

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра безопасности жизнедеятельности

В.М. Воронова, В.А. Солопова, В.С. Мануйлов

# **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ ПРИ УРАГАНАХ**

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700.62 Техносферная безопасность

Оренбург  
2012

УДК 355.58 (076.5)  
ББК 68.9 я 7  
В 75

Рецензент - кандидат технических наук, доцент Е.Л. Горшенина

**Воронова, В.М.**  
В 75 Прогнозирование и оценка обстановки при ураганах: методические указания / В. М. Воронова, В.А. Солопова, В.С. Мануйлов; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2012. – 28 с.

В методических указаниях представлены основы расчета риска поражения населения при чрезвычайной ситуации связанной с ураганом. Приведена краткая теоретическая часть, позволяющая студенту самостоятельно освоить данный вопрос, представлены методики расчетов и пример решения задач по прогнозированию.

Методические указания предназначены для студентов всех видов и форм обучения, включая бакалавров, изучающих курс безопасность в чрезвычайных ситуациях и могут быть использованы для курсового проектирования.

УДК 355.58 (076.5)  
ББК 68.9 я 7

© Воронова В.М.,  
Солопова В.А.,  
Мануйлов В.С., 2012  
© ОГУ, 2012

## Содержание

Введение.....	4
1 Комплексная оценка последствий действия ураганов.....	5
1.1 Общие сведения об ураганах.....	5
1.2 Пример определения потерь от урагана.....	12
1.3 Пример определения характера разрушений в районе действия урагана.....	14
1.4 Расчет смещения оборудования под действием ветра.....	14
1.5 Определение предельного значения скоростного напора ветра.....	16
1.6 Расчет опрокидывания оборудования под действием ударной волны ветра.....	17
1.7 Расчет инерциальных разрушений элементов оборудования под действием ветра.....	18
2 Задания для самостоятельной работы.....	21
3 Вопросы для самоконтроля.....	22
Список использованных источников.....	23
Приложение А Таблица А.1 – Среднесуточное распределение городского населения по месту его пребывания.....	24
Приложение Б Таблица Б.1 – Среднесуточное распределение сельского населения по месту его пребывания.....	25
Приложение В Таблица В.1 – Величина избыточного давления, кгс/см <sup>2</sup> , определяющая степень разрушения.....	26
Приложение Г Таблица Г.1 – Коэффициенты аэродинамического сопротивления и трения между поверхностями различных тел.....	28

## Введение

Ураган является одной из самых мощных сил стихии. По своему пагубному воздействию ураганы нередко не уступают таким страшным стихийным бедствиям, как землетрясения. Это объясняется тем, что ураганы несут в себе колоссальную энергию. Количество энергии, выделяемой средним по мощности ураганом в течение одного часа, равно энергии ядерного взрыва мощностью 36 Мт. Ураганы вызывают огромные разрушения, нередко унося множество человеческих жизней, а материальный урон от них превышает миллиарды долларов.

Основными разрушительными факторами урагана являются высокая скорость ветра, скоростной напор воздушного потока, его сила и продолжительность действия. На величину ущерба, причиняемого ураганом, оказывают также большое влияние сопровождающие его гидрологические явления: огромные массы приливных вод на морском побережье и продолжительные ливневые дожди, вызывающие обширные наводнения. Кроме того, величина ущерба зависит от характера экономики района бедствия, рельефа местности, степени застройки и прочности строений, вида растительности, присутствия в зоне действия урагана населения, животных, времени года, проведенных профилактических мероприятий.

Ураганный ветер разрушает прочные и сносит легкие строения, опустошает засеянные поля, обрывает провода и валит столбы линий электропередач и связи, повреждает транспортные магистрали и мосты, ломает и выворачивает с корнями деревья, повреждает и топит суда как в открытом море, так и в портах, вызывает аварии на коммунально-энергетических сетях в производстве, бывали случаи, когда ураганный ветер разрушал дамбы и плотины, что приводило к большим наводнениям, сбрасывал с рельсов поезда, срывал с опор мосты, валил фабричные трубы, выбрасывал далеко на сушу корабли и т.д [1].

Характеристиками последствий действия ураганного ветра являются: количество погибших и пострадавших, оставшихся без крова людей, количество разрушенных и поврежденных жилых домов, производственных и культурно-бытовых зданий, мостов, опор линий электропередач, связи и других

народнохозяйственных объектов, площади сельскохозяйственных угодий с погибшими посевами, урожаем, количество погибших сельскохозяйственных животных и т. п.

Например, в 2012 году сразу в нескольких регионах центральной России ликвидировали последствия урагана, который оставил без света десятки тысяч человек. Сильный ветер порывами до 26 метров в секунду повалил множество опор электропередач, порвал провода. В Саратове из-за этого почти весь день не ходили трамваи и троллейбусы. Сломанные стволы и ветки деревьев повредили несколько припаркованных автомобилей в Нижегородской области, на некоторых улицах образовались настоящие завалы.

