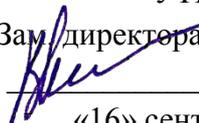


ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора ЮТИ ТПУ

В.Л. Бибик
«16» сентября 2015г.

Солодский С.А.

Методические указания по практическим занятиям по дисциплине

Ч.1.

«ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ»

Юрга - 2016

Солодский С.А. Методические указания по практическим занятиям по дисциплине «Опасные природные процессы» Ч.1. 31 стр

Данные методические указания являются обязательным дополнением к проведению практических занятий. Оно органично связано с учебником «Опасные природные процессы». В учебно-методическое пособие включено: теоретическая часть (описание расчетных методик), практическая часть (примеры решения с помощью представленных методик и задания для самостоятельного их решения) и тестовые задания по тематикам. Структура содержательной части учебно-методического пособия соответствует рабочей программе по учебной дисциплине «Опасные природные процессы» и охватывает все тематики практических занятий по дисциплине.

Предназначено для использования при подготовке и в ходе практических занятий (самостоятельной работы) студентами направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, профиль подготовки "Защита в ЧС"

Программа одобрена на заседании кафедры БЖДЭиФВ
(протокол № 9/5 от "12" сентября 2015 г.).

Зав. кафедрой БЖДЭиФВ



С.А. Солодский

Руководитель ООП 20.03.01.
Техносферная безопасность

В.М. Гришагин

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания разработаны в соответствии с рабочими программами по учебной дисциплине «Опасные природные процессы» для студентов направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, профиль подготовки "Защита в ЧС".

Состоит из теоретической части, в которой изложены расчетные методики для определения факторов опасных природных явлений, практическая часть, в которой изложены примеры расчетов опасных факторов по приведенным методикам, задания для самостоятельного решения практических задач и тесты по тематикам.

Теоретическая часть учебно-методического пособия позволяет закрепить знания, полученные обучающимися в ходе лекционных и семинарских занятий (самостоятельной работы), а практическая часть – сформировать и закрепить практические навыки в проведении оперативных расчетов в целях обоснования принимаемых решений по смягчению последствий влияния опасных природных процессов.

1. СТИХИЙНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ЛИТОСФЕРЕ. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ. МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ОБСТАНОВКИ.

1.1. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНЖЕНЕРНОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ

Обеспечение безопасности, защиты населения и территорий при ЧС, вызванных стихийными бедствиями и др., является одним из главных направлений государственной политики РФ, которую призвано решать МЧС России.

Для успешного решения такой задачи важно знать теоретические основы предмета и методики оценки обстановки в ЧС.

Под инженерной обстановкой понимается совокупность последствий воздействия аварий, катастроф, стихийных бедствий и применения современных средств поражения (ССП), оказывающих влияние на жизнедеятельность рабочих, служащих объекта экономики (ОЭ), населения и устойчивую работу ОЭ.

Оценка инженерной обстановки производится с целью определения объема и характера разрушений (зоны ЧС) и расчета необходимых сил и средств для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АС и ДНР), т.е. ликвидации последствий ЧС.

Она включает: определение масштаба (зоны ЧС), степени разрушения объекта и его элементов; анализ влияния разрушений и других негативных воздействий ЧС на население и устойчивость функционирования ОЭ; разработку предложения по организации и ведению АС и ДНР.

1.1.1. Оценка инженерной обстановки при землетрясении

Наиболее опасными геологическими процессами являются землетрясения. Так, 20% территорий РФ подвержено воздействию землетрясений интенсивностью более 7 баллов, более 5% территорий – 8-9 баллов. К ним относят Северный Кавказ, Прибайкалье, Якутию, Сахалин, Камчатку и Курильские острова.

Более 20 млн. человек России постоянно подвержены угрозе разрушительных землетрясений. В течение года происходит свыше 100 000 землетрясений, которые регистрируются сейсмографами. В мире в среднем от землетрясений погибает примерно 10 000 человек.

В РФ за 1992-2000 гг. произошло более 120 ощутимых землетрясений и два сильных землетрясения: на о. Шикотан (4-5 октября 1994 г.) и в г. Нефтегорске (27 мая 1995 г.), которое привело к гибели 2000 чел. и полному разрушению города [15, 10].

Землетрясения – это сильные колебания, сотрясения или смещения земной коры, вызванные тектоническими или вулканическими процессами и

приводящие к разрушению зданий, сооружений, пожарам и человеческим жертвам.

Область возникновения подземного толчка (удара) является очагом землетрясения. В его пределах и происходит процесс высвобождения накопившейся энергии. В центре очага условно выделяется точка, называемая гипоцентром, его проекция на поверхность земли носит название эпицентр. В период землетрясения из гипоцентра излучается сейсмическая энергия в форме сейсмических волн, т.е. упругих продольных и поперечных волн.

Основными характеристиками землетрясений являются:

глубина очага землетрясения; магнитуда и интенсивность энергии на поверхности земли.

Глубина очага – это глубина места, где возникает подземный удар (толчок), т.е. очаг землетрясения. Глубина очага землетрясения в различных сейсмических районах лежит в пределах от 0 до 720 км.

В зависимости от глубины очага (H) землетрясения подразделяются на: поверхностные ($H=0 - 70$ км); промежуточные ($H=70 - 300$ км); глубокие (H более 300 км).

До сих пор не было зарегистрировано ни одного землетрясения глубже 720 км. Свыше 75% энергии, выделенной при землетрясении, принадлежит поверхностным и только 3% - глубоким. Проявление землетрясений в тех или иных районах называют их сейсмичностью.

Магнитуда – мера общего количества энергии, излучаемой при сейсмическом толчке в форме упругих волн. Магнитуда является характеристикой очага землетрясения и определяет общую энергию землетрясения в нём.

Магнитуда – безразмерная величина, представляет собой логарифм максимальной амплитуды (Z_m) смещения почвы (поверхностной волны) в микронах (мкм), измеренной прибором сейсмографом (или по сейсмограмме) на расстоянии $R=100$ км от эпицентра землетрясения:

$$M = \lg Z_m - 1,32 R \quad (1.1)$$

Магнитуда по вектору изменяется от 0 до 9. Однако магнитуда характеризует выход сейсмической энергии только в эпицентре землетрясения. Поэтому для более объективной оценки силы колебания земной поверхности, т.е. землетрясения в точках, которые удалены от эпицентра, введено понятие интенсивность землетрясения.

Интенсивность землетрясения – это интенсивность колебания грунта на поверхности земли, являющаяся разрушительной силой землетрясения. Она зависит от магнитуды (M), расстояния от эпицентра (R) и глубины очага землетрясения (H). Интенсивность землетрясения (в баллах) в заданной точке на поверхности земли определяется зависимостью:

$$J=3+1.5 \cdot M - 3.5 \lg \sqrt{R^2 + H^2}, \quad (1.2)$$

где 3, 1.5, 3.5 - региональные константы для РФ.

Следовательно, интенсивность землетрясения (сила, балльность или сейсмическая интенсивность) оценивает силу землетрясения на поверхности Земли. Факторами, которые определяют интенсивность землетрясений, помимо собственно сейсмической энергии, являются: расстояние до эпицентра, свойства грунта, качество строительства и др. Они характеризуют степень и масштаб разрушений, нанесенных стихией в данном конкретном месте. Интенсивность или сила землетрясения измеряется в баллах. При этом может применяться несколько шкал:

- шкала Рихтера, которая использует величину магнитуды ($1 < M < 9$, 9-ти балльная);
- шкала Меркалли интенсивности землетрясения - 12-балльная;
- модифицированная шкала Меркалли ММ - в США;
- в некоторых странах Европы - шкала Меркалли КЗ;
- шкала MSK-64 (шкала Медведева, Шпонхойера, Карника), рекомендованная ЮНЕСКО, по интенсивности энергии - 12-балльная;
- шкала ИФЗ, весьма близкая к шкале Меркалли, рекомендована и положена в основу СНИП-11-7-81 "Строительство в сейсмических районах".

