_{32} / W_4 = 22,2 / 22,2 = 1$ с;
- $\Delta T_{33} = \Delta L_{33} / W_5 = 54,7 / 27,2 = 2$ с;
- $\Delta T_{34} = \Delta L_{34} / W_6 = 87,2 / 32,2 = 2,7$ с;
- $\Delta T_{35} = \Delta L_{35} / W_7 = 119,7 / 37,2 = 3,2$ с;
- $\Delta T_{36} = \Delta L_{36} / W_1 = -82,8 / 7,2 = -11,5$ с;

Продолжение Приложения И

- $\Delta T_{37} = \Delta L_{37} / W_2 = -47,8 / 12,2 = -3,9$ с;
- $\Delta T_{38} = \Delta L_{38} / W_3 = -12,8 / 17,2 = -0,7$ с;
- $\Delta T_{39} = \Delta L_{39} / W_4 = 22,2 / 22,2 = 1$ с;
- $\Delta T_{40} = \Delta L_{40} / W_5 = 57,2 / 27,2 = 2,1$ с;
- $\Delta T_{41} = \Delta L_{41} / W_6 = 92,2 / 32,2 = 2,9$ с;
- $\Delta T_{42} = \Delta L_{42} / W_7 = 127,2 / 37,2 = 3,4$ с;
- $\Delta T_{43} = \Delta L_{43} / W_1 = -88,8 / 7,2 = -12,3$ с;
- $\Delta T_{44} = \Delta L_{44} / W_2 = -51,8 / 12,2 = -4,3$ с;
- $\Delta T_{45} = \Delta L_{45} / W_3 = -14,8 / 17,2 = -0,9$ с;
- $\Delta T_{46} = \Delta L_{46} / W_4 = 22,2 / 22,2 = 1$ с;
- $\Delta T_{47} = \Delta L_{47} / W_5 = 59,2 / 27,2 = 2,2$ с;
- $\Delta T_{48} = \Delta L_{48} / W_6 = 96,2 / 32,2 = 3$ с;
- $\Delta T_{49} = \Delta L_{49} / W_7 = 133,2 / 37,2 = 3,6$ с;
- $\Delta T_{50} = \Delta L_{50} / W_8 = -35,3 / 12,7 = -2,8$ с;
- $\Delta T_{51} = \Delta L_{51} / W_9 = -14,3 / 17,7 = -0,8$ с;
- $\Delta T_{52} = \Delta L_{52} / W_{10} = 6,7 / 22,7 = 0,3$ с;
- $\Delta T_{53} = \Delta L_{53} / W_{11} = 27,7 / 27,7 = 1$ с;
- $\Delta T_{54} = \Delta L_{54} / W_{12} = 48,7 / 32,7 = 1,5$ с;
- $\Delta T_{55} = \Delta L_{55} / W_{13} = 69,7 / 37,7 = 1,9$ с;
- $\Delta T_{56} = \Delta L_{56} / W_{14} = 90,7 / 42,7 = 2,1$ с;
- $\Delta T_{57} = \Delta L_{57} / W_8 = -45,8 / 12,7 = -3,6$ с;
- $\Delta T_{58} = \Delta L_{58} / W_9 = -21,3 / 17,7 = -1,2$ с;
- $\Delta T_{59} = \Delta L_{59} / W_{10} = 3,2 / 22,7 = 0,1$ с;
- $\Delta T_{60} = \Delta L_{60} / W_{11} = 27,7 / 27,7 = 1$ с;
- $\Delta T_{61} = \Delta L_{61} / W_{12} = 52,2 / 32,7 = 1,6$ с;
- $\Delta T_{62} = \Delta L_{62} / W_{13} = 76,7 / 37,7 = 2$ с;
- $\Delta T_{63} = \Delta L_{63} / W_{14} = 101,2 / 42,7 = 2,4$ с;
- $\Delta T_{64} = \Delta L_{64} / W_8 = -54,8 / 12,7 = -4,3$ с;
- $\Delta T_{65} = \Delta L_{65} / W_9 = -27,3 / 17,7 = -1,5$ с;