## **1 Комплексная оценка последствий действия ураганов**

### **1.1 Общие сведения об ураганах**

Частота возникновения на территории России бурь и ураганов с различной скоростью ветра приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Максимальная скорость (м/с) ветра, бурь и ураганов на территории России при различной частоте возникновения

Города России в различных регионах	Частота возникновения, год <sup>-1</sup>		
	0,2	0,05	0,02
Барнаул	35	42	48
Рубцовск	30	36	41
Армавир	31	37	42
Новороссийск	42	50	57
Сочи	28	33	38

Продолжение таблицы 1

Города России в различных регионах	Частота возникновения, год <sup>-1</sup>		
	0,2	0,05	0,02
Абакан	30	36	41
Ачинск	31	37	42
Дудинка	32	38	44
Норильск	40	48	55
Владивосток	37	44	50
Находка	45	54	62
Пятигорск	26	31	38
Ставрополь	43	52	59
Комсомольск-на-Амуре	28	33	38
Хабаровск	27	32	37
Иваново	23	27	31
Кострома	28	33	38
Магнитогорск	30	36	41
Челябинск	23	27	31
Оренбург	40	48	55
Уфа	40	46	51
Новосибирск	26	31	35
Орел	27	32	37
Ростов-на-Дону	26	32	37
Рязань	26	31	35
Саратов	28	33	38

При ураганах различают четыре степени разрушения зданий и сооружений [2] (слабая, средняя, сильная и полная), характеристики некоторых приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика степеней разрушений зданий и сооружений при ураганах

Здания, сооружения и оборудование	Степень разрушения		
	слабая	средняя	сильная
Производственные и административные здания	Разрушения наименее прочных конструкций зданий и сооружений: заполненных дверных и оконных проемов; небольшие трещины в стенах, откалывание штукатурки, падение кровельных черепиц, трещины в дымовых трубах или падение их отдельных частей	Разрушения перегородок, кровли, части оборудования; большие и глубокие трещины в стенах, падение дымовых труб, разрушение оконных и дверных заполнений, появление трещин в стенах	Значительные деформации несущих конструкций; сквозные трещины и проломы в стенах, обрушения частей стен перекрытий верхних этажей, деформации перекрытий нижних этажей
Технологическое оборудование	Повреждение и деформация отдельных деталей, электропроводки, приборов автоматики	Повреждение шестерен и повреждения передаточных механизмов, обрыв маховиков и рычагов управления, разрыв приводных ремней	Смещение с фундаментов и деформация станин, трещины в деталях, изгиб валов и осей

Продолжение таблицы 2

Здания, сооружения и оборудование	Степень разрушения		
	слабая	средняя	сильная
Подъемно-транспортные механизмы, крановое оборудование	Частичное разрушение и деформация обшивки повреждение стекол и приборов	Повреждение наружного оборудования, разрыв трубопроводов систем питания, смазки и охлаждения	Опрокидывание, срыв отдельных частей, общая деформация рамы
Газгольдеры, резервуары для нефтепродуктов и сжиженных газов	Небольшие вмятины, деформация трубопроводов, повреждение запорной арматуры	Смещения на опорах, деформация оболочек, подводящих трубопроводов, повреждение запорной арматуры	Срыв с опор, опрокидывание опор, разрушение оболочек, обрыв трубопроводов, запорной арматуры
Трубопроводы	Повреждения стыковых соединений, частичное повреждение КИП	Разрыв стыковых соединений, повреждения КИП и запорной арматуры, переломы труб, на вводах и отдельных местах	Переломы труб на вводах, разрыв и деформация труб, сильные повреждения арматуры

Степень разрушения зданий и сооружений (см. таблицу 3) зависит от скорости ветра и характеристики застройки, которая содержит данные по назначению, этажности зданий и сооружений, а также материалу стен, перекрытий и покрытий. Например, по этажности выделяют следующие типы зданий:

- малоэтажные (до 4 этажей);



- многоэтажные (от 5 до 8 этажей);
- повышенной этажности (от 9 до 25 этажей);
- высотные (более 25 этажей).

Таблица 3 – Скорость ветра (м/с), вызывающая определенную степень разрушения

Типы конструктивных решений здания, сооружений и оборудования	Степень разрушения			
	слабая	средняя	сильная	полная
Промышленные здания с легким металлическим каркасом и здания бескаркасной конструкции	25-30	30-50	50-70	> 70
Кирпичные малоэтажные здания	20-25	25-40	40-60	> 60
Кирпичные многоэтажные здания	20-25	25-35	35-50	> 50
Административные многоэтажные здания с металлическим и железобетонным каркасом	20-35	35-50	50-60	>60
Крупнопанельные жилые здания	20-30	30-40	40-50	> 50
Складские кирпичные здания	25-30	30-45	45-55	>55
Легкие склады-навесы с металлическим каркасом и шиферной кровлей	15-20	20-45	45-50	>60
Склады-навесы из железобетонных элементов	25-35	35-55	55-70	>70
Трансформаторные подстанции закрытого типа	35-45	45-70	70-100	> 100
Водонапорные башни:				
кирпичные	30-35	35-55	55-85	> 85
стальные	30-35	35-55	55-85	> 85
Резервуары:				
наземные металлические	30-40	40-55	55-70	> 70

