

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ  
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПО ПРОБЛЕМАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

**МЕТОДИКА  
ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ  
ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ**

**МОСКВА 2001**

## **Аннотация**

Методика предназначена для прогнозирования последствий крупных лесных пожаров.

Методика позволяет определять:  
скорость распространения фронта, флангов и тыла ЛП;  
площадь и периметр ЛП;  
состояние леса в результате ЛП;  
необходимое количество сил и средств для тушения ЛП.

Методика может быть использована федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и Региональными центрами по делам ГО и ЧС МЧС России для оперативной оценки последствий лесных пожаров и принятия управленческих решений.

Методика разработана сотрудниками ВНИИ ГОЧС: д.т.н., профессором Шахраманьяном М.А., к.т.н., доцентом Нигметовым Г.М., к.т.н., с.н.с. Подрезовым Ю.В., к.т.н., с.н.с. Нехорошевым С.Н., к.т.н., с.н.с. Рыжиковым В.С., Папелковым Д.И., Прошляковым М.Ю., , Рощиной В.В., Шевченко А.С. и ВНИИ ПО МВД России: д.т.н., с.н.с. Копыловым Н.П., Москвиным Е.А., к.х.н., с.н.н. Хасановым И.Р.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. НАЗНАЧЕНИЕ МЕТОДИКИ
2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ
3. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОЛОЖЕНИЙ, ЛЕЖАЩИХ В ОСНОВЕ МЕТОДИКИ
4. ПЕРЕЧЕНЬ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ КРУПНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ
5. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ КРУПНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ
6. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ КРУПНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ПРИ НЕИЗВЕСТНЫХ ПАРАМЕТРАХ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ И ВЛАЖНОСТИ АТМОСФЕРЫ
7. РАСЧЕТ СИЛ И СРЕДСТВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ
8. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

### **1. НАЗНАЧЕНИЕ МЕТОДИКИ**

1.1. Методика предназначена для прогнозирования последствий крупных лесных пожаров (ЛП).

Методика позволяет определять:

- скорость распространения фронта, флангов и тыла ЛП;
- площадь и периметр ЛП;
- состояние леса в результате ЛП;
- необходимое количество сил и средств для тушения ЛП.

1.2. Результаты прогноза служат для поддержки организационных и административных мер, включая решения о привлечении дополнительных сил и техники, об эвакуации населения, о консервации или эвакуации оборудования объектов народного хозяйства (ОНХ).

По мониторинговым данным и данным прогноза развития пожара проводится разработка плана тушения пожара, в котором определяют способы и тактические приемы ликвидации пожара, распределение сил и средств, решающее направление действий и т.п.

1.3. Методика может быть использована федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и Региональными центрами по делам ГО и ЧС МЧС России для оперативной оценки последствий лесных пожаров и принятия управленческих решений.

## 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

2.1. **Лесной пожар** - это стихийное (то есть неуправляемое) горение, распространяющееся по лесной площади, окруженной не горящей территорией. При этом под лесной площадью понимаются территория, на которой произрастает или может произрастать лес (включая открытые лесные пространства - вырубки, гари и др.).

В зависимости от участвующего в процессе горения лесного горючего материала, яруса леса, по которому распространяется огонь - различают два основных вида ЛП: низовые и верховые.

2.2. **Кромкой лесного пожара** называют непрерывно продвигающуюся по горючему материалу полосу горения, на которой основной горючий материал сгорает с максимальной интенсивностью и образует вал огня.

2.3. Основными элементами лесного пожара являются: фронт, фланги и тыл лесного пожара.

**Фронт пожара** - наиболее быстро распространяющаяся в направлении ветра кромка пожара.

**Тыл** -двигающаяся против ветра кромка огня.

**Фланги** - продвигающаяся перпендикулярно ветру огневая кромка.

2.4. **Низовым** называется ЛП, распространяющийся по почвенному покрову. Низовой пожар бывает двух видов: беглый и устойчивый.

**Беглым низовым** называется пожар, при котором горят почвенные покровы, опавшие листья и хвоя. Пожары чаще бывают весной и распространяются с большой скоростью там, где есть высушенный напочвенный слой. Горение напочвенного покрова на единице площади продолжается короткое время, при котором обгорают корни деревьев, кора, хвойный подлесок.

**Устойчивый низовой** пожар - это пожар, при котором после сгорания покрова горят подстилка, пни, валежник и др.

2.5. **Верховым** называется пожар, при котором сгорает полог древостоя. Он является дальнейшей стадией развития низового пожара с распространением огня по кронам и стволам деревьев верхних ярусов. Верховые пожары, также как и низовые, бывают беглыми и устойчивыми.

2.6. **Крупным лесным пожаром** называют пожар площадью более 200 га (для Европейской части России - более 25 га.).

2.7. **Под последствиями ЛП** в настоящей методике понимаются:

- площадь зоны горения - S, га и периметр зоны горения - П, м,
- степень повреждения древостоя после низовых пожаров;
- количество непригодной к реализации древесины после верховых пожаров.

## 3. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОЛОЖЕНИЙ, ЛЕЖАЩИХ В ОСНОВЕ МЕТОДИКИ

**Низовые пожары** характеризуются распространением огня по напочвенному покрову. Сгорают растения и растительные остатки (лесной опад, состоящий из мелких ветвей, коры, хвои, листьев, лесная подстилка, сухая трава и травянистая растительность, живой напочвенный покров из трав, мхов, мелкий подрост и кора в нижней части древесных стволов).

**Беглые низовые пожары** характерны для весеннего периода, когда сгорает самый верхний слой мелких горючих материалов и прошлогодняя травянистая растительность, в частности, самосев леса, опавшие листья и хвоя, обгорает поверхность коры нижней части деревьев и обнаженных корней, хвойный подрост и подлесок. При этом участки с повышенной влажностью покрова остаются не тронутыми, и площадь, пройденная огнем, имеет пятнистую форму. Скорость распространения огня довольно значительна – до 180 -

300 м/ч и сильно зависит от ветра в приземном слое. Преобладает пламенный тип горения. В хвойных насаждениях с низко опущенными кронами пожар может перейти в верховой.

**Устойчивые низовые пожары** развиваются, начиная с середины лета, когда подстилка просыхает по всей толщине залегания. При устойчивом пожаре огонь "заглубляется" и характеризуется полным сгоранием напочвенного покрова и лесной подстилки, пней, валежа и т.д. На участках, пройденных таким пожаром, полностью сгорают подрост, подлесок, лесная подстилка. Обгорают корни и кора деревьев, в результате чего насаждения получают серьезные повреждения, а часть деревьев прекращает рост и гибнет. На торфяных почвах такие пожары могут перейти в подземные, а в молодняках и в многоярусных насаждениях с наличием хвойного подроста в - верховые. Скорость распространения устойчивого низового пожара колеблется от нескольких метров до 180 м/ч.

Деление низовых пожаров на беглые и устойчивые имеет большое практическое значение. Последствия этих пожаров различны. Резко отличается и скорость их распространения, а, следовательно, различны и тактические приемы, применяемые для борьбы с ними. Различно и повреждение древостоя.

Для ликвидации очагов горения при беглом пожаре зачастую достаточно сбить пламя по его кромке. Для устойчивого пожара - это лишь первая фаза тушения, к тому же не самая трудоемкая. В большинстве случаев устойчивый низовой пожар - это вторая стадия пожара беглого, так как низовой пожар начинается с загорания покрова или опада. Поэтому любой низовой пожар начинается и распространяется как беглый. В случае способности и готовности валежа к загоранию - развивается устойчивый низовой пожар.