- $\Delta T_{66} = \Delta L_{66} / W_{10} = 0,2 / 22,7 = 0$ с;
- $\Delta T_{67} = \Delta L_{67} / W_{11} = 27,7 / 27,7 = 1$ с;
- $\Delta T_{68} = \Delta L_{68} / W_{12} = 55,2 / 32,7 = 1,7$ с;
- $\Delta T_{69} = \Delta L_{69} / W_{13} = 82,7 / 37,7 = 2,2$ с;
- $\Delta T_{70} = \Delta L_{70} / W_{14} = 110,2 / 42,7 = 2,6$ с;
- $\Delta T_{71} = \Delta L_{71} / W_8 = -63,8 / 12,7 = -5$ с;
- $\Delta T_{72} = \Delta L_{72} / W_9 = -33,3 / 17,7 = -1,9$ с;
- $\Delta T_{73} = \Delta L_{73} / W_{10} = -2,8 / 22,7 = -0,1$ с;
- $\Delta T_{74} = \Delta L_{74} / W_{11} = 27,7 / 27,7 = 1$ с;
- $\Delta T_{75} = \Delta L_{75} / W_{12} = 63,2 / 32,7 = 1,9$ с;
- $\Delta T_{76} = \Delta L_{76} / W_{13} = 88,7 / 37,7 = 2,4$ с;

Продолжение Приложения И

- $\Delta T_{77} = \Delta L_{77} / W_{14} = 119,2 / 42,7 = 2,8$ с;
- $\Delta T_{78} = \Delta L_{78} / W_8 = -69,8 / 12,7 = -5,5$ с;
- $\Delta T_{79} = \Delta L_{79} / W_9 = -37,3 / 17,7 = -2,1$ с;
- $\Delta T_{80} = \Delta L_{80} / W_{10} = -4,8 / 22,7 = -0,2$ с;
- $\Delta T_{81} = \Delta L_{81} / W_{11} = 27,7 / 27,7 = 1$ с;
- $\Delta T_{82} = \Delta L_{82} / W_{12} = 60,2 / 32,7 = 1,8$ с;
- $\Delta T_{83} = \Delta L_{83} / W_{13} = 92,7 / 37,7 = 2,5$ с;
- $\Delta T_{84} = \Delta L_{84} / W_{14} = 125,2 / 42,7 = 2,9$ с;
- $\Delta T_{85} = \Delta L_{85} / W_8 = -77,3 / 12,7 = -6,1$ с;
- $\Delta T_{86} = \Delta L_{86} / W_9 = -42,3 / 17,7 = -2,4$ с;
- $\Delta T_{87} = \Delta L_{87} / W_{10} = -7,3 / 22,7 = -0,3$ с;
- $\Delta T_{88} = \Delta L_{88} / W_{11} = 27,7 / 27,7 = 1$ с;
- $\Delta T_{89} = \Delta L_{89} / W_{12} = 62,7 / 32,7 = 1,9$ с;
- $\Delta T_{90} = \Delta L_{90} / W_{13} = 97,7 / 37,7 = 2,6$ с;
- $\Delta T_{91} = \Delta L_{91} / W_{14} = 132,7 / 42,7 = 3,1$ с;
- $\Delta T_{92} = \Delta L_{92} / W_8 = -83,3 / 12,7 = -6,6$ с;
- $\Delta T_{93} = \Delta L_{93} / W_9 = -46,3 / 17,7 = -2,6$ с;
- $\Delta T_{94} = \Delta L_{94} / W_{10} = -9,3 / 22,7 = -0,4$ с;
- $\Delta T_{95} = \Delta L_{95} / W_{11} = 27,7 / 27,7 = 1$ с;
- $\Delta T_{96} = \Delta L_{96} / W_{12} = 64,7 / 32,7 = 2$ с;
- $\Delta T_{97} = \Delta L_{97} / W_{13} = 101,7 / 37,7 = 2,7$ с;
- $\Delta T_{98} = \Delta L_{98} / W_{14} = 138,7 / 42,7 = 3,3$ с;
- $\Delta T_{99} = \Delta L_{99} / W_{15} = -29,7 / 18,3 = -1,6$ с;