Продолжение таблицы 3

Типы конструктивных решений здания, сооружений и оборудования	Степень разрушения			
	слабая	средняя	сильная	полная
частично заглубленные	35-45	45-65	65-85	>85
Газгольдеры	30-35	35-45	45-55	> 55
Градирни:				
прямоугольные вентиляторные с железобетонным или стальным каркасом	15-20	20-30	30-40	>40
цилиндрические вентиляторные из монолитного или сборного железобетона	20-25	25-35	35-45	>45
Насосные станции:				
наземные кирпичные	25-30	30-40	40-50	>50
наземные железобетонные	25-35	35-45	45-55	> 55
полузаглубленные железобетонные	35-40	40-50	50-65	> 65
Ректификационные колонны	25-30	30-40	40-55	> 55
Открытое распределительное устройство	20-25	25-35	35-55	> 55
Крановое оборудование	35-40	40-55	55-65	>65
Подъемно-транспортное оборудование	35-40	40-50	50-60	>60
Контрольно-измерительные приборы	20-25	25-35	35-45	> 45
Трубопроводы:				
наземные	35-45	45-60	60-80	>80
на металлических или железобетонных эстакадах	35-40	40-55	55-65	> 65
Кабельные наземные линии	25-30	30-40	40-50	> 50
Воздушные линии низкого напряжения	25-30	30-45	45-60	>60
Кабельные наземные линии связи	20-25	25-35	35-50	>50

В зависимости от степени разрушения зданий в соответствии с таблицей 4 определяются потери населения.

Таблица 4 – Вероятность потерь населения в разрушенных зданиях при ураганах

Вероятность, потерь	Степени разрушения зданий			
	слабая	средняя	сильная	полное
Общие	0,05	0,30	0,60	1,00
Безвозвратные	0	0,08	0,15	0,60

Зависимость избыточного давления при ЧС от степени разрушения зданий дана в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительная характеристика параметров при воздействии ЧС

Избыточное давление, кПа	Свыше 50	30 – 50	20 – 30	10 – 20	Менее 10
Землетрясение, баллы	11 – 12	9 – 10	7 – 8	5 – 6	4 – 5
Ураган (баллы) при скорости ветра (м/с)	17 > 70	16 – 17 50 – 70	14 – 15 30 – 50	12 – 13 25 – 30	9 – 11 < 25
Степень разрушения зданий	Полные	Сильные	Средние	Слабые	Легкие

В результате проведенной таким образом оценки могут быть получены следующие данные:

- количество зданий и сооружений, получивших определенные степени разрушения;
- качественное описание разрушений зданий и сооружений;

- потери населения в результате разрушения зданий.

Для определения потерь населения необходимо учитывать среднесуточное распределение населения, которое указано в таблицах А.1 и Б.1 приложений А и Б.

## 1.2 Пример определения потерь от урагана

Оценить степень разрушения зданий и потери среди населения в результате урагана в г. Ставрополе. Для прогноза принять, что население г. Ставрополя составляет  $N = 600\ 000$  человек, застройка города включает кирпичные малоэтажные, многоэтажные и крупнопанельные жилые дома, административные здания с металлическим и железобетонным каркасом. Распределение населения соответствует 14 часам дня.

### 1.2.1 Решение

1.2.1.1 Согласно таблице 1, в г. Ставрополе с частотой  $2 \cdot 10^{-1}$  год<sup>-1</sup> имеют место ураганы максимальной скоростью 43 м/с, с частотой  $5 \cdot 10^{-2}$  год<sup>-1</sup> - со скоростью 52 м/с и  $2 \cdot 10^{-2}$  год<sup>-1</sup> - со скоростью 59 м/с.

Для прогноза выбираем наиболее частые ураганы со скоростью 43 м/с<sup>2</sup>.

1.2.1.2 В соответствии с данными приведенными в таблице 3, при такой скорости ветра жилые дома получают сильные разрушения, а административные и промышленные здания - средние разрушения. Характеристика каждой степени разрушения приведена в таблице 2.

1.2.1.3 В соответствии с таблицей А.1 приложения А, в жилых зданиях в 14 часов будет находиться  $d_{\text{дом}} = 45\%$  населения, в производственных зданиях  $d_{\text{произв}} = 37\%$  населения, в транспорте  $d_{\text{транс}} = 4\%$  и на улице  $d_{\text{ул}} = 14\%$ .

1.2.1.4 Определим потери среди населения в жилых домах. Согласно таблице 4, при сильных разрушениях жилых зданий вероятность общих потерь равна  $P^{\text{общ}} = 0,6$ ; вероятность безвозвратных потерь  $P^{\text{безв}} = 0,15$ .

Количество пострадавших людей в жилых домах будет равно:

$$N_{\text{дом}}^{\text{общ}} = N d_{\text{дом}} P^{\text{общ}} = 600000 \cdot 0,45 \cdot 0,6 = 162\ 000 \text{ (чел.)}$$

Безвозвратные потери составят:

$$N_{дом}^{безв} = Nd_{дом} P^{безв} = 600\ 000 \cdot 0,45 \cdot 0,15 = 40\ 500 \text{ (чел.)}$$

Санитарные потери будут равны:

$$N_{дом}^{сан} = N_{дом}^{общ} - N_{дом}^{безв} = 162\ 000 - 40\ 500 = 121\ 500 \text{ (чел.)}$$

1.2.1.5 Найдем потери среди персонала производственных объектов. Согласно таблице 4, при средних разрушениях производственных и административных зданий вероятность общих потерь равна  $P^{общ} = 0,3$ , вероятность безвозвратных потерь равна  $P^{безв} = 0,08$ .