На практике нередко наблюдается двух - трех кратное прохождение пожара по мере его развития по одной и той же площади. Сначала прогорает верхний слой ЛГМ, подсушивая нижележащий слой и открывая к нему доступ кислорода воздуха и поджигая его, а затем пожар развивается в следующие слои, вглубь напочвенного покрова.

Для низового пожара характерна вытянутая форма пожарища с неровной зигзагообразной кромкой. Цвет дыма при низовом пожаре - светло-серый.

**Верховым** распространяется по кронам деревьев. Это дальнейшая стадия низового пожара, когда горит весь древостой.

Возникновение верховых пожаров происходит из низовых в древостоях с низкоопущенными кронами, в разновозрастных насаждениях, при обильном хвойном подросте. Наиболее подвержены верховым пожарам заросли кедрового стланика, дуба кустарниковой формы, хвойные молодняки на сухих местоположениях, а в горных лесах - все хвойные насаждения в верхней части крутых склонов или на перевалах. В этих насаждениях пожар всегда бывает верховым. Возникновению верховых пожаров в значительной степени способствуют засухи и сильные ветры. На участках, пройденных верховым пожаром в хвойном лесу, древостой, как правило, погибает полностью.

При **верховом устойчивом пожаре** огонь по кронам продвигается по мере продвижения кромки низового пожара. При этом сгорают подстилка, напочвенный покров, валеж и сухостой, подрост, подлесок, ветви и даже крупные сучья; сильно обгорают стволы деревьев. Такой пожар называют также повальным, так как после него остаются лишь обугленные остатки стволов и наиболее крупных сучьев - "трубочисты". Скорость распространения устойчивого верхового пожара составляет 120 - 1500 м/ч.

**Беглый верховой пожар** наблюдается при сильном ветре. Огонь распространяется обычно по пологу "скачками", порой значительно опережая фронт низового пожара. Такое распространение верхового пожара объясняется тем, что тепло от горящих крон, поднимаясь наклонно по ветру, лишь частично попадает на соседние кроны, и его оказывается недостаточно для подогрева и подготовки их к воспламенению. Подогрев полога происходит в основном за счёт тепла низового пожара. Под действием ветра это тепло, за счёт конвекции подогревает кроны впереди на довольно значительном расстоянии. Происходит вспышка и огонь быстро охватывает подогретые кроны. Когда

фронт низового пожара пройдет участок со сгоревшими кронами, начинается подогрев крон на следующем участке и процесс повторяется. При продвижении огня по кронам ветер разносит искры, горящие ветви, хвою и другие частицы, которые создают новые очаги низового пожара за несколько десятков, а иногда и сотен метров впереди основного очага, что, в свою очередь, создает условия для увеличения скорости распространения пожара. Скорость распространения беглого верхового пожара составляет до 4000-5000 м/ч и более. Во время "скачка" пламя распространяется по кронам со скоростью 15-20 км/ч. Однако скорость распространения самого пожара меньше, так как после "скачка" происходит задержка, пока низовой пожар не пройдет участок, на котором кроны уже сгорели. Исследования и наблюдения показывают, что без подогрева крон и перехода огня снизу сколько-нибудь значительного самостоятельного распространения огня по кронам невозможно.

Форма очага пожара при беглом верховом пожаре – сильно вытянутая по направлению ветра. Дым верхового пожара - темный.

И верховые и низовые пожары по величине, пройденной огнем лесной площади могут принимать размеры крупных лесных пожаров.

Для возникновения крупных массовых пожаров в лесах с переходом в верховые необходимо большое число действующих очагов низовых пожаров, длительная засушливая погода (III – V класс пожарной опасности, усиление ветра от умеренного до сильного или штормового (скорость 8 - 30 м/с).

В этих условиях происходит распространение и слияние очагов низовых пожаров в обширные зоны массовых пожаров, суммарная площадь которых достигает сотен тысяч гектаров; возникает непосредственная угроза, уничтожения огнем населенных пунктов (НП) и объектов народного хозяйства (ОНХ), расположенных в лесных массивах, в также сильное задымление крупных НП, удаленных от лесных массивов.

Наиболее характерными особенностями крупных ЛП являются следующие:

возникновение во время продолжительных засушливых периодов, чаще всего при сильных ветрах;

высокая интенсивность тепловыделения;

высокая скорость распространения с преодолением различных препятствий (минерализованных полос, противопожарных разрывов, небольших рек и ручьев);

возникновение большой зоны плотной задымленности;

крупные ЛП действуют на фоне развития мелких и средних пожаров.

Типовой сценарий развития крупного ЛП включает в себя следующие стадии:

- отклонение метеорологических условий от среднестатистических в направлении увеличения количества суток без осадков, уменьшения влажности воздуха, усиление ветра до 8-30 м/с;

- воспламенение (самовоспламенение) лесных горючих материалов;

- развитие лесных пожаров до крупных (распространение и слияние многочисленных очагов пожаров в обширную зону);

- догорание лесного массива при удалении фронта пожара, сопровождающееся сильным задымлением и загазованностью;

- тушение пожара силами пожарной охраны или естественными осадками.

Различные виды лесных пожаров могут быть источниками чрезвычайных лесопожарных ситуаций (ЧЛС).

Каждый вид лесного пожара, как показывает практика тушения, имеет свои оптимальные способы (способ) и тактику тушения. Выделяются следующие основные группы лесных пожаров, имеющие особенности распространения и различия в тактике их тушения:

- верховые беглые и устойчивые сильной и средней интенсивности;
- верховые беглые и устойчивые слабой интенсивности;
- верховые пятнистые;

- низовые беглые и устойчивые сильной интенсивности;
- низовые беглые и устойчивые средней интенсивности;
- низовые беглые и устойчивые слабой интенсивности.

Наиболее опасны из них верховые беглые и устойчивые сильной и средней интенсивности. Такие пожары возникают при 4-5 классах пожарной опасности погодных условий, а средней интенсивности - при 4 классе.

Для оценки состояния пожарной опасности погодных условий и лесах используется комплексный показатель пожарной опасности погодных условий (показатель Нестерова), который учитывает основные факторы, влияющие на пожарную опасность лесных горючих материалов.

Комплексный показатель определяется по формуле:

$$K = \sum_i^n (T_0 - \tau) * T_0 \quad (2.1)$$

где  $T_0$  - температура, воздуха на 12 час. по местному времени;

$\tau$  - точка росы на 12 час. (дефицит влажности);

$n$  - число дней после последнего дождя.

Количество осадков до 25 мм и сутки в расчет не принимается. Количество внешних осадков определяется по осадкомеру. Температура воздуха, определяется по сухому термометру. Точка росы определяется по психрометрическим таблицам отсчетов по сухому и смоченному термометру. Для получения отсчетов психрометр устанавливается вне помещения в тени на высоте 2 м от земли.

По величине вычисленного комплексного показателя и принятой в настоящее время шкале определяется класс пожарной опасности в лесу по условиям погоды, в зависимости от которого регламентируется работа лесопожарных служб.

В зависимости от значения  $K$  выделяют классы пожарной опасности погодных условий, приведенные в таблице 3.1:

Таблица 3.1

### Шкала классов пожарной опасности погодных условий

Класс пожарной опасности погодных условий	Комплексный показатель	Пожарная опасность
1	0-300	отсутствует
11	301-1000	малая
111	1001-4000	средняя
1V	4001-10 000	высокая
V	более 10 001	чрезвычайная

На развитие лесных пожаров существенное влияние оказывает тип древостоя (породный состав лесных насаждений). Наиболее горим хвойный молодняк, лиственница и т.п.

На последствия лесных пожаров существенное влияние оказывают помимо состава лесных горючих материалов, их готовности к воспламенению и поддержанию горения, скорость приземного ветра, рельеф местности (вверх по склону огонь распространяется значительно быстрее) и ряд других условий.