Все перечисленные шкалы близки между собой и интенсивность землетрясений измеряют по 12-балльной шкале.

В настоящее время в России и странах СНГ применяется международная 12-балльная шкала MSK-64 (шкала Медведева, Шпонхойера, Карника).

Итак, шкала MSK-64 подразделяет землетрясения по силе толчков на поверхности земли, т. е. по интенсивности землетрясения, на 12 баллов.

В зависимости от интенсивности землетрясения делят на:

- слабые (I-III балла);
- умеренные (IV балла);
- сильные (V-VI баллов);
- очень сильные (VII баллов);
- разрушительные (VIII-X баллов);
- катастрофические (XI баллов) и сильно катастрофические (XII баллов)

Одной из причин землетрясения может быть извержение вулкана, обвал горных пород и т. п. Поэтому землетрясения в зависимости от причины возникновения бывают: тектонические, вулканические, обвальные и моретрясения

Тектонические - возникают в результате перемещения масс земной коры под влиянием внутренних напряжений.

Вулканические - возникают при извержении вулканов. При извержении подводных вулканов могут быть огромные волны цунами и образовываться новые острова.

Обвальные - наблюдаются при обрушении сводов подземных карстовых пустот. Моретрясения - это резкие колебания воды в морях и океанах,

возникающие при землетрясениях, очаг которых находится под дном моря (океана) или в прибрежных районах. Сильное моретрясение сопровождается образованием цунами - огромных волн высотой до

30 м, скоростью до 80 км/ч. Достигая берега, она смывает береговые сооружения, приносит большие разрушения, вызывает человеческие жертвы.

Основным способом снижения потерь и ущерба при землетрясениях является строительство сейсмостойких сооружений, сейсмическое районирование территорий, прогнозирование возможных землетрясений, сейсмическое наблюдение (мониторинг), проведение АС и ДНР в зоне ЧС и т. п. .

Рассмотрим методику определения разрушения объекта при землетрясении, применяемую в практике оценки инженерной обстановки.

Максимальный ущерб объекту экономики от стихийных бедствий может быть причинён при землетрясении. Оценка предполагаемых масштабов разрушений при землетрясениях может быть произведена аналогично оценке разрушений при ядерном взрыве с той лишь разницей, что в качестве критерия берётся не значение избыточного давления (ΔP_{ϕ}), а интенсивность землетрясения (J) в баллах [9, 8, 17]. При этом J на конкретном объекте по 12-балльной шкале находят по формуле (1.2) . Методика расчета разрушений зданий и сооружений при землетрясениях дана в работах.

В практических расчетах при оценке устойчивости ОЭ к землетрясениям характер и степень разрушений определяют по табл. 3 для различных дискретных значений интенсивности (J , баллы) в интервале от величин, вызывающих слабые разрушения элементов ОЭ (зданий, сооружений, оборудования, сети КЭС и т. п.), до величин, вызывающих полные их разрушения.

Во время землетрясений наряду с разрушениями зданий выходят из строя и системы жизнеобеспечения населения, т. е. сети коммунально-энергетического снабжения (КЭС). Оценка их устойчивости при землетрясении производят по табл. 4.

Кроме этого, при расчетах могут быть определены и безвозвратные потери среди населения (табл. 5).

Пример: Ожидаемая интенсивность землетрясения на территории объекта – IX баллов по шкале MSK-64. На его территории имеются производственные и административные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием 25-50 т, складские кирпичные здания, трубопроводы на металлических и железобетонных эстакадах. Определить характер разрушения элементов объекта при данном землетрясении.

Решение

По табл. 3 находим, что при IX баллах промышленные, административные здания и трубопроводы получают средние разрушения, а складские здания – сильные разрушения.

ЗАДАНИЕ: Определить характер разрушения элементов объекта при землетрясении, устойчивость систем жизнеобеспечения, а также возможные безвозвратные потери среди населения.

ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА:

№ вариант а	Ожидаемая интенсивность землетрясения на территории объекта по шкале MSK-64.	Характеристика зданий и сооружений
1.	6,5	Производственные и административные здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением, складские кирпичные здания и трубопроводы на металлических эстакадах.
2.	7	Здания с легким металлическим каркасом и бескаркасной конструкции
3.	7,5	Кирпичные многоэтажные здания (три и более этажей)

Таблица 1. Краткая характеристика возможной интенсивности землетрясений по 12-балльной шкале Меркалли (MSK-64)

Баллы	Краткая характеристика землетрясений
I	Отмечается только сейсмическими приборами
II	Ощущается отдельными людьми, находящимися в полном покое
III	Ощущается небольшой частью населения
IV	Легкое дребезжание и колебания предметов, посуды и оконных стекол
V	Общее сотрясение зданий, колебание мебели, трещины в оконных стеклах и штукатурке
VI	Пробуждение спящих, падение со стен картин, откалываются отдельные куски штукатурки
VII	Трещины в стенах каменных домов, антисейсмические и деревянные постройки остаются невредимыми
VIII	Трещины на почве, сдвиг или опрокидывание памятников, сильное повреждение домов
IX	Сильное разрушение каменных домов, перекосы деревянных домов
X	Трещины в почве, иногда до метра шириной, оползни, обвалы со склонов, разрушение каменных построек, искривление железнодорожных рельсов
XI	Более широкие трещины в поверхностных слоях земли, многочисленные обвалы, каменные дома совершенно разрушаются, выпячивание железнодорожных рельсов
XII	Большие изменения ландшафта, многочисленные трещины, обвалы, оползни, возникновение водопадов, подпруд на озерах, изменение течения рек, ни одно сооружение не выдерживает

Таблица 2. Соотношение между шкалой Рихтера и MSK-64

Магнитуда по Рихтеру	4,0-4,9	5,0-5,9	6,0-6,9	7,0-7,9	8,0-8,9
Интенсивность по шкале MSK-64	IV-V	VI-VII	VIII-IX	IX-X	XI-XII

Таблица 3. Степень разрушения зданий, сооружений при землетрясении

N п.п.	Характеристика зданий и сооружений	Разрушение, баллы			
		слабое	среднее	сильное	полное
1	Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25-50 т	VII-VIII	VII-IX	IX-X	X-XII
2	Здания с легким металлическим каркасом и бескаркасной конструкции	VI-VII	VII-VIII	VIII-IX	IX-XII
3	Промышленные здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением с площадью остекления 30%	VI-VII	VII-VIII	VIII-IX	IX-X
4	Промышленные здания с металлическим каркасом и сплошным хрупким заполнением стен и крыши	VI-VII	VII-VIII	VIII-IX	IX-XI
5	Здания из сборного железобетона	VI-VII	VII-VIII	-	VIII-XI
6	Кирпичные бескаркасные производственно - вспомогательные одно- и многоэтажные здания с перекрытием (покрытием) из железобетонных сборных элементов	VI-VII	<u>VII-VIII</u>	VIII-IX	IX-XI
7	То же, с перекрытием (покрытием) из деревянных элементов одно- и многоэтажные	VI	VI-VII	VII-VIII	более VIII
8	Административные многоэтажные здания с металлическим или железобетонным каркасом	VII-VIII	VIII-IX	IX-X	X-XI
9	Кирпичные малоэтажные здания (один-два этажа)	VI	VI-VII	VII-VIII	VIII-IX
10	Кирпичные многоэтажные здания (три и более этажей)	VI	VI-VII	VII-VIII	VIII-IX
11	Складские кирпичные здания	V-VI	VI-VIII	VIII-IX	IX-X
12	Трубопроводы на металлических или ж/б эстакадах	VII-VIII	VIII-IX	IX-X	-

Таблица 4. Устойчивость систем жизнеобеспечения, %

Система	Степень повреждения, баллы				
	6	7	8	9	10
Водоснабжение	80/90	53/80	48/53	36/48	24/36
Электроснабжение	85/95	75/85	60/75	43/60	32/43
Газоснабжение	90/95	85/90	77/85	62/77	50/62
Теплоснабжение	85/90	77/85	50/77	28/50	15/28
Транспорт	90/95	85/90	68/85	55/68	20/55
Канализация	100/100	90/100	82/90	55/68	45/60
Связь	100/100	90/100	82/90	55/82	30/55

Примечание: В числителе - % систем жизнеобеспечения, способных к функционированию немедленно, а в знаменателе - после восстановительных работ в течение суток.