Количество пострадавших людей в производственных зданиях будет равно:

$$N_{произв}^{общ} = Nd_{произв} P^{общ} = 600\ 000 \cdot 0,37 \cdot 0,3 = 66\ 600 \text{ (чел.)}$$

Безвозвратные потери составят:

$$N_{произв}^{безв} = Nd_{произв} P^{безв} = 600\ 000 \cdot 0,37 \cdot 0,08 = 17\ 760 \text{ (чел.)}$$

Санитарные потери будут равны:

$$N_{произв}^{сан} = N_{произв}^{общ} - N_{произв}^{безв} = 66\ 600 - 17\ 760 = 48\ 840 \text{ (чел.)}$$

1.2.1.6 Суммарные потери, без учета потерь людей на улице и в транспорте, составят:

- общие потери  $N^{общ} = N_{дом}^{общ} + N_{произв}^{общ} = 162\ 000 + 66\ 600 = 228\ 600 \text{ (чел.)}$ ;

- безвозвратные потери  $N^{безв} = N_{дом}^{безв} + N_{произв}^{безв} = 40\ 500 + 17\ 760 = 58\ 260 \text{ (чел.)}$ ;

- санитарные потери будут равны  $N^{сан} = N^{общ} - N^{безв} = 228\ 600 - 58\ 260 = 170\ 340 \text{ (чел.)}$ .

1.2.1.7 Столь высокие потери среди населения обусловлены следующими причинами:

- катастрофической скоростью ветра;

- достаточно низкой строительной прочностью зданий, которые в соответствии со СНиП России рассчитаны на допустимую скорость ветра  $v_B = 37,3 \text{ м/с}$ ;

- не учтены действия властей и служб по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям, которые после штормового предупреждения принимают меры по защите населения.

### 1.3 Пример определения характера разрушений в районе действия урагана

Определить характер разрушений и вероятность возникновения завалов в районе воздействия урагана при скорости ветра до 60 м/с.

#### 1.3.1 Решение

1.3.1.1 По таблице 5 определяем, что ветровая нагрузка от урагана такой силы эквивалентна воздействию избыточного давления 50 кПа, что характеризует зону сильных разрушений.

1.3.1.2 Если дана характеристика конкретного элемента объекта экономики или района застройки, то по таблицам 3 и В.1 можно легко определить характер разрушений в зависимости от устойчивости объекта, типа (конструктивного выполнения) строения.

### 1.4 Расчет смещения оборудования под действием ветра

Если сила смещения  $F_{см}$  (рисунок 1) окажется больше суммы сил трения  $F_{тр}$  и горизонтальной составляющей силы крепления (усилия болтов на срез)  $Q$ , то оборудование может получить сильные, средние или слабые разрушения, то есть  $F_{см} > F_{тр} + Q$ . Если крепление отсутствует, то  $Q = 0$  [3].

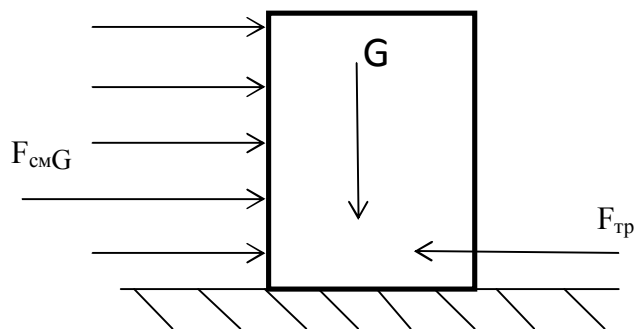


Рисунок 1 – Силы, действующие на оборудование при наличии скоростного потока (сила смещения  $F_{см}$  приложена в центре лобовой площадки предмета, то есть в центре давления; вес тела  $G$  приложен к центру тяжести оборудования)