Успех борьбы с лесными пожарами зависит от многих факторов. Однако основными из них являются своевременное обнаружение, правильный выбор тактики тушения, правильная оценка обстановки, умелое руководство работами и непосредственно эффективное тушение пожаров.

Для тушения лесного пожара необходимо прекратить процесс горения. Наиболее эффективным способом прекращения горения является изоляция лесных горючих материалов, т.е. предотвращение доступа кислорода. Изоляция ЛГМ производится с использованием химических растворов и порошков, устройством заградительных минерализованных полос, применением взрывных веществ. В этом случае широко используются различные механизмы (полоскопрокладыватели, плуги, трактора, лопаты и т.п.).

При тушении лесных пожаров используются различные способы. К основным из них относят:

- захлестывание огня (сбивание пламени) по кромке пожара;
- засыпка кромки пожара грунтом;
- прокладка заградительных и опорных минерализованных полос и канав;
- отжиг горючих материалов перед фронтом пожара;
- тушение водой и огнетушащими растворами;
- тушение с применением авиации;
- тушение с применением методов искусственного осадкообразования.

Наиболее опасной группой пожаров, с точки зрения скорости их распространения и последствий, являются верховые беглые и устойчивые пожары сильной и средней интенсивности. Оптимальным способом их тушения является отжиг способом “ступенчатого огня”. Он предусматривает создание трех опорных полос и пуск отжига от каждой из них с соблюдением определенной последовательности: вначале создается первая, ближайшая к фронту пожара полоса и пускается отжиг от нее, затем – вторая и пускается отжиг от нее и далее - третья с последующим пуском отжига.

Ввиду переменчивости приземного ветра, положение фронта, флангов и тыла пожара быстро меняется. Поэтому опорные полосы прокладываются вдоль всего периметра очага пожара.

#### **4. ПЕРЕЧЕНЬ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ КРУПНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ**

Исходными данными для прогнозирования последствий ЛП являются:

- вид пожара (верховой устойчивый, верховый беглый, низовой устойчивый или беглый);
- класс природной горимости лесных насаждений (табл. 4.1);
- класс пожарной опасности погоды;
- скорость ветра;
- начальная площадь  $S_0$  или начальный периметр  $P_0$  очага пожара;
- рельеф местности;
- влажность атмосферы;

Для прогнозирования степени повреждения древостоя также должны быть заданы:

- средний диаметр древостоя;
- средняя высота нагара.

Основным способом борьбы с верховыми устойчивыми и беглыми пожарами сильной и средней интенсивности является отжиг.

В качестве исходных данных, которые необходимы для производств расчетов будем рассматривать:

- вид пожара (верховой устойчивый или беглый; низовой устойчивый или беглый; сильный, средний или слабый);
- класс природной горимости лесных насаждений;
- класс пожарной опасности погодных условий (показатель горимости напочвенного покрова или же готовности ЛГМ к воспламенению);
- скорость и направление ветра;

- начальную площадь или начальный периметр пожара;
- производительности сил и средств по тушению пожаров;
- виды (типы) применяемых средств для тушения конкретных пожаров и их количество.

*Способы получения исходных данных в настоящей методике не рассматриваются.*

Таблица 4.1

#### Классы природной горимости лесных насаждений

Класс природной горимости лесных насаждений	Тип леса	$h_m$ м (высота насаждений)	$\rho_{сл}$ кг/м <sup>3</sup> (плотность насаждений)	W, % (влажность насаждений)
1	Чистые и с примесью лиственных пород хвойные насаждения (кроме лиственничных)	10	0,4	80
2	Чистые с примесью хвойных пород лиственные насаждения, а также лиственничные насаждения	22	0,3	90

### 5. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ КРУПНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

При прогнозировании последствий низовых крупных лесных пожаров последовательность расчетов основных показателей приведена ниже.

5.1 Определить скорость распространения фронта лесного пожара при нормированных условиях для данного растительного горючего материала (РГМ) при данной степени засухи и при определённых условиях местности (угол поверхности - 0°, скорость ветра 0 м/с, относительная влажность 40 %, температура воздуха 20°C):

$$V_{\phi} = A \cdot h / \rho_{сл} (16 + W)^2 \quad (5.1)$$

где  $d$  – толщина слоя РГМ, м ;

$A$  – коэффициент зависящий от выхода летучих веществ при горении и температуры пламени, принимается равным 40;

$\rho_{сл}$  – плотность слоя РГМ, кг/м<sup>3</sup>;

$W$  – влагосодержание слоя РГМ.

При неизвестных значениях параметров, входящих в формулу (5.1)  $V_{\phi}$  определяется по таблице 5.1:



**Скорость фронта низового лесного пожара при нормируемых условиях  
 $V_{\phi}$  и известном типе леса**

Класс пожарной опасности	Скорость фронта лесного пожара при нормируемых условиях $V_{\phi}$ и известном типе леса, м/ч.	
	I	II
III	20-35	1-2
IV	30-60	12
V	35-80	30

5.2 Определить коэффициент, учитывающий уклон местности ( $\phi$ ) из таблицы 5.2:

Таблица 5.2

**Значения коэффициента, учитывающего уклон местности ( $\phi$ )**

Значения коэффициента $\phi$	Значения $K_{\phi}$
-40	0,7
-30	0,7
-20	0,7
-10	0,9
0	1,0
10	1,2
15	1,5
20	2,0
25	2,5
30	4,0
35	6,0
40	12

В этой таблице  $\phi$  – уклон местности в градусах, а  $K_{\phi}$  – коэффициент учитывающий уклон.

5.3 Определить коэффициент учитывающий влажность воздуха ( $K_r$ ) из таблицы 5.3:

Таблица 5.3

**Значения коэффициента, учитывающего влажность воздуха**

$r$ %	$K_r$
20	1,7
25	1,5
30	1,3
35	1,1
40	1,0
45	0,9
50	0,8
55	0,7
60	0,7
70	0,6
80	0,5
90	0,3

5.4 Определить коэффициенты, учитывающие влияние скорости ветра на высоте 2 метра ( $V_2$ ) на скорость лесного пожара во фронте, на флангах и в тылу.

Скорость ветра на высоте 2 м определяется по следующей зависимости:

$$V_2 = V_B \cdot K_c,$$

где  $K_c$  коэффициент учитывающий полноту древостоя, для оперативных расчётов принимается равным 0,5.

Таблица 5.4

**Значения коэффициентов, учитывающие влияние скорости ветра на высоте 2 метра ( $V_2$ ) на скорость лесного пожара во фронте, на флангах и в тылу**

$V_2$	$K_v$	
	$K_\phi$	$K_{тл}, K_{фл}$
0	1,0	1,0
0,4	1,2	1,0
0,8	1,4	1,0
1,2	1,7	1,1
1,6	2,1	1,1
2,0	2,6	1,2
2,4	3,2	1,2
2,8	4,0	1,3
3,2	5,0	1,4
3,6	6,0	1,5
4,0	7,0	1,6
5,0	10,0	1,8

5.5 Определить скорость лесного пожара во фронте, на флангах и в тылу лесного пожара:

$$V_\phi = V_o \cdot K_\phi \cdot K_r \cdot K_v \quad (5.2)$$

Скорость пожара на флангах и в тылу в зависимости определяется в соответствии с пунктами 6.1 и 6.2 настоящей методики.

5.6 Определить приращение периметра  $\Delta\Pi$  за время распространения пожара  $t$  по формуле:

$$\Delta\Pi_t = 3,3 \cdot V_\phi \cdot t, \quad (5.3)$$

или по графику, представленному на рис. 5.1, где  $[\Delta\Pi]$  - м,  $[V_\phi]$  - м/ч;  $[t]$  - время в часах.