Таблица 5. Безвозвратные (смертельные) потери населения при землетрясениях, %

Тип зданий	Интенсивность землетрясения, баллы							
	5	6	7	8	9	10	11	12
	Безвозвратные потери населения при землетрясениях, %							
Деревянные	0	0	0	0	3	40	65	85
Кирпичные малоэтажные (1-2 этажа)	0	0	10	15	50	55	75	85
Кирпичные многоэтажные	0	0	0	3	40	50	75	83
Кирпичные с неполной каркасной стеной	0	0	0	3	40	50	75	83
Каркасно-панельные с расчетной сейсмостойкостью в:								
VII баллов	0	0	0	0	15	40	60	80
VIII баллов	0	0	0	0	0	15	40	65
IX баллов	0	0	0	0	0	0	15	50
Промышленные с каркасом среднего типа и расчетной сейсмостойкостью в:								
VII баллов	0	0	0	0	15	40	60	80
VIII баллов	0	0	0	0	0	15	40	65
IX баллов	0	0	0	0	0	0	15	50
Промышленные с каркасом тяжелого типа и расчетной сейсмостойкостью в:								
VII баллов	0	0	0	0	15	40	60	80
VIII баллов	0	0	0	0	0	15	40	65
IX баллов	0	0	0	0	0	0	15	50

2.1. Анализ характера разрушения зданий при землетрясении

Общие положения

При воздействии поражающих факторов землетрясений здания могут

получить ту или иную степень разрушения (рис. 1). Статистика характера разрушений зданий при землетрясениях показывает, что здания при полном разрушении практически полностью превращаются в обломки, образуя завалы. При разрушении зданий на ступень ниже полной в расчетах можно принять, что объем завалов составляет примерно 50% от объемов завалов зданий в случае их полного разрушения.

Завалы различных типов зданий характеризуются показателями. Показатели завалов зданий являются определяющими параметрами при выборе технологии спасательных работ. Данные показатели можно свести к двум группам:

- показатели, непосредственно характеризующие завал;
- показатели, характеризующие обломки завала.

К **показателям, непосредственно характеризующим завал**, можно отнести:

- дальность разлета обломков; длину и ширину завала, верхних граней обелиска завала; высоту завала;
- объемно-массовые характеристики завалов; структуру завалов по весу обломков, составу строительных элементов арматуры.

К показателям, характеризующим обломки завала, относят:

- вес обломков; геометрические размеры;
- структуру и содержание арматуры.

2.1 Определение дальности разлета обломков

При землетрясениях дальность разлета обломков рассчитывается из условия, что угол наклона боковых сторон обелиска равен углу естественного откоса.

Исходя из этого условия, дальность разлета обломков составляет, м:

$$l = \operatorname{от} \frac{H}{4} \operatorname{до} \frac{H}{3} \quad (2.1)$$

где H - высота зданий, м.

При проведении оперативных расчетов принимается, что высота одного этажа составляет для типовых жилых и производственных зданий 3 м и 4 м соответственно.

Подводя итоги, можно рекомендовать, при оперативном прогнозировании заваливаемости улиц и подъездных путей, дальность разлета обломков принимать равным:

$$l = \frac{H}{3}, \text{ м} \quad (2.2)$$

2.2 Определение длины и ширины завала, верхних граней обелиска завала

Длина завала - геометрический размер завала в направлении наибольшего размера стороны здания (A):

$$A_{3AB} = 2 \cdot l + A, \text{ м} \quad (2.3)$$

Ширина завала – геометрический размер завала в направлении наименьшего размера стороны здания (B):

$$B_{3AB} = 2 \cdot l + B, \text{ м} \quad (2.4)$$

При землетрясениях площадь верхней грани обелиска по размерам меньше площади основания здания. Длина и ширина верхней грани обелиска, для этого случая, соответственно равна:

$$A_1 = A - 2 \cdot l, \text{ м} \quad (2.5)$$

$$B_1 = B - 2 \cdot l, \text{ м}$$

2.3 Определение высоты завала

Высота завала (h) – расстояние от уровня земли до максимального уровня обломков в пределах контура здания.

Основным фактором, определяющими высоту завала, являются этажность здания.

На основании обобщения расчетов получена формула для определения высоты завала при оперативном прогнозировании:

$$h = \frac{\gamma \cdot H}{100 + K \cdot H}, \text{ м} \quad (2.6)$$

где:

γ – показатель объема завала здания;

$k = 0,5$ (поправочный коэффициент).

Показатель объема (γ) в формуле (2.6) при оперативных расчетах рекомендуется принимать равным:

для промышленных зданий $\gamma = 20$;

для жилых зданий $\gamma = 40$.

Более точные значения показателей (γ) с учетом различных типов и конструктивных решений зданий, приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Объемно-массовые характеристики завала			
Тип здания	Пустотность(α), м ³ /100 м ³ завала	Показатель объема, (γ)	Объемный вес(β), т/м ³
Производственные здания:			
одноэтажное легкого типа	40	14	1,5
одноэтажное среднего типа	50	16	1,2
одноэтажное тяжелого типа	60	20	1
многоэтажное	40	21	1,5
смешанного типа	45	22	1,4
Жилые здания бескаркасные:			
кирпичное	30	36	1,2
мелкоблочное	30	36	1,2

крупноблочное	30	36	1,2
крупнопанельное	40	42	1,1
Жилые здания каркасные:			
со стенами из навесных панелей	40	42	1,1
со стенами из каменных материалов	40	42	1,1
Примечания: 1. Пустотность завала (α) - объем пустот в м ³ на 100 м ³ завала.			
2. Объемный вес завала (β) - вес в т на 1 м ³ завала.			

Высота завала на различных расстояниях (x) зависит от высоты завала и дальности (l) разлета обломков, определяется:

$$h_{(x)} = h \cdot \left(1 - \frac{x}{l}\right), \text{ м} \quad (2.7)$$

2.4 Построение расчетной схемы завала

На основании анализа материалов натуральных завалов зданий установлено, что завалы зданий можно упрощенно представить как обелиски – геометрические фигуры с прямоугольными основаниями, расположенными в параллельных плоскостях (рис.2.1.).

Противоположные боковые грани обелиска наклонены к основанию. Основными данными для построения этой фигуры являются размеры основания здания ($A_{зав}$ и $B_{зав}$), высота завала (h) и дальность разлета обломков (l).

Характерными геометрическими показателями завала также являются показатели верхних граней обелиска (A_1 и B_1).