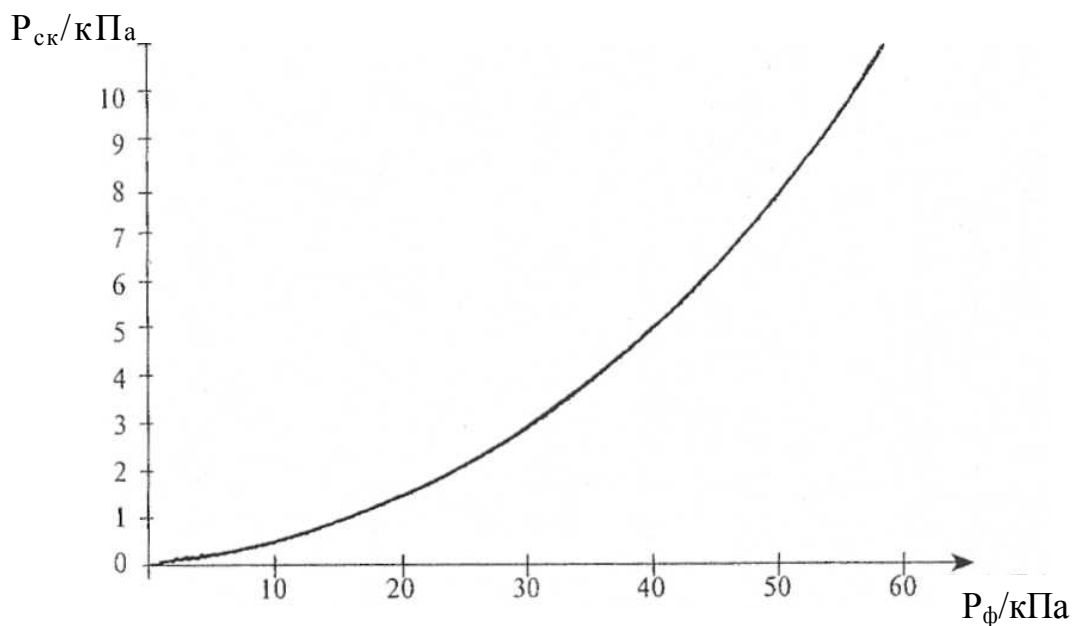


Рисунок 2 – Зависимость скоростного напора от величины избыточного давления

Смещающая сила  $F_{см}$ , в Н, определяется по формуле

$$F_{см} = C_x \cdot S \cdot P_{ск}, \quad (1)$$

где  $C_x$  - коэффициент аэродинамического сопротивления лобовой площадки предмета (определяется по таблице Г.1 приложения Г);

$S$  - площадь лобовой поверхности предмета, которая встречает фронт ударной волны ветра,  $m^2$ ;

$P_{ск}$  - давление скоростного напора на оборудование, кПа (определяется по графику, рисунок 2).

Сила трения определяется по формуле

$$F_{тр} = f \cdot m \cdot g \quad (2)$$

где  $f$  — коэффициент трения (определяется по таблице Г.2 приложения Г);

$m$  — масса оборудования, кг;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$  - ускорение свободного падения.

Таким образом, равенство  $F_{см} = F_{тр}$  является граничным значением для возможности смещения оборудования при отсутствии крепления. Преобразуя эту формулу путем подстановки, можно определить величину граничного значения скоростного напора выражению (3), кПа

$$P_{СК} = \frac{f \cdot m \cdot g}{C_x \cdot S} \quad (3)$$

### 1.5 Определение предельного значения скоростного напора ветра

Станок ЧПУ стоит на бетонном основании и имеет размеры: длину 1000 мм, ширину 900 мм, высоту 1800 мм и массу 800 кг. Определить предельное значение скоростного напора ветра, не приводящее к смещению незакрепленного станка.

#### 1.4.1 Решение

1.4.1.1 Коэффициент трения чугуна по бетону  $f = 0,35$  (таблица Г.2 Приложения Г), а коэффициент аэродинамического сопротивления  $C_x = 1,3$  (таблица Г.1 приложения Г [4]). Подставив эти значения в формулу (3), получим:

$$P_{СК} = \frac{0,35 \cdot 800 \cdot 9,81}{1,3 \cdot 0,9 \cdot 1,8} = 1300 \text{ Па} = 1,3 \text{ кПа.}$$

1.4.1.2 Чтобы узнать, при каком избыточном давлении может произойти смещение, надо воспользоваться графиком (рисунок 2). Давлению скоростного напора 1,3 кПа соответствует избыточное давление 20 кПа.



## 1.6 Расчет опрокидывания оборудования под действием ударной волны ветра

Момент сил, приводящий к опрокидыванию оборудования под действием ударной волны ветра (УВВ) изображен на рисунке 3.

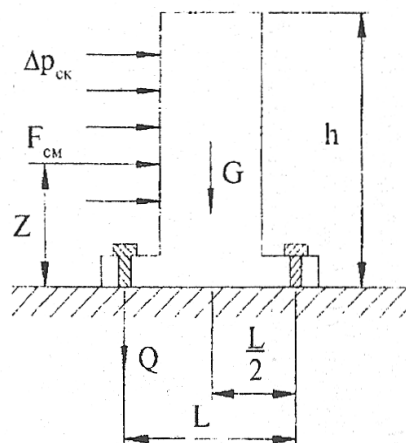


Рисунок 3 – Момент сил, приводящий к опрокидыванию оборудования

Опрокидывающий момент создается силой  $F_{CM}$ , действующей на плече  $Z = 0,5 \cdot h$ . Противодействующий момент создается весом оборудования  $G$  на плече  $L/2$  и реакцией крепления болтов на разрыв  $Q$  на плече  $L$ . Опрокидывание произойдет, если выполняется соотношение (при отсутствии крепления оборудования):  $F_{CM} \cdot Z > G \cdot \frac{L}{2}$ .