5.7 Определить периметр  $\Pi$  пожара.

Если известен начальный периметр  $\Pi_0$ , то

$$\Pi = \Pi_0 + \Delta\Pi \quad (5.4)$$

Если известна начальная площадь  $S_0$ , то

$$\Pi_t = 500 \cdot \sqrt{S_0} + \Delta\Pi_t, \quad (5.5)$$

где  $[S_0]$  - га,  $[\Pi]$  - м

5.8 Определить площадь пожара  $S$  по формуле:

$$S = 4 \cdot 10^{-6} \Pi^2 \quad (5.6)$$

где  $[S_0]$  - га,  $[\Pi]$  - м или по графику, представленному на рис. 5.2.

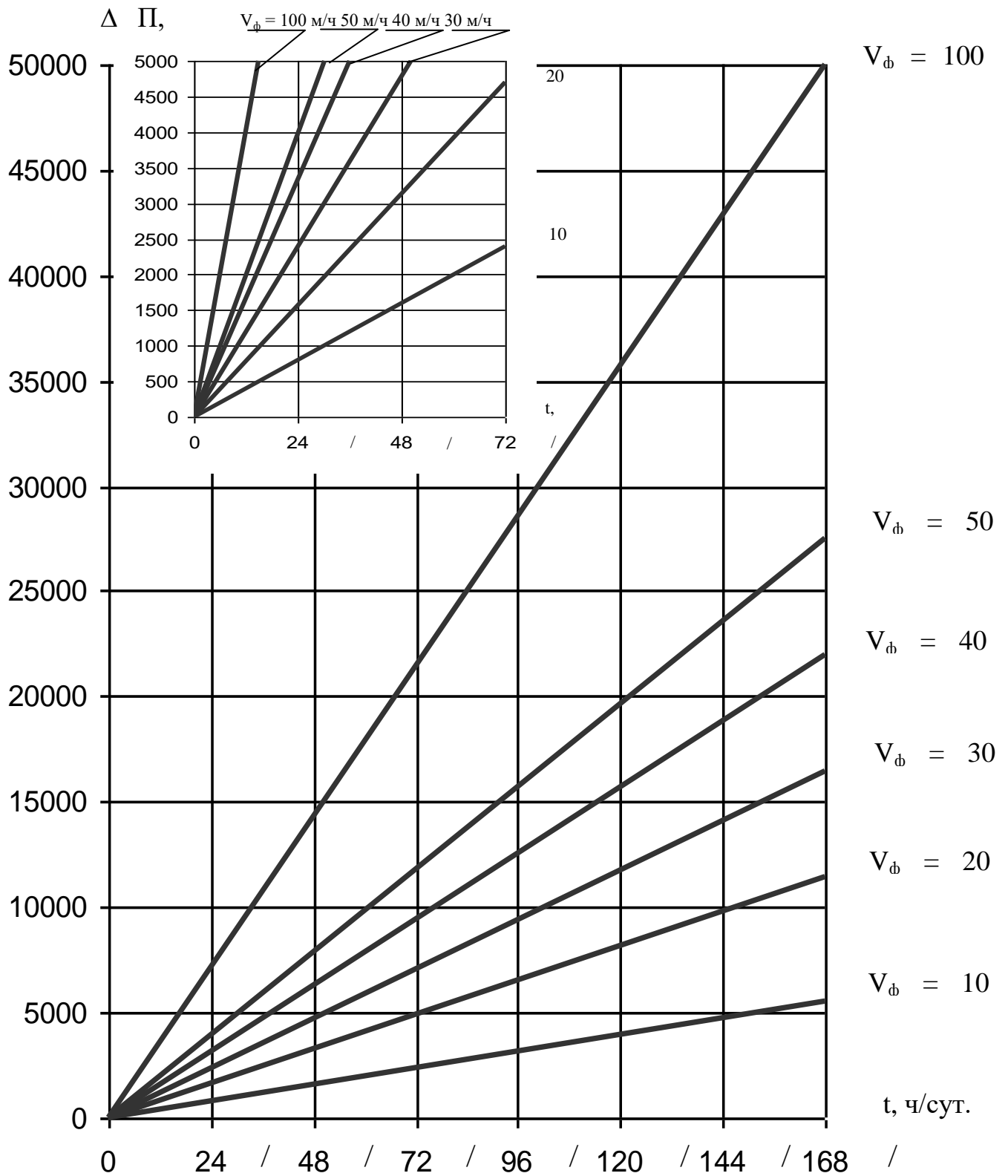


Рис. 5.1. Определение приращения периметра  $\Delta \Pi$  за время распространения пожара  $t$ .

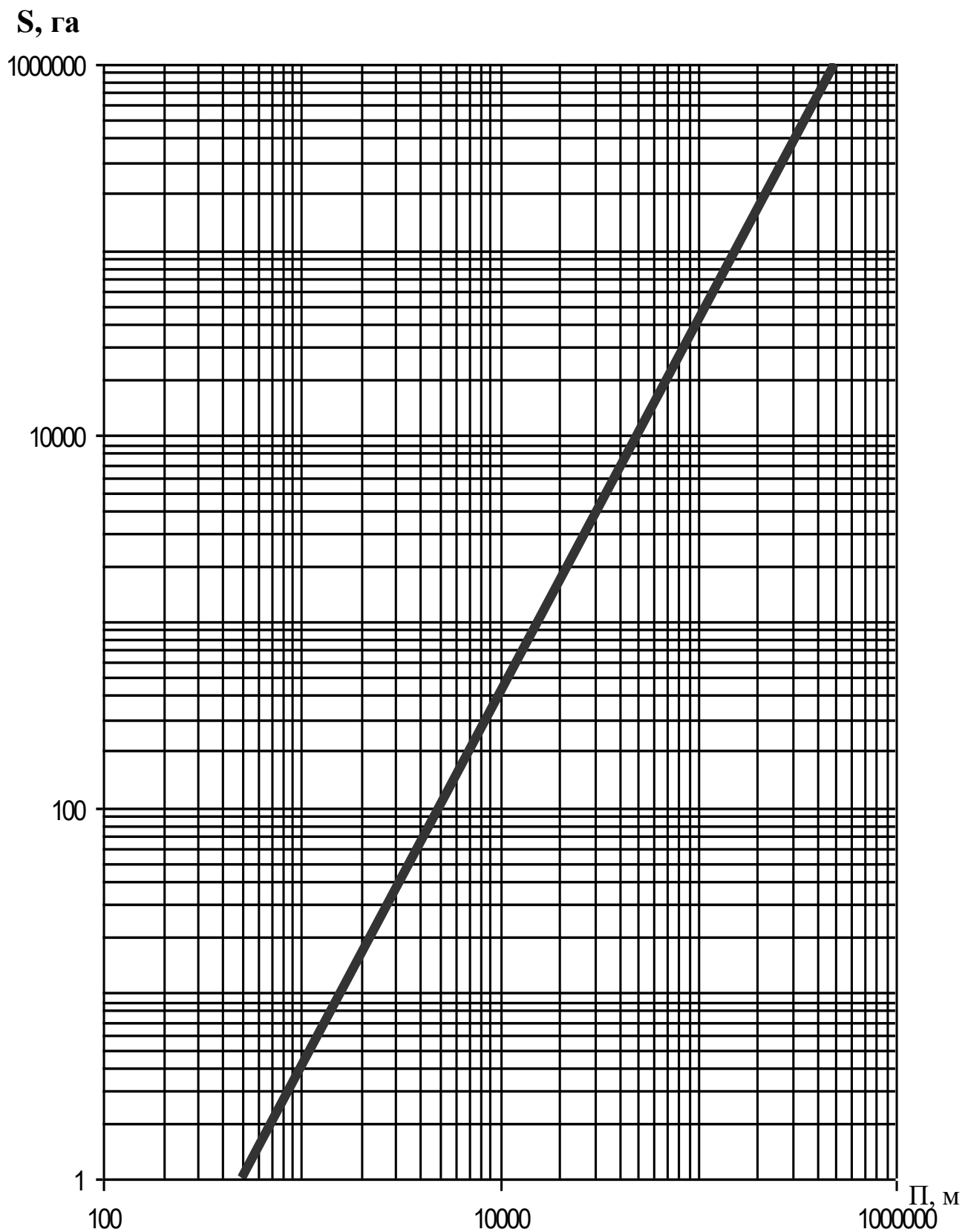


Рис. 5.2. Определение площади пожара  $S$ .