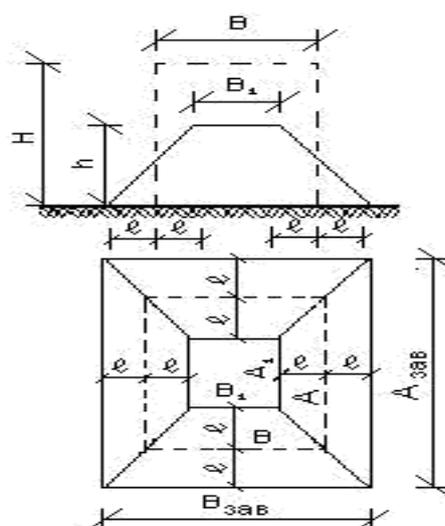


Рисунок 2.1 Расчетная схема завала

2.5 Определение объемов завала и обелиска

Объем образовавшегося завала оперативно можно определить по формуле:

$$V_{зав} = \frac{\gamma \cdot A \cdot B \cdot H}{100}, \text{ м} \quad (2.8)$$

Объем обелиска можно определить по формуле:

$$V_{об} = \frac{H}{6} \cdot [A_1 \cdot B_1 + (A_1 + A_{зав}) \cdot (B_1 + B_{зав}) + A_{зав} \cdot B_{зав}] \quad (2.9)$$

2.6 Определение структуры и объемно-массовых характеристик завалов

Структура завалов влияет как на способы выполнения спасательных работ, так и на состав сил и средств, привлекаемых для ликвидации последствий землетрясения. Основными показателями, характеризующими структуру завала, являются распределение обломков по весу, составу элементов (материала) и содержанию арматуры.

Структура завала по весу обломков – процентное содержание в завалах различных типов обломков - определяется по табл. 2.2.

Таблица 2.2. – Структура завала по весу обломков, (%)

Тип здания	Тип обломков по весу			
	очень крупные больше 5 тонн	крупные от 2 до 5 тонн	средние от 0,2 до 2 тонн	мелкие до 0,2 тонн
Производственное одноэтажное	60	10	20/5	10/25
Производственное многоэтажное и смешанного типа	10	40	40/10	10/40
Жилое здание бескаркасное	0	30	60/10	10/60
Жилое здание каркасное	0	50	40/10	10/40

Примечание: В числителе - значения для стен из крупных панелей, в знаменателе - значения для стен из каменных материалов (кирпича, мелких обломков).

Эти показатели получены на основе анализа информации о завалах зданий, разрушенных при авариях и катастрофах, а также при проведении ряда натурных испытаний. При определении состава сил и средств следует иметь в виду, что очень крупные и крупные обломки весом более 2-х тонн, перемещаются с использованием инженерной техники, средние - весом до 2-х тонн, могут быть перемещены с помощью ручных лебедок, а мелкие – весом до 200 кг, могут быть перемещены спасателями вручную.

Структура завала по составу элементов – процентное содержание в

завалах обломков из различного материала – определяется по табл. 2.3.

Эти показатели могут быть использованы при оценке объемов и видов работ.

Таблица 2.3 – Структура завала по составу элементов (%) при разрушении зданий

Состав элементов	Здания жилые со стенами		Здания производственные со стенами	
	из кирпича (каменных материалов)	из крупных панелей	из кирпича	из крупных панелей
Кирпичные глыбы,битый кирпич	50	-	25	-
Обломки железобетонных и бетонных конструкций	15	75	55	80
Деревянные конструкции	15	8	3	3
Металлические конструкции (включая станочное оборудование)	5	2	10	10
Строительный мусор	15	15	7	7

Структура завала по составу арматуры – содержание арматуры в различных сечениях завала.

В настоящее время, в литературе отсутствуют точные сведения по содержанию арматуры в сечениях завала. Эти показатели получены на основе анализа проектов производственных и жилых зданий. Результаты обобщения материалов приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4– Структура завала по содержанию арматуры

Тип здания	Содержание арматуры в пределах контура здания на 1 пог. м. завала, (F_a), см ²	Сортамент арматуры на 1 пог. м. завала (Диаметр, мм)
1	2	3
Производственные одноэтажные:		
легкого типа	20	D 12–14 - 11 ед. D 28–32 - 1 ед.
среднего типа	25	D 12–14 - 12 ед. D 32–36 - 1 ед.
тяжелого типа	30	D 12–14 - 13 ед. D 36–40 - 1 ед.
производственное многоэтажное	15*n (n-число этажей)	D 12–14 - 16 ед. D 36–40 - 1 ед.
производственное смешанного типа	40	D 12–14 - 16 ед. D 36–40 - 1 ед.

Жилые здания бескаркасные:		
мелкоблочные	12*n	D 12-14 - 7 ед.
крупноблочные	12*n	D 12-14 - 7 ед.
крупнопанельные	14*n	D 12-14 - 9 ед.
жилые здания каркасные	20*n	D 12-14 - 9 ед. D 25-28 - 11 ед.

Содержание арматуры в завалена различных расстояниях (x) от контура здания зависит от содержания арматуры в пределах контура здания и от дальности разлета обломков, при оперативном прогнозировании можно определить по формуле:

$$F_{(x)} = F_a \cdot \left(1 - \frac{x}{l}\right), \text{ см}^2/\text{пог. м} \quad (2.10)$$

2.7 Объемно-массовые характеристики завалов

Объемно-массовые характеристики завалов используются для обоснования состава транспортной и грузоподъемной инженерной техники. К этим характеристикам отнесены: показатель объема завала; объем завала от разрушенного здания; объемный вес завала и пустотность.

Показатель объема завала (γ) – объем завала на 100 м³ – определяется по табл. 21. Этот показатель используется при определении высоты завала (формула 2.6) и объема завала (формула 2.8).

Объемный вес завала (β) – вес в т 1 м³ завала - определяется по табл. 2.1. Последние два показателя используются при планировании транспортных средств для разборки завалов.

Показатель пустотности завала (α) – используется при подготовке предложений по технологии спасательных работ, в частности, при проходке галерей в завалах. Анализ информации по разрушению зданий показал, что пустотность завалов промышленных зданий может быть почти в два раза больше жилых. Показатели пустотности завалов приведены в табл. 2.1.

Определение суммарного объема пустот завала в зависимости от типа здания и его показателей может быть определено по формуле:

$$W_{(\alpha)} = \frac{\alpha \cdot V_{\text{зав}}}{100}, \text{ см}^2/\text{пог. м} \quad (1.1.11)$$

2.8 Показатели обломков

К показателям, характеризующим крупные обломки завалов, отнесены максимальный вес, размеры и структура обломка по составу арматуры. Максимальный вес обломков необходимо знать для подбора

грузоподъемности крана, а их размеры – для подбора транспортных средств. Эти показатели получены на основе анализа проектов производственных и жилых зданий и могут быть приняты для производственных зданий по табл.2.5, для жилых – по табл. 2.6.

Таблица 2.5 – Вес основных конструктивных элементов производственных зданий и содержание арматуры

Тип здания	Конструктивные элементы и их размеры, м		Вес, т	Содержание арматуры, кг
1	2		3	4
Одноэтажное легкого типа	Балки покрытия:	H = 3,6	1	80
		H = 7,2	4	300
		l = 6	3	200
		l = 12	5	300
		l = 18	12	1200
	Плиты покрытия:	6 x 1,5	1	130
6 x 3		2	250	
12 x 1,5		3,5	200	
12 x 3		7	400	
Полосовые панели наружных стен:	6 x 1,2	2	60	
	6 x 1,8	3	100	
Одноэтажное среднего типа	Колонны:	H = 8,4	5	300
		H = 10,8	12	600
Фермы покрытия:	l = 18	8	500	
	l = 24	20	1500	
Одноэтажное тяжелого типа	Колонны:	H = 10,8	10	600
		H = 18	20	1500
	Фермы покрытия:	l = 24	20	1200
l = 36		35	2500	
Плиты покрытия:	12 x 3	7	300	
Многоэтажное	Колонны:	H = 6,2	3	660
		H = 10	5	1200
		H = 14,8	10	1500
	Балки перекрытий:	l = 5	4	400
		l = 9	7	700
	Плиты перекрытий:	6x 0,75	0,5	65
6x 2,5		1	130	
Смешанного типа	Строительная система включает элементы многоэтажного здания и здания среднего типа			

Как видно из таблиц, для выполнения спасательных работ при разборке завалов производственных зданий может возникнуть потребность в кранах грузоподъемностью свыше 30-ти тонн. При ведении работ в районах размещения жилых зданий малой этажности, как правило, достаточно иметь грузоподъемные средства до 4-х тонн.