- $\Delta T_{100} = \Delta L_{100} / W_{16} = -8,7 / 23,3 = -0,4$ с;
- $\Delta T_{101} = \Delta L_{101} / W_{17} = 12,3 / 28,3 = 0,4$ с;
- $\Delta T_{102} = \Delta L_{102} / W_{18} = 33,3 / 33,3 = 1$ с;
- $\Delta T_{103} = \Delta L_{103} / W_{19} = 54,3 / 38,3 = 1,4$ с;
- $\Delta T_{104} = \Delta L_{104} / W_{20} = 75,3 / 43,3 = 1,7$ с;
- $\Delta T_{105} = \Delta L_{105} / W_{21} = 96,3 / 48,3 = 2$ с;
- $\Delta T_{106} = \Delta L_{106} / W_{15} = -40,2 / 18,3 = -2,2$ с;
- $\Delta T_{107} = \Delta L_{107} / W_{16} = -15,7 / 23,3 = -0,7$ с;
- $\Delta T_{108} = \Delta L_{108} / W_{17} = 8,8 / 28,3 = 0,3$ с;
- $\Delta T_{109} = \Delta L_{109} / W_{18} = 33,3 / 33,3 = 1$ с;
- $\Delta T_{110} = \Delta L_{110} / W_{19} = 57,8 / 38,3 = 1,5$ с;
- $\Delta T_{111} = \Delta L_{111} / W_{20} = 82,3 / 43,3 = 1,9$ с;
- $\Delta T_{112} = \Delta L_{112} / W_{21} = 106,8 / 48,3 = 2,2$ с;
- $\Delta T_{113} = \Delta L_{113} / W_{15} = -49,2 / 18,3 = -2,7$ с;
- $\Delta T_{114} = \Delta L_{114} / W_{16} = -21,7 / 23,3 = -0,9$ с;
- $\Delta T_{115} = \Delta L_{115} / W_{17} = 5,8 / 28,3 = 0,2$ с;
- $\Delta T_{116} = \Delta L_{116} / W_{18} = 33,3 / 33,3 = 1$ с;

Продолжение Приложения И

- $\Delta T_{117} = \Delta L_{117} / W_{19} = 60,8 / 38,3 = 1,6$ с;
- $\Delta T_{118} = \Delta L_{118} / W_{20} = 88,3 / 43,3 = 2$ с;
- $\Delta T_{119} = \Delta L_{119} / W_{21} = 115,8 / 48,3 = 2,4$ с;
- $\Delta T_{120} = \Delta L_{120} / W_{15} = -58,2 / 18,3 = -3,2$ с;
- $\Delta T_{121} = \Delta L_{121} / W_{16} = -27,7 / 23,3 = -1,2$ с;
- $\Delta T_{122} = \Delta L_{122} / W_{17} = 2,8 / 28,3 = 0,1$ с;
- $\Delta T_{123} = \Delta L_{123} / W_{18} = 33,3 / 33,3 = 1$ с;
- $\Delta T_{124} = \Delta L_{124} / W_{19} = 63,8 / 38,3 = 1,7$ с;
- $\Delta T_{125} = \Delta L_{125} / W_{20} = 94,3 / 43,3 = 2,2$ с;
- $\Delta T_{126} = \Delta L_{126} / W_{21} = 124,8 / 48,3 = 2,6$ с;
- $\Delta T_{127} = \Delta L_{127} / W_{15} = -64,2 / 18,3 = -3,5$ с;
- $\Delta T_{128} = \Delta L_{128} / W_{16} = -31,7 / 23,3 = -1,4$ с;
- $\Delta T_{129} = \Delta L_{129} / W_{17} = 0,8 / 28,3 = 0$ с;
- $\Delta T_{130} = \Delta L_{130} / W_{18} = 33,3 / 33,3 = 1$ с;
- $\Delta T_{131} = \Delta L_{131} / W_{19} = 65,8 / 38,3 = 1,7$ с;