Точки приложения сил смещения веса (центр лобовой площадки, центр тяжести), расчетные формулы и их величины такие же, что и в пункте 1.5. Таким образом, величина скоростного напора, достаточная для опрокидывания объекта, определяется формулой

$$P_{CK} = \frac{F_{CM}}{C_X \cdot S} = \frac{G \cdot L}{2 \cdot C_X \cdot S \cdot Z} = \frac{m \cdot g \cdot L}{2 \cdot C_X \cdot S \cdot Z} \quad (6)$$

Найдем предельное значение избыточного давления, при котором станок еще не опрокинется.

### 1.6.1 Решение

1.6.1.1 Предельное значение скоростного напора составит:

$$P_{ск} = \frac{800 \cdot 9,81 \cdot 1}{2 \cdot 1,3 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,9} = 2070 \text{ Па} = 2,07 \text{ кПа}$$

1.6.1.2 Зная величину предельного скоростного напора, по графику на рисунке 2 определяем соответствующее значение избыточного давления, равное 25 кПа.

1.6.1.3 Таким образом, если избыточное давление во фронте ударной волны превысит 25 кПа, то станок будет опрокинут и получит средние разрушения.

## 1.7 Расчет инерциальных разрушений элементов оборудования под действием ветра

Инерциальные разрушения элементов оборудования могут происходить за счет ударной волны ветра или падения. Элемент оборудования, обладая массой и упругостью, под действием инерционных сил может получить повреждения в виде нарушения паек, отрыва элементов схем, соединительных проводов и т. п. Зависимость лобового давления ( $P_{ЛОБ}$ ) от величины избыточного давления УВВ представлена в виде графика на рисунке 4.

Величину лобовой силы, в Н, можно определить по формуле

$$F_{ЛОБ} = (P_{\Phi} + P_{СК}) \cdot S, \quad (7)$$

где  $P_{\Phi}$  - давление приложенной силы ветра, кПа;

$S$  - площадь поверхности, на которую действуют скоростной напор и избыточное давление УВВ, м<sup>2</sup>.

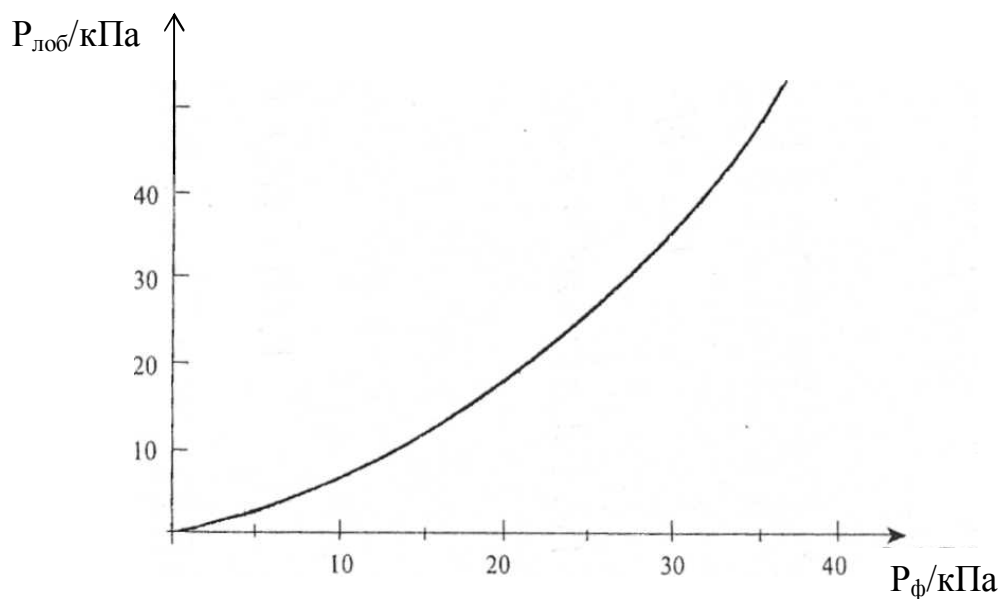


Рисунок 4 – Зависимость лобового давления от величины избыточного давления УВВ

Сила инерции определяется выражением

$$m \cdot a = F_{\text{ЛОБ}} - F_{\text{ТР}} - Q \quad (8)$$

где  $m$  - масса аппаратуры, кг;

$a$  - ударное ускорение, м/с<sup>2</sup>;

$F_{\text{ТР}}$  - сила трения, Н;

$Q$  - реакция крепления, выраженная в ньютонах.

Необходимо определить значение допустимого ударного ускорения  $a_{\text{доп}}$ , не приводящего к инерциальным разрушениям, а затем установить, какому лобовому давлению это соответствует по выражению (9)

$$P_{\text{ЛОБ}} = \frac{F_{\text{ЛОБ}}}{S} = \frac{m \cdot a_{\text{доп}}}{S} \quad (9)$$

Например, имеется прибор длиной 400 мм, шириной 420 мм, высотой 720 мм и массой 60 кг с допустимым ускорением при ударе  $100 \text{ м/с}^2$ . Найти избыточное давление во фронте УВВ, при котором он не получит инерциального разрушения.

### 1.7.1 Решение

1.7.1.1 Лобовая сила, воздействие которой не должно приводить к выходу прибора из строя:  $F_{\text{ЛОБ}} = m \cdot a_{\text{доп}} = 60 \cdot 100 = 6000 \text{ Н}$ .