Таблица 2.6 – Вес основных конструктивных элементов жилых зданий и содержание арматуры

Тип здания	Конструктивные элементы	Вес, т	Содержание арматуры, кг
Бескаркасное			
Кирпичное	Максимальный вес обломков стен	1,5	-
Мелкоблочное	Максимальный вес обломков стен	1	-
Крупноблочное	Максимальный вес обломков стен	2	-
Крупнопанельное	Панели наружных стен	4	140
Каркасное			
Со стенами из навесных панелей	Панели наружных стен	3	100
Со стенами из каменных материалов	Максимальный вес обломков стен	1	-
	Колонны: Н = 8 м сечением 30 x 30 см (до 5 этажей)	2	150
	Н = 8 м сечением 40 x 40 см (5-12 этажей)	2,5	200
	Ригели каркаса 40 x 45 см	2	150
	Плиты перекрытий 6 x 1 м	2,5	150

3. ПРИРОДНЫЕ ПОЖАРЫ. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ. МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ОБСТАНОВКИ

3.1 Методика расчета последствий лесного пожара

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 и результате ЛП.

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

Методика ориентирована на использование работниками комиссий по чрезвычайным ситуациям и штабов ГО всех уровней.

3.1.1. Основные понятия и определения.

ЛП – это стихийное (то есть неуправляемое) горение, распространившееся на лесную площадь, окруженную негорящей территорией. В лесную площадь, по которой распространяется пожар, входят открытые лесные пространства (вырубки, гари и др.). В зависимости от сгорающих материалов различают два основных вида ЛП: низовые и верховые. По скорости распространения пожары разделяются на три категории: сильные (свыше 100 м/мин.); средней силы (3 – 100 м/мин.) и слабые (до 3 м/мин.).

Кромкой пожара называют непрерывно продвигающуюся по горючему материалу полосу горения, на которой основной горючий материал сгорает с максимальной интенсивностью и образует вал огня. Фронт пожара - наиболее быстро распространяющаяся в направлении ветра огневая кромка. Тыл – двигающаяся против ветра кромка огня. Фланги – продвигающаяся перпендикулярно ветру огневая кромка

Низовым называется ЛП, распространяющийся по почвенному покрову. Низовой пожар бывает двух видов: беглый и устойчивый. Беглым называется пожар, при котором горят почвенные покровы, опавшие листья и хвоя.

Пожары чаще бывают весной и распространяются с большой скоростью там, где есть высохший надпочвенный слой. Горение надпочвенного покрова на единице площади продолжается короткое время, при котором обгорают корни деревьев, кора, хвойный подвесок. Устойчивый пожар - это пожар, при котором после сгорания покрова горят подстилка, пни, валежник и др.

Он развивается обычно летом, горение продолжается длительное время. Здесь могут создаваться условия для верховых пожаров.

Для низовых пожаров характерна вытянутая форма пожарища, с неровной кромкой наличием фронта, тыла и флангов. Цвет дыма при низовом пожаре – светло-серый. Развитие низовых пожаров во многом зависит от характера лесного массива. Низовые пожары на вырубках обычно распространяются с большей скоростью, чем под пологом древостоев. В изреженных молодняках скорость распространения горения при ветре, как правило, значительно выше, чем в сомкнутых.

Верховой пожар является дальнейшей стадией развития низового пожара с распространением огня по кронам и стволам деревьев верхних ярусов. Основным горючим материалом на фронте являются листья и сучья, главным образом, хвойных деревьев и лесной почвенный покров. На флангах и в тылу верховой пожар распространяется низовым огнем. Наиболее интенсивное горение происходит во фронте пожара. Верховые пожары бывают беглые (пятнистые) и устойчивые. Беглые верховые пожары наблюдаются при сильном ветре. Огонь обычно распространяется по пологу древостоя скачками (пятнами), иногда значительно опережая фронт низового пожара. При движении пожара по кронам ветер разносит искры, горящие ветви, которые создают новые очаги низовых пожаров на сотни метров впереди основного очага. Во время скачка пламя распространяется по кронам со скоростью 100 м/мин и выше, однако скорость распространения самого пожара меньше, так как после скачка происходит задержка, пока низовой огонь не пройдет участок с уже сгоревшими кронами. Форма площади при беглом верховом пожаре вытянутая по направлению ветра. Дым верхового пожара – темный. При устойчивых верховых пожарах огонь распространяется по кромкам пожара по мере продвижения кромки устойчивого низового. После такого пожара остаются обугленные останки стволов и наиболее крупных сучьев.

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

Комплексный показатель определяется по формуле:

$$K = \sum_{1}^n (T_0 - \tau) T_0 \quad (3.1)$$

где

T_0 - температура воздуха на 12 час по местному времени;

t - точка росы на 12 час. (дефицит влажности);

n - число дней после последнего дождя.

Количество осадков до 25 мм в сутки и 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 существуют следующие классы пожарной опасности погоды.

I класс пожарной опасности (K до 300) – отсутствие опасности;

II класс пожарной опасности (K от 301 до 1000) – малая пожарная опасность;

III класс пожарной опасности (K от 1001 до 4000) – средняя пожарная опасность;

IV класс пожарной опасности (K от 4001 до 10 000 – 12 000) – высокая пожарная опасность;

V класс пожарной опасности (K больше 10 000 – 12 000) – чрезвычайная опасность.

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

Для возникновения крупных массовых пожаров в лесах с переходом в верховые необходимо большое число действующих очагов низовых пожаров, 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 ОНХ, расположенных в лесных массивах, а 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.

Под последствиями ЛП в настоящей методике понимаются:

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

3.1.2 Перечень, исходных данных для прогнозирования последствий крупных лесных пожаров.

Исходными данными для прогнозирования последствий ЛП являются:

- вид пожара (верховой устойчивый, верховой беглый, низовой);
- класс горимости лесных насаждений (табл. 3.1);
- класс пожарной опасности погоды (см. п.3.1.1.);
- скорость ветра, м/с;
- начальная площадь S_0 или начальный периметр l_0 очага пожара.

Для прогнозирования степени повреждения древостоя также должны быть заданы:

- средний диаметр древостоя;
- средняя высота нагара.

Примечание: Способы получения исходных данных в настоящей методике не рассматриваются.

Таблица 3.1 – Класс горимости насаждений

Класс горимости насаждений	Тип леса
I	Чистые и с примесью лиственных пород хвойные насаждения (кроме
II	Чистые с примесью хвойных пород лиственные насаждения, а также лиственничные, насаждения

3.1.3 Прогнозирование последствий крупных лесных пожаров.

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

Линейная скорость распространения фронта ЛП V_{ϕ} , определяется по графику, представленному на рис. 3.1а.

Линейная скорость распространения флангов ЛП $V_{\phi л}$ определяется по графику, представленному на рис.3.1б.

Линейная скорость распространения тыла ЛП $V_{т}$ определяется по графику, представленному на рис.3.1в.

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

Линейная скорость распространения фронта ЛП V_{ϕ} определяется по графику, представленному на рис.3.2а.

Линейная скорость распространения флангов ЛП $V_{\phi л}$ определяется по графику, представленному на рис. 3.2 б.

Линейная скорость распространения тыла ЛП $V_{т}$ определяется по графику, представленному на рис.3.2 в.

3.1.3.3 Определяются линейные скорости распространения верховых ЛП. Линейная скорость распространения фронта устойчивого ЛП V_{ϕ} составляет 120 м/ч (верховой устойчивый пожар возникает при ветре менее 5 м/с, а верховой беглый - при скорости ветра более 5 м/с).

Линейная скорость распространения фронта беглого ЛП V_{ϕ} составляет 4500 м/ч.