- $\Delta T_{132} = \Delta L_{132} / W_{20} = 98,3 / 43,3 = 2,3$ с;
- $\Delta T_{133} = \Delta L_{133} / W_{21} = 130,8 / 48,3 = 2,7$ с;
- $\Delta T_{134} = \Delta L_{134} / W_{15} = -71,7 / 18,3 = -3,9$ с;
- $\Delta T_{135} = \Delta L_{135} / W_{16} = -36,7 / 23,3 = -1,6$ с;
- $\Delta T_{136} = \Delta L_{136} / W_{17} = -1,7 / 28,3 = -0,1$ с;
- $\Delta T_{137} = \Delta L_{137} / W_{18} = 33,3 / 33,3 = 1$ с;
- $\Delta T_{138} = \Delta L_{138} / W_{19} = 68,3 / 38,3 = 1,8$ с;
- $\Delta T_{139} = \Delta L_{139} / W_{20} = 103,3 / 43,3 = 2,4$ с;
- $\Delta T_{140} = \Delta L_{140} / W_{21} = 138,3 / 48,3 = 2,9$ с;
- $\Delta T_{141} = \Delta L_{141} / W_{15} = -77,7 / 18,3 = -4,3$ с;
- $\Delta T_{142} = \Delta L_{142} / W_{16} = -40,7 / 23,3 = -1,8$ с;
- $\Delta T_{143} = \Delta L_{143} / W_{17} = -3,7 / 28,3 = -0,1$ с;
- $\Delta T_{144} = \Delta L_{144} / W_{18} = 33,3 / 33,3 = 1$ с;
- $\Delta T_{145} = \Delta L_{145} / W_{19} = 70,3 / 38,3 = 1,8$ с;
- $\Delta T_{146} = \Delta L_{146} / W_{20} = 107,3 / 43,3 = 2,5$ с;
- $\Delta T_{147} = \Delta L_{147} / W_{21} = 144,3 / 48,3 = 3$ с;
- $\Delta T_{148} = \Delta L_{148} / W_{22} = -24,2 / 23,8 = -1$ с;
- $\Delta T_{149} = \Delta L_{149} / W_{23} = -3,2 / 28,8 = -0,1$ с;
- $\Delta T_{150} = \Delta L_{150} / W_{24} = 17,8 / 33,8 = 0,5$ с;
- $\Delta T_{151} = \Delta L_{151} / W_{25} = 38,8 / 38,8 = 1$ с;
- $\Delta T_{152} = \Delta L_{152} / W_{26} = 59,8 / 43,8 = 1,4$ с;
- $\Delta T_{153} = \Delta L_{153} / W_{27} = 80,8 / 48,8 = 1,7$ с;
- $\Delta T_{154} = \Delta L_{154} / W_{28} = 101,8 / 53,8 = 1,9$ с;
- $\Delta T_{155} = \Delta L_{155} / W_{22} = -34,7 / 23,8 = -1,5$ с;
- $\Delta T_{156} = \Delta L_{156} / W_{23} = -10,2 / 28,8 = -0,4$ с;

Продолжение Приложения И

- $\Delta T_{157} = \Delta L_{157} / W_{24} = 14,3 / 33,8 = 0,4$ с;
- $\Delta T_{158} = \Delta L_{158} / W_{25} = 38,8 / 38,8 = 1$ с;
- $\Delta T_{159} = \Delta L_{159} / W_{26} = 63,3 / 43,8 = 1,5$ с;
- $\Delta T_{160} = \Delta L_{160} / W_{27} = 87,8 / 48,8 = 1,8$ с;
- $\Delta T_{161} = \Delta L_{161} / W_{28} = 112,3 / 53,8 = 2,1$ с;
- $\Delta T_{162} = \Delta L_{162} / W_{22} = -43,7 / 23,8 = -1,8$ с;
- $\Delta T_{163} = \Delta L_{163} / W_{23} = -16,2 / 28,8 = -0,6$ с;