## **6. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ КРУПНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ПРИ НЕИЗВЕСТНЫХ ПАРАМЕТРАХ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ И ВЛАЖНОСТИ АТМОСФЕРЫ**

В зависимости от характеристик пожара и условий его распространения определяется ряд параметров его характеризующих по нижеприведенному алгоритму.

6.1. Определяются линейные скорости распространения низовых ЛП для I класса горимости лесных насаждений.

6.1.1. Линейная скорость распространения фронта ЛП  $V_f$  определяется по графику, представленному на рис.6.1а.

6.1.2. Линейная скорость распространения флангов ЛП  $V_{fl}$  определяется по графику, представленному на рис. 6.1б.

6.1.3. Линейная скорость распространения тыла ЛП  $V_t$  определяется по графику, представленному на рис.- 6.1в.

6.2. Определяются линейные скорости распространения низовых ЛП для II класса горимости лесных насаждений.

6.2.1. Линейная скорость распространения фронта ЛП  $V_f$  определяется по графику, представленному на рис.6.2 а.

6.2.2. Линейная скорость распространения флангов ЛП  $V_{fl}$  определяется по графику, представленному на рис. 6.2 б.

6.2.3. Линейная скорость распространения тыла ЛП  $V_t$  определяется по графику, представленному на рис. 6.2 в.

6.3. Определяются линейные скорости распространения верховых ЛП.

6.3.1. Линейная скорость распространения фронта устойчивого ЛП  $V_f$  составляет 120 м/ч (верховой устойчивый пожар возникает при ветре менее 5 м/с, а верховой беглый - при скорости ветра более 5 м/с).

6.3.2. Линейная скорость распространения фронта беглого ЛП  $V_f$ , составляет 4500 м/ч.

6.3.3. Линейная скорость распространения флангов ЛП  $V_{fl}$  определяется по графику, представленному на рис. 6.1.б.

6.3.4. Линейная скорость распространения тыла ЛП  $V_t$  определяется по графику, представленному на рис. 6.1.в.

6.4. Определяется приращение периметра  $\Delta\Pi$  за время распространения пожара  $t$  по формуле (5.3) или по графику, представленному на рис. 5.1.

6.5. Определяется периметр  $\Pi$  пожара.

6.5.1. Если известен начальный периметр  $\Pi_0$ , то по формуле (5.4).

6.5.2. Если известна начальная площадь  $S_0$ , то по формуле (5.5).

6.6. Определяется площадь пожара  $S$  по формуле (5.6) или по графику, представленному на рис. 5.2.

6.7. По таблице 6.1 определяется степень повреждения древостоя после низовых пожаров.

6.8. Для верховых пожаров по табл. 6.2, а для низовых – по табл.6.3 определяется количество непригодной к реализации древесины (для верховых пожаров характерна IV - V степень повреждения древостоя).

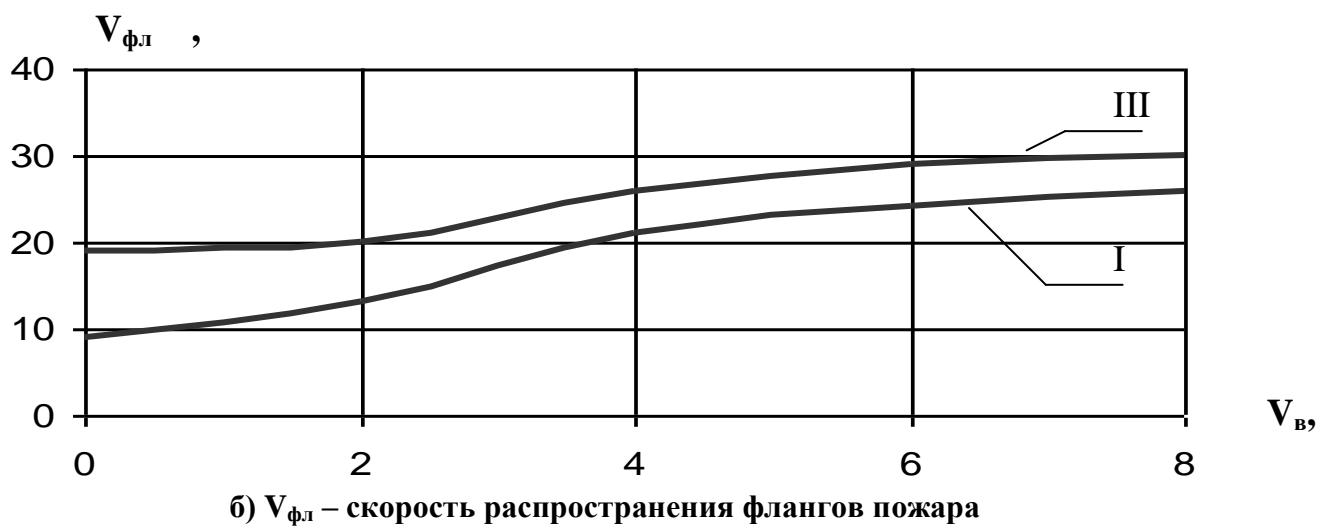
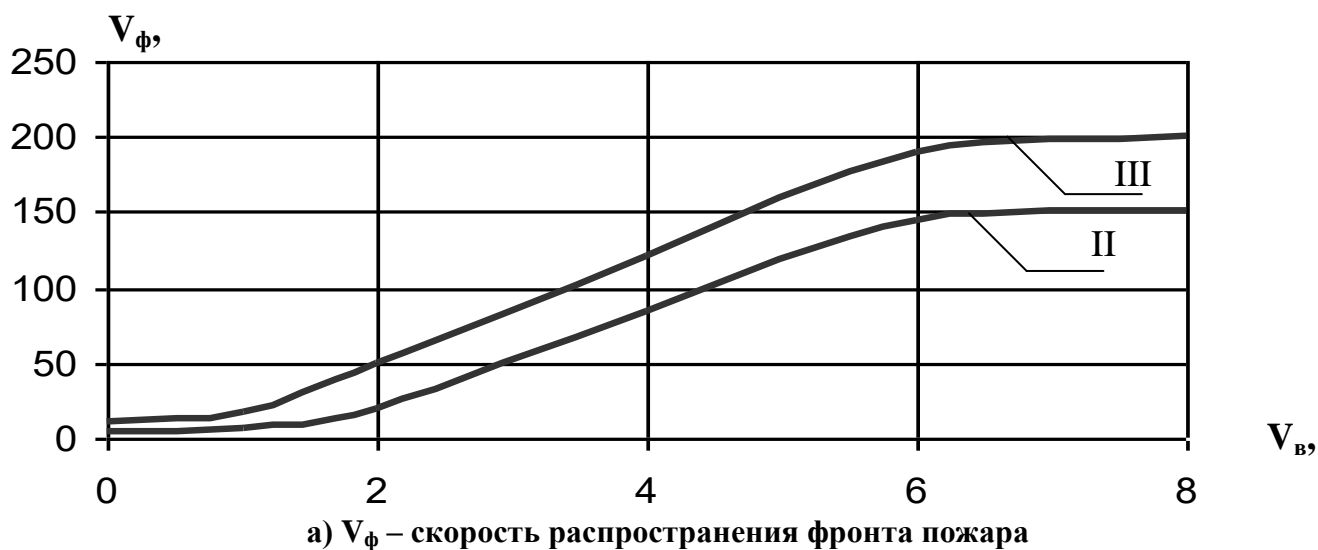