Линейная скорость распространения флангов ЛП $V_{\phi л}$ определяется по графику, представленному на рис. 3.1. б.

Линейная скорость распространения тыла ЛП $V_{т}$ определяется по графику, представленному на рис. 3.1. в.

3.1.3.4. Определяется приращение периметра II за время распространения пожара t по формуле:

$$II = 3,3 V_{\phi} t \quad (3.2)$$

или по графику, представленному на рис. 4.3,

где

$[\Delta II]$ - м, $[V_{\phi}] \sim$ м/ч, $[t]$ ч

3.1.3.5. Определяется периметр пожара. Если известен начальный периметр II_0 , то

$$II = II_0 + II \quad (3.3)$$

Если известна начальная площадь S_0 , то

$$H = 500\sqrt{S_0} + H \quad (3.4)$$

где [So] – га, [H] – м.

3.1.3. 6. Определяется площадь пожара S по формуле:

$$S = 4 * 10^{-6} H^2 \quad (3.5)$$

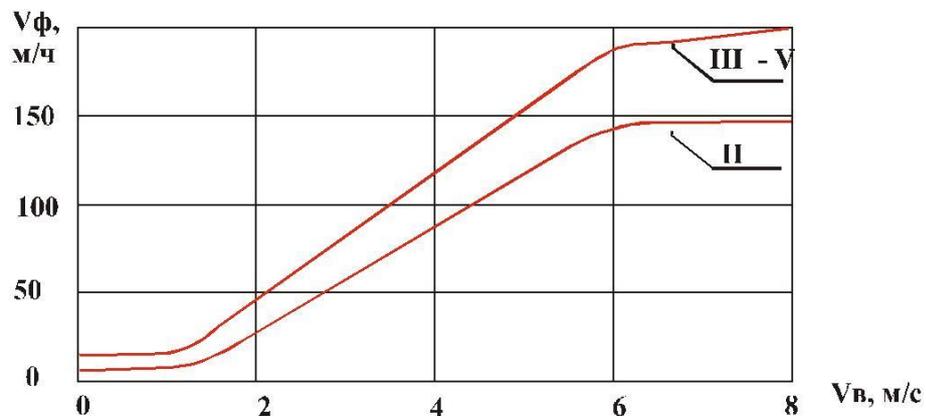
где [So] - га, [H] - м или по графику, представленному на рис. 3.4.

3.1.3.7. Для верховых пожаров по табл. 3.2 определяется количество непригодной к реализации древесины (для верховых пожаров характерна IV-V степень повреждения древостоя).

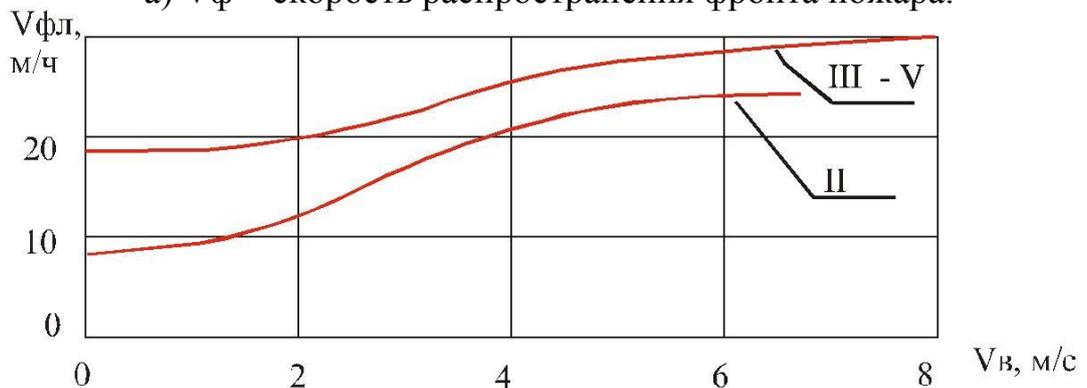
Таблица 3.2: Количество непригодной к реализации древесины после верховых пожаров

Вид пожара	Вид древесных пород		
	сосна	кедр	ель, пихта
Верховой устойчивый	50	30	70
Верховой беглый	30	20	60

3.1.3. 8. По таблице 3.3 определяется степень повреждения древостоя после низовых пожаров. Характеристики степеней повреждения приведены в табл. 3.4.



а) Vф – скорость распространения фронта пожара.



б) Vфл - скорость распространения фланга пожара.

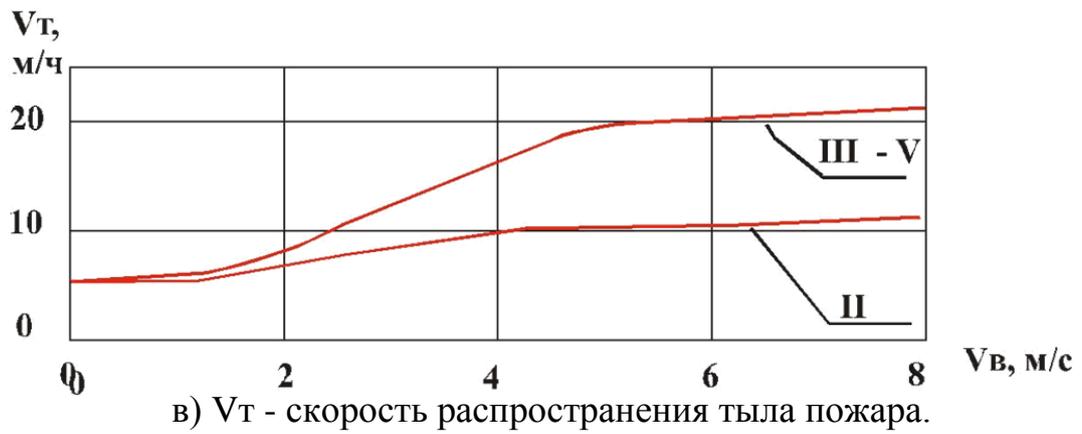
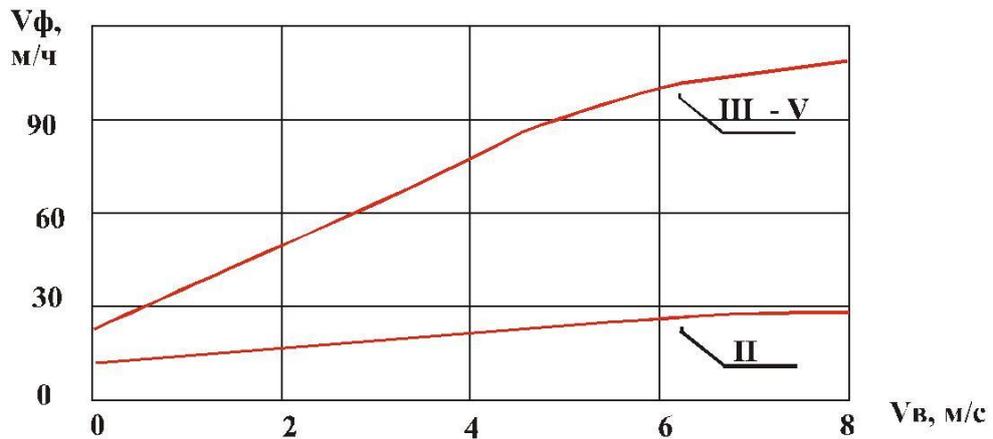
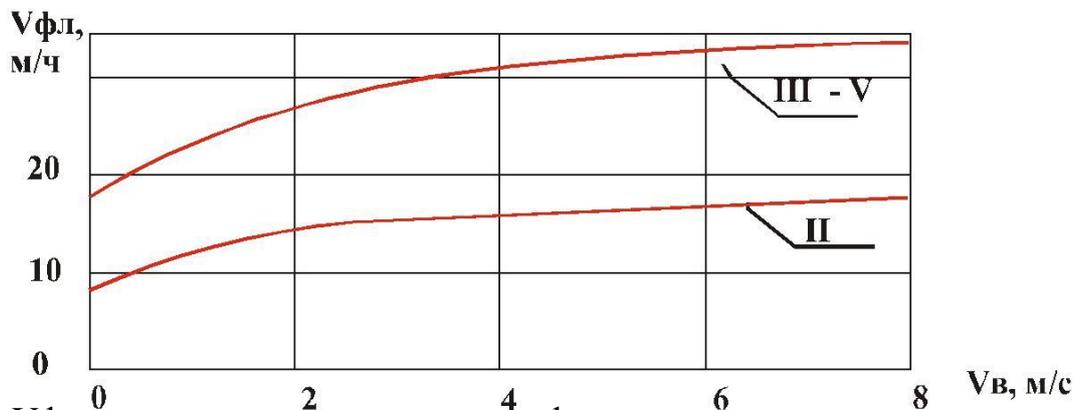