- $\Delta T_{164} = \Delta L_{164} / W_{24} = 11,3 / 33,8 = 0,3$ с;
- $\Delta T_{165} = \Delta L_{165} / W_{25} = 38,8 / 38,8 = 1$ с;
- $\Delta T_{166} = \Delta L_{166} / W_{26} = 66,3 / 43,8 = 1,5$ с;
- $\Delta T_{167} = \Delta L_{167} / W_{27} = 93,8 / 48,8 = 1,9$ с;
- $\Delta T_{168} = \Delta L_{168} / W_{28} = 121,3 / 53,8 = 2,3$ с;
- $\Delta T_{169} = \Delta L_{169} / W_{22} = -52,7 / 23,8 = -2,2$ с;
- $\Delta T_{170} = \Delta L_{170} / W_{23} = -22,2 / 28,8 = -0,8$ с;
- $\Delta T_{171} = \Delta L_{171} / W_{24} = 8,3 / 33,8 = 0,3$ с;
- $\Delta T_{172} = \Delta L_{172} / W_{25} = 38,8 / 38,8 = 1$ с;
- $\Delta T_{173} = \Delta L_{173} / W_{26} = 69,3 / 43,8 = 1,6$ с;
- $\Delta T_{174} = \Delta L_{174} / W_{27} = 99,8 / 48,8 = 2,1$ с;
- $\Delta T_{175} = \Delta L_{175} / W_{28} = 130,3 / 53,8 = 2,4$ с;
- $\Delta T_{176} = \Delta L_{176} / W_{22} = -58,7 / 23,8 = -2,5$ с;
- $\Delta T_{177} = \Delta L_{177} / W_{23} = -26,2 / 28,8 = -0,9$ с;
- $\Delta T_{178} = \Delta L_{178} / W_{24} = 6,3 / 33,8 = 0,2$ с;
- $\Delta T_{179} = \Delta L_{179} / W_{25} = 38,8 / 38,8 = 1$ с;
- $\Delta T_{180} = \Delta L_{180} / W_{26} = 71,3 / 43,8 = 1,6$ с;
- $\Delta T_{181} = \Delta L_{181} / W_{27} = 103,8 / 48,8 = 2,1$ с;
- $\Delta T_{182} = \Delta L_{182} / W_{28} = 136,8 / 53,8 = 2,5$ с;
- $\Delta T_{183} = \Delta L_{183} / W_{22} = -66,2 / 23,8 = -2,8$ с;
- $\Delta T_{184} = \Delta L_{184} / W_{23} = -31,2 / 28,8 = -1,1$ с;
- $\Delta T_{185} = \Delta L_{185} / W_{24} = 3,8 / 33,8 = 0,1$ с;
- $\Delta T_{186} = \Delta L_{186} / W_{25} = 38,8 / 38,8 = 1$ с;
- $\Delta T_{187} = \Delta L_{187} / W_{26} = 73,8 / 43,8 = 1,7$ с;
- $\Delta T_{188} = \Delta L_{188} / W_{27} = 108,8 / 48,8 = 2,2$ с;
- $\Delta T_{189} = \Delta L_{189} / W_{28} = 143,8 / 53,8 = 2,7$ с;
- $\Delta T_{190} = \Delta L_{190} / W_{22} = -72,2 / 23,8 = -3$ с;
- $\Delta T_{191} = \Delta L_{191} / W_{23} = -35,2 / 28,8 = -1,2$ с;
- $\Delta T_{192} = \Delta L_{192} / W_{24} = 1,8 / 33,8 = 0,1$ с;
- $\Delta T_{193} = \Delta L_{193} / W_{25} = 38,8 / 38,8 = 1$ с;
- $\Delta T_{194} = \Delta L_{194} / W_{26} = 75,8 / 43,8 = 1,7$ с;
- $\Delta T_{195} = \Delta L_{195} / W_{27} = 112,8 / 48,8 = 2,3$ с;