Рис. 6.1. Зависимость линейной скорости распространения низового пожара от скорости ветра ( $V_{в}$ ) для насаждений 1-го класса горимости (римскими цифрами обозначены классы пожарной опасности погоды)

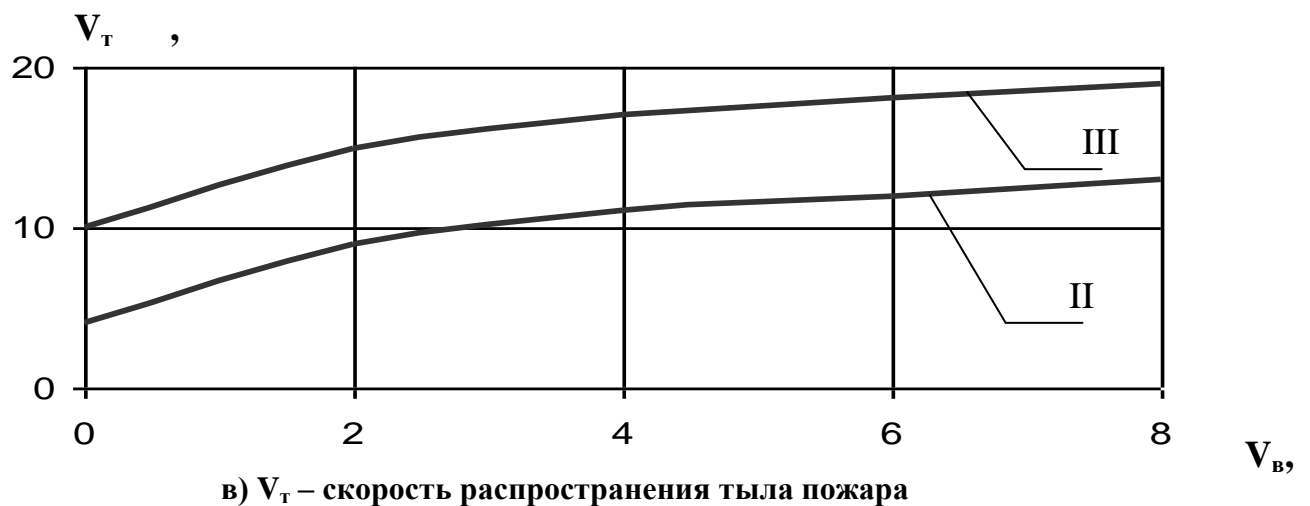
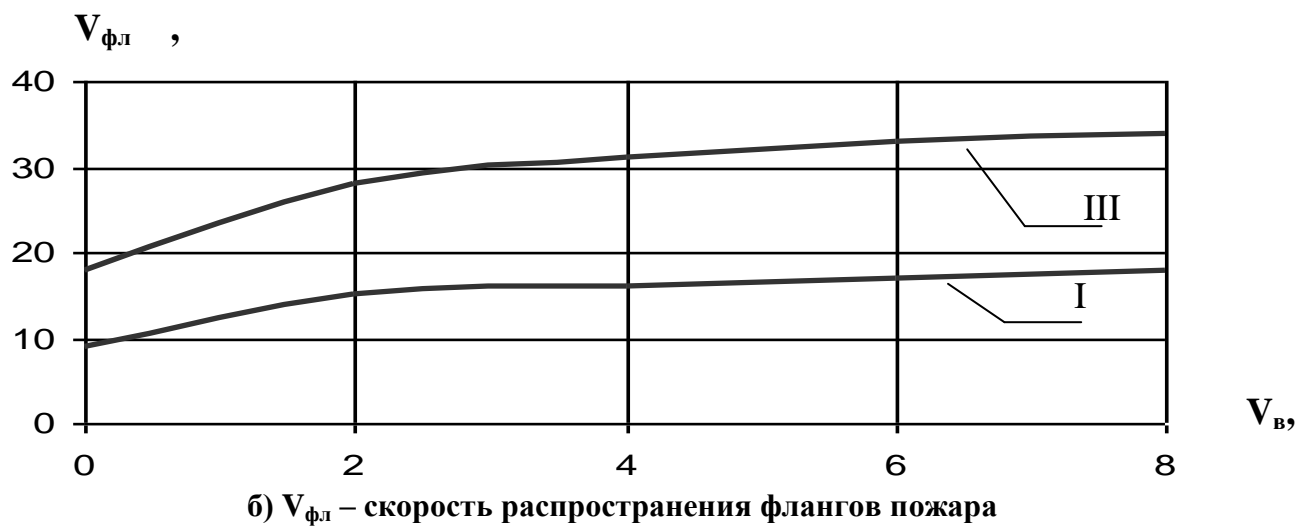
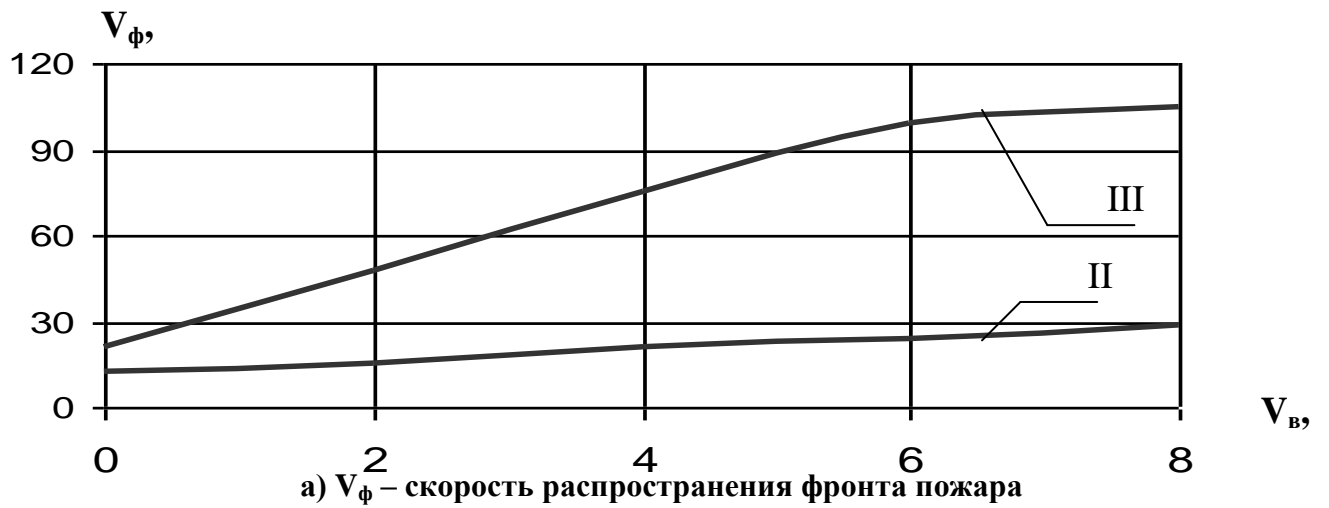


Рис. 6.2. Зависимость линейной скорости распространения низового пожара от скорости ветра ( $V_B$ ) для насаждений 2-го класса горимости (римскими цифрами обозначены классы пожарной опасности погоды)