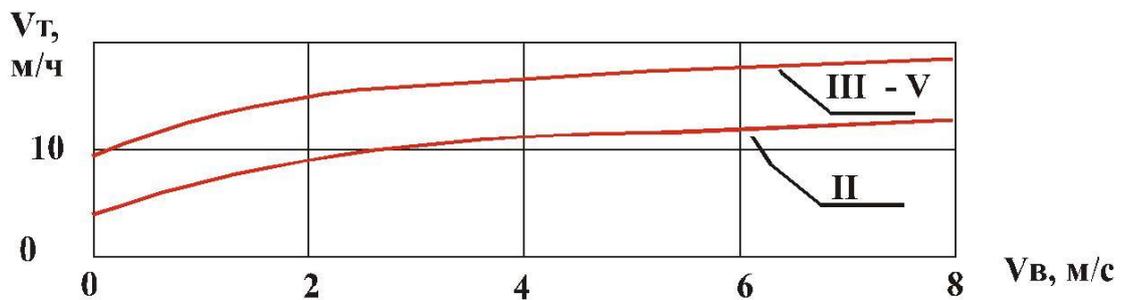
Рис.3.1. Зависимость линейной скорости распространения низового пожара от скорости ветра (V_T) для насаждений 1-го класса горимости (римскими цифрами обозначены классы пожарной опасности погоды).



а) V_ϕ – скорость распространения фронта пожара.



б) $V_{\phi л}$ - скорость распространения фланга пожара.



в) V_T - скорость распространения тыла пожара.

Рис.3.2. Зависимость линейной скорости распространения низового пожара от скорости ветра (V_T) для насаждений II -го класса горимости (римскими цифрами обозначены классы пожарной опасности погоды).

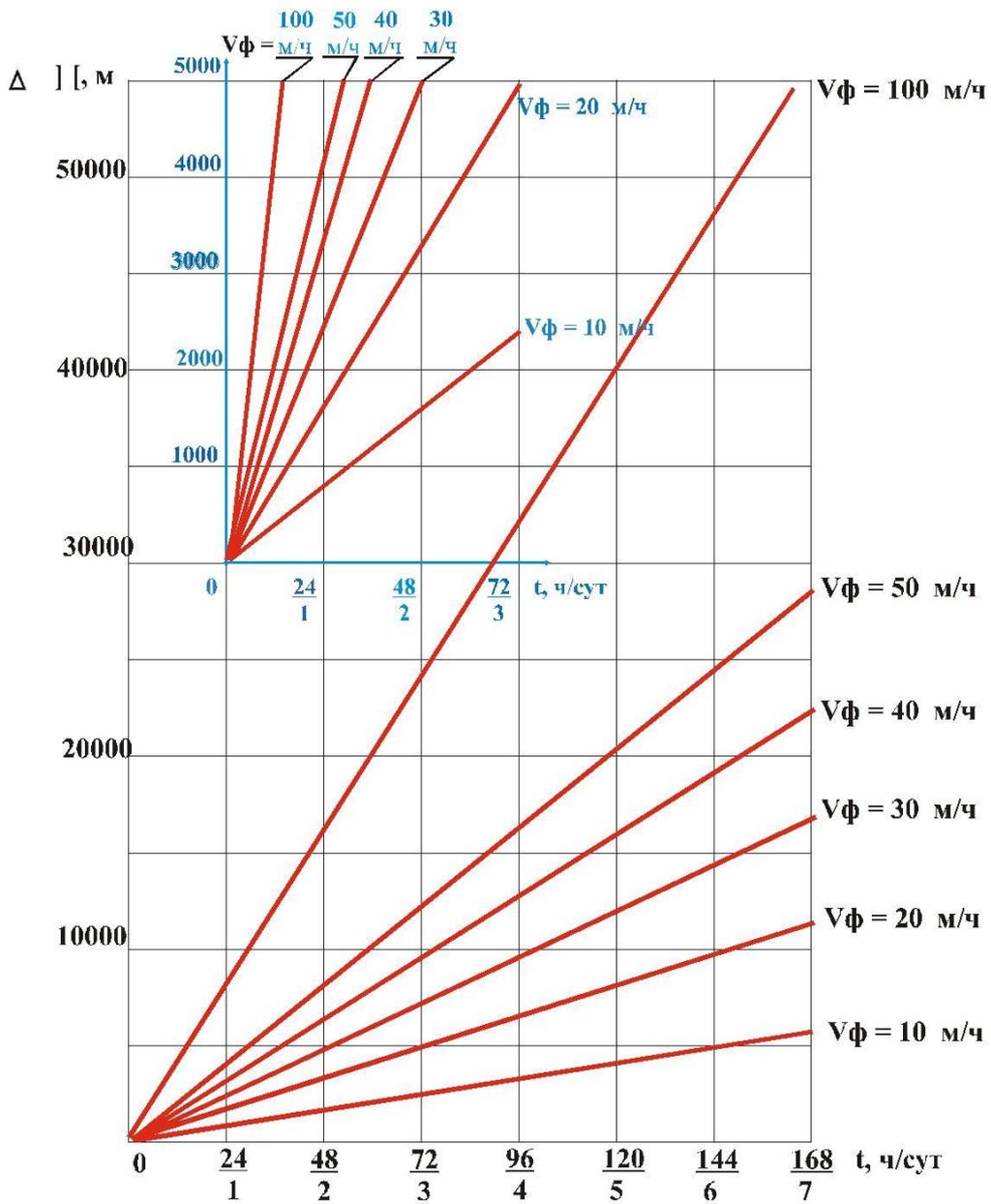


Рис. 3.3. Определение приращения периметра Δl за время распространения пожара t .