- $\Delta T_{196} = \Delta L_{196} / W_{28} = 149,8 / 53,8 = 2,8$ с;

Продолжение Приложения И

- $\Delta T_{197} = \Delta L_{197} / W_{29} = -18,6 / 29,4 = -0,6$ с;
- $\Delta T_{198} = \Delta L_{198} / W_{30} = 2,4 / 34,4 = 0,1$ с;
- $\Delta T_{199} = \Delta L_{199} / W_{31} = 23,4 / 39,4 = 0,6$ с;
- $\Delta T_{200} = \Delta L_{200} / W_{32} = 44,4 / 44,4 = 1$ с;
- $\Delta T_{201} = \Delta L_{201} / W_{33} = 65,4 / 49,4 = 1,3$ с;
- $\Delta T_{202} = \Delta L_{202} / W_{34} = 86,4 / 54,4 = 1,6$ с;
- $\Delta T_{203} = \Delta L_{203} / W_{35} = 107,4 / 59,4 = 1,8$ с;
- $\Delta T_{204} = \Delta L_{204} / W_{29} = -29,1 / 29,4 = -1$ с;
- $\Delta T_{205} = \Delta L_{205} / W_{30} = -4,6 / 34,4 = -0,1$ с;
- $\Delta T_{206} = \Delta L_{206} / W_{31} = 19,9 / 39,4 = 0,5$ с;
- $\Delta T_{207} = \Delta L_{207} / W_{32} = 44,4 / 44,4 = 1$ с;
- $\Delta T_{208} = \Delta L_{208} / W_{33} = 68,9 / 49,4 = 1,4$ с;
- $\Delta T_{209} = \Delta L_{209} / W_{34} = 93,4 / 54,4 = 1,7$ с;
- $\Delta T_{210} = \Delta L_{210} / W_{35} = 117,9 / 59,4 = 2$ с;
- $\Delta T_{211} = \Delta L_{211} / W_{29} = -38,1 / 29,4 = -1,3$ с;
- $\Delta T_{212} = \Delta L_{212} / W_{30} = -10,6 / 34,4 = -0,3$ с;
- $\Delta T_{213} = \Delta L_{213} / W_{31} = 16,9 / 39,4 = 0,4$ с;
- $\Delta T_{214} = \Delta L_{214} / W_{32} = 44,4 / 44,4 = 1$ с;
- $\Delta T_{215} = \Delta L_{215} / W_{33} = 71,9 / 49,4 = 1,5$ с;
- $\Delta T_{216} = \Delta L_{216} / W_{34} = 99,4 / 54,4 = 1,8$ с;
- $\Delta T_{217} = \Delta L_{217} / W_{35} = 126,9 / 59,4 = 2,1$ с;
- $\Delta T_{218} = \Delta L_{218} / W_{29} = -47,1 / 29,4 = -1,6$ с;
- $\Delta T_{219} = \Delta L_{219} / W_{30} = -16,6 / 34,4 = -0,5$ с;
- $\Delta T_{220} = \Delta L_{220} / W_{31} = 13,9 / 39,4 = 0,4$ с;
- $\Delta T_{221} = \Delta L_{221} / W_{32} = 44,4 / 44,4 = 1$ с;
- $\Delta T_{222} = \Delta L_{222} / W_{33} = 74,9 / 49,4 = 1,5$ с;
- $\Delta T_{223} = \Delta L_{223} / W_{34} = 105,4 / 54,4 = 1,9$ с;
- $\Delta T_{224} = \Delta L_{224} / W_{35} = 135,9 / 59,4 = 2,3$ с;
- $\Delta T_{225} = \Delta L_{225} / W_{29} = -53,1 / 29,4 = -1,8$ с;
- $\Delta T_{226} = \Delta L_{226} / W_{30} = -20,6 / 34,4 = -0,6$ с;
- $\Delta T_{227} = \Delta L_{227} / W_{31} = 11,9 / 39,4 = 0,3$ с;