1.7.1.2 Лобовое давление, которое может выдержать прибор:

$$P_{\text{ЛОБ}} = \frac{F_{\text{ЛОБ}}}{S} = \frac{6000}{0,42 \cdot 0,72} = 20 \text{ кПа.}$$

1.7.1.3 По графику на рисунке 4 определяем величину избыточного давления, равную 22 кПа.

Следовательно, при воздействии на прибор избыточного давления во фронте УВВ более 22 кПа он получит сильные разрушения от инерционных перегрузок.

## 2 Задания для самостоятельной работы

2.1 Оценить степень разрушения зданий и потери среди населения в результате урагана в г. Оренбурге. Для прогноза принять, что население г. Оренбурга составляет  $N = 579300$  человек. Распределение населения соответствует 12 часам дня, застройку города принять самостоятельно.

2.2 Определить характер разрушений и вероятность возникновения завалов в районе воздействия урагана при скорости ветра до 50 м/с. Конструктивные элементы объекта экономики принять самостоятельно.

2.3 Металлический станок 16к20 МФУ стоит на бетонном основании и имеет размеры: длину 2400 мм, ширину 1600 мм, высоту 1500 мм и массу 1800 кг. Определить предельное значение скоростного напора, не приводящее к смещению незакрепленного станка.

2.4 Имеется прибор для определения износостойкости керамических плиток длиной 760 мм, шириной 530 мм, высотой 990 мм и массой 80 кг с допустимым ускорением при ударе  $112 \text{ м/с}^2$ . Найти избыточное давление во фронте УВВ, при котором он не получит инерциального разрушения.

### **3 Вопросы для самоконтроля**

3.1 Что является основными разрушительными факторами урагана?

3.2 Что влияет на величину материального ущерба?

3.3 Перечислите характеристики последствий действия ураганного ветра.

3.4 От чего зависит степень разрушения зданий и сооружений?

3.5 Назовите возможные причины потерь среди населения при ураганах.

3.6 Равенство каких сил является граничным значением для возможности смещения оборудования при отсутствии крепления?

3.7 От каких параметров зависит коэффициент аэродинамического сопротивления различных тел?

## **Список использованных источников**

1. Мастрюков, Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б.С. Мастрюков. - М. : Академия, 2003. - 336 с.
2. Резчиков, Е. А. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / Е. А. Резчиков, Ю. Л. Ткаченко. – М.: МГИУ, 2006. – 468 с.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебник / Д.И. Байдаков, С.А. Бобок, В.Н. Буров [и др.] / под ред. Н.К. Шишкина. – М.: ГУУ, 2000. – 315 с.
4. Безопасность жизнедеятельности: словарь-справочник / Ф.В. Карамзин, О.Н. Русак, С.Ф. Гребенников ; под общ. ред. С.Ф. Гребенникова. – СПб.: Лань, 2001. – 304 с.

## Приложение А (справочное)

Таблица А.1 – Среднесуточное распределение городского населения по месту его пребывания

Время суток, ч		Место нахождения, %							
		Жилые здания и здания культурно-бытового назначения	Производственные здания	В транспорте			На улице (открыто)		
				города с населением (млн. чел)					
				0,25-0,5	0,5-1,0	более 1,0	0,25-0,5	0,5 -1.0	более 1,0
1	6	94	6	—	—	—	—	—	—
6	7	74	6	7	9	12	13	11	8
7	10	22	50	9	11	17	19	17	11
10	13	28	52	6	7	10	14	13	10
13	15	45	37	4	4	7	14	14	11
15	17	27	49	8	9	13	15	15	12
17	19	45	24	10	12	15	20	18	15
19	01	77	14	4	4	6	5	5	3



## Приложение Б (справочное)

Таблица Б.1 – Среднесуточное распределение сельского населения по месту его пребывания

Время суток, ч.		Место нахождения, %			
		Поле и с/х производство		Жилые помещения	
		днем	ночью	днем	ночью
1	6	25	10	75	90
6	7	60	40	40	60
7	10	75	75	25	25
10	13	80	80	20	20
13	15	85	75	15	25
15	17	85	50	15	50
17	19	80	40	20	60
19	01	50	20	50	80

## Приложение В (справочное)

Таблица В.1 – Величина избыточного давления, кгс/см<sup>2</sup>, определяющая степень разрушения