## Степень повреждения древостоя после низовых пожаров

Средняя высота нагара, м	Средний диаметр древостоя								
	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	Степень повреждения древостоя								
<b>Сосняки</b>									
0,1-0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,6-1,0	2	1	1	1	1	1	1	1	1
1,0-1,5	3	2	1	1	1	1	1	1	1
1,6-2,0	3	3	2	1	1	1	1	1	1
2,1-3,0	3	3	3	2	2	1	1	1	1
3,1-4,0	3	3	3	3	3	2	2	2	1
4,1-5,0	3	3	3	3	3	3	3	3	2
5,1 и более	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Березняки</b>									
0,1-0,5	2	1	1	1	1	1	1	1	-
0,6-1,0	3	2	2	1	1	1	1	1	-
1,0-1,5	3	3	2	2	2	2	1	1	-
1,6-2,0	3	3	2	2	2	2	2	2	-
2,1-3,0	3	3	3	3	3	2	2	1	-
3,1-4,0	3	3	3	3	3	3	3	2	-
4,1 и более	3	3	3	3	3	3	3	3	-
<b>Лиственничники</b>									
0,1-0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,6-1,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,0-1,5	2	1	1	1	1	1	1	1	1
1,6-2,0	2	2	1	1	1	1	1	1	1
2,1-3,0	3	2	2	1	1	1	1	1	1
3,1-4,0	3	3	3	3	2	2	2	2	2
4,1-5,0	3	3	3	3	2	2	2	2	2
5,1 -6,0	3	3	3	3	3	3	3	3	2
6,0-7,0	3	3	3	3	3	3	3	3	2
<b>Ельники</b>									
0,1-0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	-
0,6-1,0	3	2	2	2	1	1	1	1	-
1,0-1,5	3	3	3	2	2	2	2	2	-
1,6-2,0	3	3	3	3	3	3	3	3	-
2,1 и более	3	3	3	3	3	3	3	3	-



**Количество непригодной к реализации древесины после верховых пожаров**

Вид пожара	Вид древесных пород		
	сосна	кедр	ель, пихта
Верховой устойчивый	0,5	0,3	0,7
Верховой беглый	0,3	0,2	0,6

**Характеристика повреждения древостоя при верховых и низовых пожарах**

Степени повреждения	Характеристика состояния древостоя	Количество непригодной древесины при низовых пожарах
1	Древостой слабо повреждается пожаром, почти не изреживается, характеризуется частичным отмиранием подчиненных ярусов древостоя или даже сохранением их после слабых низовых пожаров	0-0,25
2	Древостой после пожара заметно изреживается, характеризуется сохранением жизнедеятельности значительного количества деревьев верхнего полога и отмиранием подчиненной части древостоя низовых пожаров средней силы	0,26-0,60
3	Древостой после пожара заметно изреживается, характеризуется сохранением жизнедеятельности только незначительного числа деревьев верхнего полога после верховых или сильных низовых пожаров	0,61-1
4	Древостой гибнет полностью в процессе пожара; представляет собой горельники с древостоями, полностью утратившими жизнедеятельность вследствие обгорания крон во время верховых пожаров	1
5	Древостой в результате пожара вываливается; представляет собой валежные горельники	0,61-1

## 7. РАСЧЕТ СИЛ И СРЕДСТВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Тушение данного вида пожара целесообразно проводить оптимальным способом – способом "ступенчатого огня".

7.1 Рассчитать периметр третьей опорной полосы  $P_{3оп.п.,t}$  (в метрах) через время  $t$  находится из выражения:

$$P_{3оп.п.,t} = P_t + 12\,800, \quad (7.1)$$

где  $P_{1оп.п.,t}$  - периметр первой опорной полосы, в метрах;

$P_t$  - периметр очага пожара в метрах.

При тушении отдельных пожаров, когда есть возможность использовать естественные или искусственные рубежи для пуска отжига (реки, ручьи, дороги, болота, минерализованные полосы и т.д.) объемы работ могут быть уточнены после получения соответствующих мониторинговых и прогностических данных.

7.2 Рассчитать требуемое количество средств для создания опорных полос:

а) при использовании одного вида (типа) средств создания опорных полос  $K_{оп.п.,1,t}$

$$K_{оп.п.,1,t} = \frac{\Pi_{зоп.п.,t}}{\Pi_{р.оп.п.,j}}, \quad (7.2)$$

где  $\Pi_{р.оп.п.,j}$  – производительность j-го средства по созданию опорных полос (из таблицы 7.1);

б) при использовании нескольких разнотипных средств по созданию опорных полос  $K_{оп.п.,в,t}$

$$K_{оп.п.,в,t} = \frac{\Pi_{зоп.п.,t}}{\Pi_{р.оп.п.,в,j}}, \quad (7.3)$$

где  $\Pi_{р.оп.п.,в,j}$  – суммарная производительность из J имеющихся средств созданию опорных полос (из таблицы 7.1);

7.3 Рассчитать требуемое количество сил для создания опорных полос:

а) при использовании одного вида (типа) средств создания опорных полос  $C_{оп.п.,1,t}$

$$C_{оп.п.,1,t} = K_{оп.п.,1,t} * C_{эк.,1,j}, \quad (7.4)$$

где  $C_{эк.,1,j}$  – количество членов экипажа j-го средства по созданию опорных полос (выбирается из таблицы 7.1);

б) при использовании нескольких разнотипных средств по созданию опорных полос  $C_{оп.п.,в,t}$

$$C_{оп.п.,в,t} = K_{оп.п.,в,t} * C_{эк.,в,j}, \quad (7.5)$$

где  $C_{эк.,в,j}$  – суммарное количество членов экипажей разнотипных средств, используемых для создания опорных полос (выбирается из таблицы 7.1)/

7.4 Требуемое количество сил  $C_{отж.,t}$  и средств  $N_{отж.,t}$  для пуска отжига от опорных полос через время t (в часах) рассчитывается по формуле:

$$N_{отж.,t} = \frac{\Pi_{зоп.п.,t}}{\Pi_{р.отж}} = \frac{\Pi_t + 12800}{\Pi_{р.отж}}, \quad (7.6)$$

где  $\Pi_{р.отж}$  – производительность различных типов зажигательных аппаратов (берется из таблицы 7.1), в м/ч;

$\Pi_{зоп.п.,t}$  – периметр третьей опорной полосы через время t (в часах), в метрах;

$\Pi_t$  – периметр очага пожара через время t, в метрах.

При этом результаты округляются по правилам округления.

Соответственно, количество сил, необходимых для проведения отжига  $C_{отж.,t}$  определяется количеством используемых средств пуска отжига, то есть:

$$C_{отж.,t} = N_{отж.,t} \quad (7.7)$$

7.5 Рассчитать общее требуемое количество средств для тушения пожара:

а) при использовании одного вида (типа) средств создания опорных полос  $K_{общ.,1,t}$

$$K_{общ.,1,t} = K_{оп.п.,1,t} + N_{отж.,t}, \quad (7.8)$$

б) при использовании нескольких разнотипных средств по созданию опорных полос  $K_{общ.,в,t}$

$$K_{\text{общ,в,t}} = K_{\text{оп.п.,в,t}} + N_{\text{отж,t}}, \quad (7.9)$$

Общее же требуемое количество сил для тушения пожара находим по формулам:

а) при использовании одного вида (типа) средств создания опорных полос  $C_{\text{общ,1,t}}$

$$C_{\text{общ,1,t}} = C_{\text{оп.п.,1,t}} + C_{\text{отж,t}}, \quad (7.10)$$

б) при использовании нескольких разнотипных средств по созданию опорных полос  $C_{\text{общ,в,t}}$

$$C_{\text{общ,в,t}} = C_{\text{оп.п.,в,t}} + C_{\text{отж,t}}, \quad (7.11)$$

### Выходные параметры

1. Объем работ по созданию трех опорных полос и пуску отжига от них  $\Pi_{\text{оп.п.,t}}$ .
2. Количество и виды (типы) средств, необходимых для создания опорных полос через время  $t$   $K_{\text{оп.п.,1,t}}$  или  $K_{\text{оп.п.,в,t}}$ .
3. Количество сил, необходимых для создания опорных полос через время  $t$ .  $C_{\text{оп.п.,1,t}}$  или  $C_{\text{оп.п.,в,t}}$ .
4. Количество сил и средств, необходимых для пуска отжига через время  $t$   $C_{\text{отж,t}}$  и  $N_{\text{отж,t}}$ , соответственно.
5. Общее количество средств, необходимых для тушения пожара  $K_{\text{общ,1,t}}$  или  $K_{\text{общ,в,t}}$ .
6. Общее количество сил, необходимых для тушения пожара  $C_{\text{общ,1,t}}$  или  $C_{\text{общ,в,t}}$ .