- $\Delta T_{228} = \Delta L_{228} / W_{32} = 44,4 / 44,4 = 1$ с;
- $\Delta T_{229} = \Delta L_{229} / W_{33} = 76,9 / 49,4 = 1,6$ с;
- $\Delta T_{230} = \Delta L_{230} / W_{34} = 109,4 / 54,4 = 2$ с;
- $\Delta T_{231} = \Delta L_{231} / W_{35} = 141,9 / 59,4 = 2,4$ с;
- $\Delta T_{232} = \Delta L_{232} / W_{29} = -60,6 / 29,4 = -2,1$ с;
- $\Delta T_{233} = \Delta L_{233} / W_{30} = -25,4 / 34,4 = -0,7$ с;
- $\Delta T_{234} = \Delta L_{234} / W_{31} = 9,4 / 39,4 = 0,2$ с;
- $\Delta T_{235} = \Delta L_{235} / W_{32} = 44,4 / 44,4 = 1$ с;
- $\Delta T_{236} = \Delta L_{236} / W_{33} = 79,4 / 49,4 = 1,6$ с;

Продолжение Приложения И

- $\Delta T_{237} = \Delta L_{237} / W_{34} = 114,4 / 54,4 = 2,1$ с;
- $\Delta T_{238} = \Delta L_{238} / W_{35} = 149,4 / 59,4 = 2,5$ с;
- $\Delta T_{239} = \Delta L_{239} / W_{29} = -66,6 / 29,4 = -2,3$ с;
- $\Delta T_{240} = \Delta L_{240} / W_{30} = -29,6 / 34,4 = -0,9$ с;
- $\Delta T_{241} = \Delta L_{241} / W_{31} = 7,4 / 39,4 = 0,2$ с;
- $\Delta T_{242} = \Delta L_{242} / W_{32} = 44,4 / 44,4 = 1$ с;
- $\Delta T_{243} = \Delta L_{243} / W_{33} = 81,4 / 49,4 = 1,7$ с;
- $\Delta T_{244} = \Delta L_{244} / W_{34} = 118,4 / 54,4 = 2,2$ с;
- $\Delta T_{245} = \Delta L_{245} / W_{35} = 155,4 / 59,4 = 2,6$ с;
- $\Delta T_{246} = \Delta L_{246} / W_{246} = -13 / 35 = -0,4$ с;
- $\Delta T_{247} = \Delta L_{247} / W_{37} = 8 / 40 = 0,2$ с;
- $\Delta T_{248} = \Delta L_{248} / W_{38} = 29 / 45 = 0,6$ с;
- $\Delta T_{249} = \Delta L_{249} / W_{39} = 50 / 50 = 1$ с;
- $\Delta T_{250} = \Delta L_{250} / W_{40} = 71 / 55 = 1,3$ с;
- $\Delta T_{251} = \Delta L_{251} / W_{41} = 92 / 60 = 1,5$ с;
- $\Delta T_{252} = \Delta L_{252} / W_{42} = 113 / 65 = 1,7$ с;
- $\Delta T_{253} = \Delta L_{253} / W_{36} = -23,5 / 35 = -0,7$ с;
- $\Delta T_{254} = \Delta L_{254} / W_{37} = 1 / 40 = 0$ с;
- $\Delta T_{255} = \Delta L_{255} / W_{38} = 25,5 / 45 = 0,6$ с;
- $\Delta T_{256} = \Delta L_{256} / W_{39} = 50 / 50 = 1$ с;
- $\Delta T_{257} = \Delta L_{257} / W_{40} = 74,5 / 55 = 1,4$ с;
- $\Delta T_{258} = \Delta L_{258} / W_{41} = 99 / 60 = 1,7$ с;
- $\Delta T_{259} = \Delta L_{259} / W_{42} = 123,5 / 65 = 1,9$ с;
- $\Delta T_{260} = \Delta L_{260} / W_{36} = -32,5 / 35 = -0,9$ с;