Объекты разрушения	Степень разрушения		
	Сильное	Среднее	Слабое
<b>Защитные сооружения</b>			
Отдельно стоящие, 3,5 кгс/см <sup>2</sup>	7,5 – 6	6 – 5	5 – 3,5
Рассчитанные на давление 1,0 кгс/см <sup>2</sup>	3 – 2	2 – 1,5	1,5 – 1
Подвальные, 1,0 кгс/см <sup>2</sup>	2 – 1,5	1,5 – 1	1 – 0,7
Рассчитанные на давление 0,5 кгс/см <sup>2</sup>	1 – 0,6	0,6 – 0,4	0,4 – 0,3
ПРУ, рассчитанные на давление 0,3 кгс/см <sup>2</sup>	0,8 – 0,6	0,6 – 0,4	0,4 – 0,2
Подвалы без усиления	1 – 0,8	0,8 – 0,3	0,3 – 0,2
<b>Промышленные и жилые здания</b>			
<b>ПРОМЫШЛЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ</b>			
С тяжелым металлическим каркасом	0,6 – 0,4	0,4 – 0,3	0,3 – 0,1
С легким каркасом и без каркаса	0,5 – 0,3	0,3 – 0,2	0,2 – 0,1
Доменные печи	0,8	0,4	0,2
<b>ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ</b>			
Тепловые и атомные	0,45	0,35	0,25
То же, антисейсмич. конструкции	3 – 2	2 – 1,5	0,3 – 0,25
Бетонные, ж/б., антисейсмич. конструкции	2 – 1,5	1,5 – 0,8	0,8 – 0,3
<b>ЗДАНИЯ</b>			
Кирпичные	0,3 – 0,2	0,2 – 0,12	0,12 – 0,08
Деревянные	0,2 – 0,12	0,12 – 0,08	0,08 – 0,06
Разрушения остекления зданий	0,05 – 0,03	0,03 – 0,02	0,02 – 0,01
<b>Другие сооружения</b>			
<b>ПЛОТИНЫ</b>			
Бетонные	50	50 – 20	20 – 10
Земляные, шириной 20... 100 м	10	10 – 7	7 – 1,5
Затворы плотин	1	1 – 0,7	0,7 – 0,2
Здания ГЭС	3 – 2	2 – 1	1 – 0,5
Подземные водо-, газо-, канализационные сети	15 – 10	10 – 6	6 – 13
Смотровые колодцы, задвижки	10	6	4 – 2
<b>ТРУБОПРОВОДЫ</b>			
Наземные	1,3	0,5	0,2
Заглубленные до 0,7 м	5	3,5 – 2,5	2 – 1,5

Продолжение таблицы В.1

Объекты разрушения	Степень разрушения		
	Сильное	Среднее	Слабое
<b>КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ</b>			
Наземные	1 – 0,7	0,5 – 0,3	0,3 – 0,1
Подземные	15 – 10	10 – 8	8
Воздушные линии высокого напряжения	1,2 – 0,8	0,7 – 0,5	0,4 – 0,2
Силовые линии электрифицированной ж.д.	0,7	0,6	0,5
Стационарные воздушные линии связи	1,2 – 0,8	0,7 – 0,5	0,2
Антенные устройства	0,4	0,4 – 0,2	0,2 – 0,1
<b>МОСТЫ</b>			
Металлические, пролетом до 45 м	2,5	2,5 – 1,5	1,5 – 1
Ж/б., пролетом до 20 м	2	2 – 1	1 – 0,5
Деревянные, низководные	1	0,8 – 0,5	0,5 – 0,2
Шоссейные дороги с твердым покрытием	20 – 10	10	3 – 9
Пути железнодорожные	3	3 – 1,5	1,5 – 1
Аэродромы с бетонным покрытием	20	15	13
Метро	20	20 – 12	12 – 10
Подстанции трансформаторные и распределительные	0,7 – 0,6	0,6 – 0,4	0,4 – 0,3
Вышки металлические сквозной конструкции	0,5	0,3	0,2
Водонапорные башни	0,7	0,6	0,3 – 0,2
Резервуары чистой воды, заглубленные	2	2 – 0,5	0,5 – 0,2
Газгольдеры	1	0,7	0,2
Примечание – Избыточное давление 1 кгс/см <sup>2</sup> соответствует 100 кПа.			

## Приложение Г (справочное)

### Коэффициенты аэродинамического сопротивления и трения между поверхностями различных тел

Таблица Г.1 – Коэффициент аэродинамического сопротивления лобовой площадки для тел различной формы

Форма тела	$C_x$	Направление движения воздуха
Параллелепипед с квадратным основанием	0,85	Перпендикулярно квадратной стороне
Параллелепипед с прямоугольным основанием	1,3	Перпендикулярно прямоугольной стороне
Куб	1,6	Перпендикулярно стороне
Диск	1,6	Перпендикулярно диску
Пластина-квадрат	1,45	Перпендикулярно пластине
Цилиндр при отношении высоты к диаметру, равному 1 – равному 10	0,4 – 0,2	Перпендикулярно оси цилиндра
Сфера	0,25	Перпендикулярно поверхности
Полусфера	0,8	Параллельно плоскости основания
Пирамида с квадратным основанием	1,1	Параллельно основанию и перпендикулярно грани основания

Таблица Г.2 – Коэффициент трения между поверхностями

Наименование трущихся материалов	Величина коэффициента трения	Наименование трущихся материалов	Величина коэффициента трения
При скольжении		При качении	
Сталь по стали	0,15	Стальное колесо:	
Сталь по чугуну	0,30	по рельсу	0,05
Металл по линолеуму	0,2 – 0,4	по кафелю	0,1
Металл по дереву	0,6	по линолеуму	0,1 – 0,2
Металл по бетону	0,4	по дереву	0,12 – 0,15
Чугун по бетону	0,35		
Дерево по дереву	0,4...0,6		