Таблица 7. 1

### Производительность при создании заградительных и опорных полос различными средствами пожаротушения (м/ч на одну машину или одного рабочего при ручных работах)

Наименование средств тушения	Наименование работ	Уклон местности, град.	
		до 12	13-24
Бульдозер при мощности двигателя, л.с.: 100 160	Устройство заградительной минеральной полосы на ширину захвата рабочего органа	300-500	150-300
		500-1000	250-500
Фрезерный полосопрокладыватель (ПФ-1 и др.)	То же	2100	1200
Пожарные машины и агрегаты ТЛП-55, ТЛП-4, ВПЛ-149, АЦЛ-147, АЛП-15 мод. 177 и др.	То же	800-1200	
Плуги (ПКЛ-70-4, ПЛ-1 и др.)	Устройство заградительной минеральной полосы на ширину плуга	800-1500	300-800
Взрывчатые материалы: а) накладные шланговые заряды; б) шнуровые заряды.	Устройство заградительной минеральной полосы	120-150	80-120
	То же	30-50	20-30

Наименование средств тушения	Наименование работ	Уклон местности, град.	
		до 12	13-24
Лопаты, мотыга	Устройство канавки (шириной 0,3-0,4 м, глубиной 0,1-0,3 м) для удержания кромки пожара или пуска отжига	30-50	15-30
Грабли	Устройство минерализованной полосы шириной 0,75 м (путем сгребания листвы, подстилки или лишайника) для удержания кромки пожара или пуска отжига	90-150	60-90
Зажигательный аппарат (АЗ)	Производство отжига от опорной полосы	900-1200	600-900

Примечание: Различия в производительности труда при создании минерализованных полос, наряду с крутизной склона, обусловлены разным механическим составом почвы, степенью захламленности участка и т.д.

## 8. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

### *Пример 1*

На лесной территории с лиственными насаждениями (березняк, средний диаметр древостоя 24 см) возник очаг низового ЛП с начальным периметром 10000 м. Безветрие, класс пожарной опасности погоды III.

Определить последствия пожара через 21 часа.

### *Решение*

По таблице 4.1 определяем класс горимости насаждений -II. Из п. 6.2.1. определяем линейную скорость распространения фронта пожара  $V_{\Phi} = 30$  м/ч, из п. 6.2.2. - флангов пожара  $V_{\text{фл}} = 20$  м/ч, из п. 4.2.3. - тыла  $V_{\text{м}} = 10$  м/ч.

В соответствии с формулой (5.3) приращение периметра  $\Delta\Pi$  за время  $t = 24$  определяется как

$$\Delta\Pi = 3,31V_{\Phi}t = 3,3 \cdot 30 \cdot 24 = 2376 \text{ м}$$

В соответствии с формулой (5.4) определяем периметр пожара:

$$\Pi = \Pi_0 + \Delta\Pi = 10000 + 2376 = 12376 \text{ м}$$

Определяем площадь пожара  $S$  через 24 часа по формуле (5.5):

$$S = 4 \cdot 10^{-6} \Pi^2 = 4 \cdot 10^{-6} 12376^2 = 613 \text{ га}$$

По таблице 6.2 определяем степень повреждения древостоя.

Например, для средней высоты нагара 1.4 м значение степени равно II, тогда из таблицы 6.2 определяем, что отпад по числу деревьев составляет 31-70%, по запасу - 26-60%.

### *Пример 2*

На лесной территории с хвойными насаждениями (ельник, средний диаметр древостоя - 20 см) возник очаг устойчивого верхового ЛП средней интенсивности с начальным периметром 12000м. скорость ветра – 6 м/с, класс пожарной опасности погоды - IV. В районе распространения пожара уклон местности составляет в среднем 12 градусов. В распоряжении руководителя тушения пожара имеется 10 бульдозеров с мощностью двигателя в 10 л.с. и 10 водителей к ним , а также 30 зажигательных аппаратов и 30 рабочих.

Определить последствия пожара и требуемое количество сил и средств для его тушения через 10 часов.

### Решение

В соответствии с п. 3 определяем класс горимости насаждений - I. Из п. 6.3.1. устанавливаем, что линейная скорость распространения фронта устойчивого верхового пожара  $V_{\Phi} = 120$  м/ч, из п. 6.3.3 - флангов пожара  $V_{\text{фл}} = 30$  м/ч, из п. 6.3.4 - тыла  $V_T = 20$  м/ч.

В соответствии с формулой (5.3) приращение периметра  $\Delta\Pi$  за время  $t = 10$  ч:

$$\Delta\Pi = 3.3V_{\Phi}t = 3.3 \cdot 120 \cdot 10 = 3960 \text{ м}$$

В соответствии с формулой (5.4) определяем периметр пожара

$$\Pi = \Pi_0 + \Delta\Pi = 12000 + 3960 = 15960 \text{ м}$$

Определяем площадь пожара  $S$  через 10 часов по формуле (5.5):

$$S = 4 \cdot 10^{-6} \Pi^2 = 4 \cdot 10^{-6} 15960^2 = 1020 \text{ га}$$

По таблице 6.1 определим количество непригодной к реализации древесины. Для ельника и верхового устойчивого пожара это количество составляет 70%. По формуле (7.1) определяется периметр третьей опорной полосы :

$$\Pi_{3\text{оп.п.,t}} = \Pi_t + 12\,800 = 15960 \text{ м} + 12\,800 \text{ м} = 28760 \text{ м}$$

В распоряжении руководителя тушения пожара имеется один тип средств создания опорных полос, поэтому потребность в них через 10 часов определится из выражения (7.2):

$$K_{\text{оп.п.,t}} = \frac{\Pi_{3\text{оп.п.,t}}}{\Pi_{\text{р.оп.п.,j}}} = \frac{28760}{400} \approx 72$$

Количество сил для эксплуатации 72 бульдозеров находится по формуле (7.5) и равно 72, т.е. требуется 72 водителя.

Требуемое количество зажигательных аппаратов и соответственно количество рабочих для их эксплуатации определится из выражений (7.6) и (7.7), соответственно:

$$N_{\text{отж.,t}} = \frac{\Pi_{3\text{оп.п.,t}}}{\Pi_{\text{р.отж}}} = \frac{\Pi_t + 12800}{\Pi_{\text{р.отж}}} = \frac{28760}{1000} \approx 29$$

Общее требуемое количество средств: 72 бульдозера с мощностью двигателя 100 л.с., 29 зажигательных аппаратов типа АЗ и 29 рабочих для их эксплуатации. Руководитель в этом случае должен запросить дополнительные средства (однотипные или разнотипные) для прокладки опорных минерализованных полос после расчета их количества.