- $\Delta T_{261} = \Delta L_{261} / W_{37} = -5 / 40 = -0,1$ с;
- $\Delta T_{262} = \Delta L_{262} / W_{38} = 22,5 / 45 = 0,5$ с;
- $\Delta T_{263} = \Delta L_{263} / W_{39} = 50 / 50 = 1$ с;
- $\Delta T_{264} = \Delta L_{264} / W_{40} = 77,5 / 55 = 1,4$ с;
- $\Delta T_{265} = \Delta L_{265} / W_{41} = 105 / 60 = 1,8$ с;
- $\Delta T_{266} = \Delta L_{266} / W_{42} = 132,5 / 65 = 2$ с;
- $\Delta T_{267} = \Delta L_{267} / W_{36} = -41,5 / 35 = -1,2$ с;
- $\Delta T_{268} = \Delta L_{268} / W_{37} = -11 / 40 = -0,3$ с;
- $\Delta T_{269} = \Delta L_{269} / W_{38} = 19,5 / 45 = 0,4$ с;
- $\Delta T_{270} = \Delta L_{270} / W_{39} = 50 / 50 = 1$ с;
- $\Delta T_{271} = \Delta L_{271} / W_{40} = 80,5 / 55 = 1,5$ с;
- $\Delta T_{272} = \Delta L_{272} / W_{41} = 111 / 60 = 1,9$ с;
- $\Delta T_{273} = \Delta L_{273} / W_{42} = 141,5 / 65 = 2,2$ с;
- $\Delta T_{274} = \Delta L_{274} / W_{36} = -47,5 / 35 = -1,4$ с;
- $\Delta T_{275} = \Delta L_{275} / W_{37} = -15 / 40 = -0,4$ с;
- $\Delta T_{276} = \Delta L_{276} / W_{38} = 17,5 / 45 = 0,4$ с;

Продолжение Приложения И

- $\Delta T_{277} = \Delta L_{277} / W_{39} = 50/50 = 1$ с;
- $\Delta T_{278} = \Delta L_{278} / W_{40} = 82,5/55 = 1,5$ с;
- $\Delta T_{279} = \Delta L_{279} / W_{41} = 115/60 = 1,9$ с;
- $\Delta T_{280} = \Delta L_{280} / W_{42} = 147,5/65 = 2,3$ с;
- $\Delta T_{281} = \Delta L_{281} / W_{36} = -55/35 = -1,6$ с;
- $\Delta T_{282} = \Delta L_{282} / W_{37} = -20/40 = -0,5$ с;
- $\Delta T_{283} = \Delta L_{283} / W_{38} = 15/45 = 0,3$ с;
- $\Delta T_{284} = \Delta L_{284} / W_{39} = 50/50 = 1$ с;
- $\Delta T_{285} = \Delta L_{285} / W_{40} = 85/55 = 1,6$ с;
- $\Delta T_{286} = \Delta L_{286} / W_{41} = 120/60 = 2$ с;
- $\Delta T_{287} = \Delta L_{287} / W_{42} = 155/65 = 2,4$ с;
- $\Delta T_{288} = \Delta L_{288} / W_{36} = -61/35 = -1,7$ с;
- $\Delta T_{289} = \Delta L_{289} / W_{37} = -24/40 = -0,6$ с;
- $\Delta T_{290} = \Delta L_{290} / W_{38} = 13/45 = 0,3$ с;
- $\Delta T_{291} = \Delta L_{291} / W_{39} = 50/50 = 1$ с;
- $\Delta T_{292} = \Delta L_{292} / W_{40} = 87/55 = 1,6$ с;
- $\Delta T_{293} = \Delta L_{293} / W_{41} = 124/60 = 2,1$ с;
- $\Delta T_{294} = \Delta L_{294} / W_{42} = 161/65 = 2,5$ с.