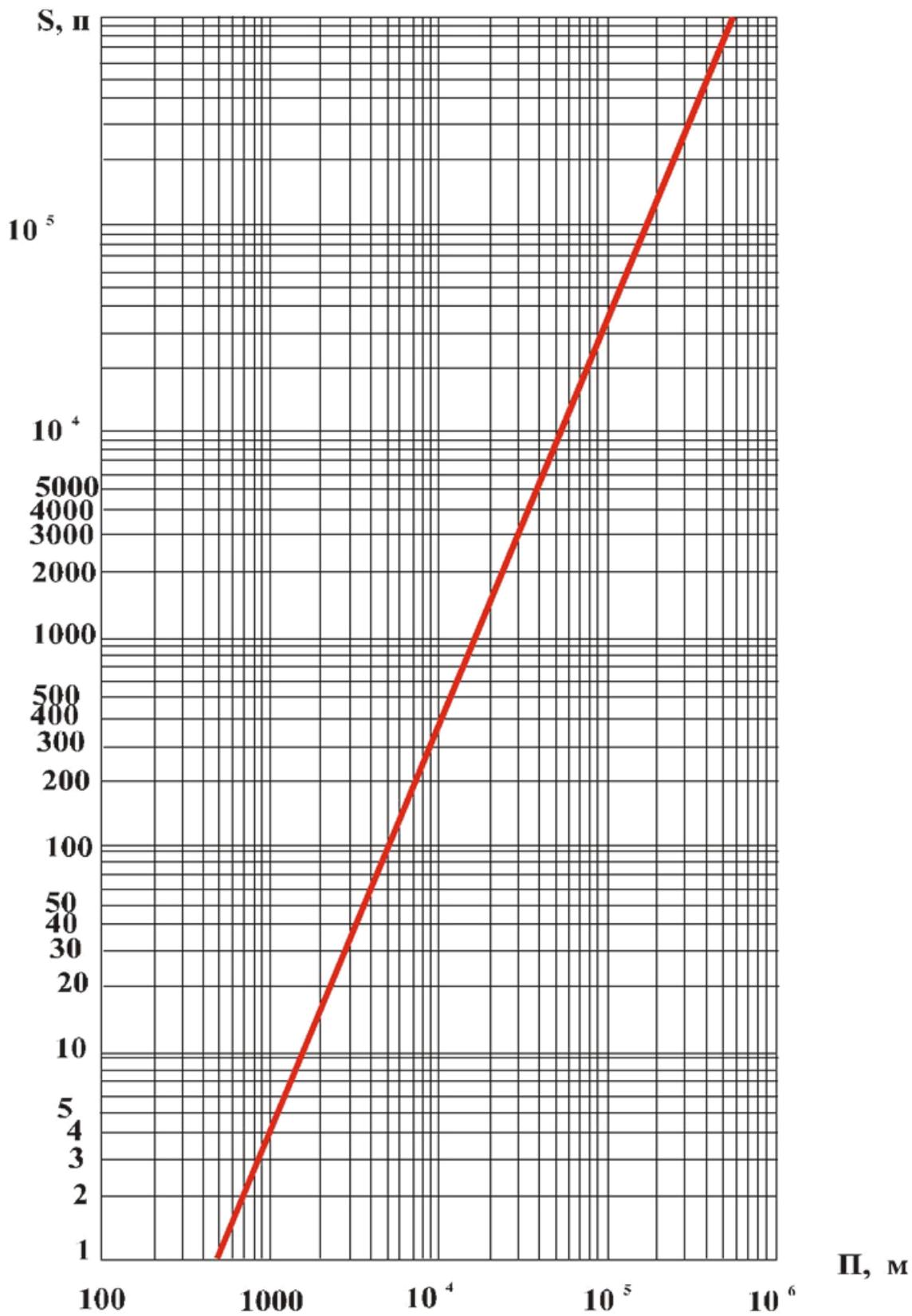


Рис. 3.4. Определение площади пожара S .

Таблица 4: Характеристики повреждения древостоя

Степени повреждений	Характеристика состояния древостоя	Отпад, %	
		По числу деревьев	по запасу
I	Древостой слабо повреждается пожаром, почти не изреживается, характеризуется частичным отмиранием подчиненных ярусов древостоя или даже сохранением их после слабых низовых пожаров.	0-30	0 - 25
II	Древостой после пожара заметно изреживается; характеризуется сохранением жизнедеятельности значительного количества деревьев верхнего полога и отмиранием подчиненной части древостоя после низовых пожаров средней силы.	31- 70	26 - 60
III	Древостой после сильного повреждения пожаром усыхает полностью или почти полностью; характеризуется сохранением жизнедеятельности только незначительного числа деревьев верхнего полога после верховых или сильных низовых пожаров.	71 - 100	61 - 100
IV	Древостой гибнет полностью в процессе пожара; представляет собой горельники с древостоями, полностью утратившими жизнедеятельность вследствие обгорания кроны во время верховых пожаров.	100	100
V	Древостой в результате пожара вываливается; представляет собой валежные горельники.	71 - 100	01 - 100

Примеры использования методики.

Пример I. На лесной территории с лиственными насаждениями (березняк, средний диаметр древостоя 24 см) возник очаг низового ЛП с начальным периметром 10 000 м. Безветрие, класс пожарной опасности погоды - III. Определить последствия пожара через 24 часа.

Решение.

В соответствии с п. 3 определяем класс горимости насаждения -II. Из п. 4.2.1. определяем линейную скорость распространения фронта пожара $V_{\phi} = 30$ м/ч, из п. 4.2.2. - флангов пожара $V_{\phi л} = 20$ м / ч, из п. 4.2.3. - тыла $V_m = 10$ м/ч.

В соответствии с п. 4.4. приращение периметра II за время $t = 24$ часа определяется

как

$$l = 3.3 V_{\phi} t = 3.3 * 30 * 24 = 2376 \text{ м}$$

Из п. 4.5.1. определяем периметр пожара:

$$l = l_0 + l = 10\,000 + 2376 = 12\,376 \text{ м.}$$

Определяем площадь пожара. S через 24 часа из п. 4.6:

$$S = 4 * 10^{-6} l^2 = 4 * 10^{-6} * 12\,376^2 = 613 \text{ га.}$$

Из п. 4.8 определяем степень повреждения древостоя.

Например, для средней высоты нагара 1.4 м значение степени равно II, тогда из таблицы 4.3 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 с начальным периметром 12 000 м. скорость ветра - 6 м/с, класс пожарной опасности погоды - IV.

Определить последствия пожара через 10 часов.

Решение

В соответствии с п. 3 определяем класс горимости насаждений - I. Из п. 4.3.1. устанавливаем, что линейная скорость распространения фронта устойчивого верхового пожара $V_{\phi} = 120 \text{ м / ч}$, из п. 4.3.3 - флангов пожара $V_{\phi л} = 30 \text{ м/ч}$, из п. 4.3.4 - тыла $V_m = 20 \text{ м/ч}$.

Из п. 4.4 приращение периметра l за время $t = 10$ $l = 3.3 V_{\phi} t = 3.3 * 120 * 10 = 3960 \text{ м}$.

Из п. 4.5.1 определяем периметр пожара $l = l_0 + l = 12\,000 + 3960 = 15\,960 \text{ м}$.

Определяем площадь пожара S через 10 часов из п. 4.6

$$S = 4 * 10^{-6} l^2 = 4 * 10^{-6} * 15\,960^2 = 1020 \text{ га}$$

Из п. 4.7. определим количество непригодной к реализации древесины.

Для ельника и верхового устойчивого пожара это количество составляет 70%.

ЗАДАНИЕ: Определить последствия пожара

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

№	Вид насаждений	Диаметр древостоя	Вид пожара	Начальный периметр пожара	Наличие ветра	Класс пожарной опасности погоды	Время для расчета последствий пожара
1.	Чистые и с примесью лиственных пород хвойные насаждения (кроме лиственничных)	20	Низовой	12000	Безветрие	I	24
2.	Чистые с примесью хвойных пород лиственные насаждения, а также лиственничные, насаждения	24	Верховой устойчивый	11000	5 м/с	II	12
3.	Чистые и с примесью лиственных пород хвойные насаждения (кроме лиственничных)	26	Низовой	35000	6 м/с	III	18

Литература

1. Крюков Е. В., Бутенко В. М. Опасные природные процессы: учеб.-метод. пособие/Крюков Е. В., Бутенко В.М. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – 119 с.
2. Современные технологии защиты и спасения / МЧС России. под общ. ред. Р.Х. Цаликова; - М.: Деловой экспресс, 2011. – 288 с.
3. Гришагин В.М., Ковалев В.И., Фарберов В.Я. Опасные природные процессы: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2014. – 400 с.
4. Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций: учебник в 3-х частях. Часть 2. Инженерное обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации ЧС. Книга 2. Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в ЧС. /Под общей редакцией С. К. Шойгу/ Г.К. Саков, М.П. Цивилёв, И.С. Поляков и др.- М.: ЗАО «ПАПИ-РУС», 1998 г.-166с.