

# АТЛАС

---

АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ



# АТЛАС

---

АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ББК 38.5  
Б  
УДК [624.01:533.6](084.4)

Составители:

М. А. Березин; В. В. Катюшин - канд. техн. наук, доцент.

Атлас аэродинамических характеристик строительных конструкций/

В Атласе приведены аэродинамические коэффициенты наземных сооружений, подверженных воздействию ветра в пределах нижнего слоя приземного слоя атмосферы. Атлас предназначен для инженерно-технических работников, занятых проектированием зданий и сооружений различного назначения.

Рецензент - Центральный НИИ Строительных Конструкций им. В. А. Кучеренко  
Вёрстка: Плотников А. А.

ISBN 5-94905-002-9

Издательство: ООО Олден-полиграфия  
ИД № 05941 от 28 сентября 2001 г.  
г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 15, оф. 516. тел.: (3832) 12-56-36

Подписано в печать 1.12.2002 г. Печать офсетная. Тираж 250 экз.  
Отпечатано с готовых диапозитивов в типографии ООО “Альма”  
г. Новосибирск, Красный проспект, 220/2

---

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>1. ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>  1.1. Цилиндрический стержень . . . . .</b>	<b>11</b>
1.1.1. Гладкий круговой цилиндр поперёк потока. Проволока . . . . .	11
1.1.2. Равномерно шероховатый круговой цилиндр . . . . .	12
1.1.3. Гладкий круговой цилиндр конечной длины поперёк потока . . . . .	13
1.1.4. Гладкий круговой цилиндр вдоль потока . . . . .	13
1.1.5. Гладкий круговой цилиндр под углом к потоку . . . . .	14
1.1.6. Провод с повивом . . . . .	14
<b>  1.2. Цилиндрический стержень с надстройками . . . . .</b>	<b>14</b>
1.2.1. Гладкий круговой цилиндр с надстройками . . . . .	14
1.2.2. Гладкий круговой цилиндр с треугольными надстройками . . . . .	15
1.2.3. Круговой цилиндр с надстройками в виде продольных реек . . . . .	15
1.2.4. Круговой цилиндр с надстройками . . . . .	16
1.2.5. Провод с обледенением . . . . .	17
<b>  1.3. Цилиндрический стержень с обтекателем . . . . .</b>	<b>19</b>
1.3.1. Круговой цилиндр с треугольным обтекателем . . . . .	19
1.3.2. Круговой цилиндр с профилированным обтекателем . . . . .	19
<b>  1.4. Гладкий круговой цилиндр на плоскости . . . . .</b>	<b>20</b>
1.4.1. Короткие цилиндры . . . . .	20
1.4.2. Гладкий круговой цилиндр с конической кровлей . . . . .	21
1.4.3. Гладкий круговой цилиндр с конической кровлей . . . . .	22
1.4.4. Цилиндр круговой с "плавающей" кровлей и сфера . . . . .	23
1.4.5. Цилиндр круговой с "плавающей" кровлей . . . . .	24
<b>  1.5. Группа цилиндров . . . . .</b>	<b>26</b>
1.5.1. Два параллельных круговых цилиндра . . . . .	26
1.5.2. Два параллельных круговых цилиндра . . . . .	26
1.5.3. Группа параллельных круговых цилиндров . . . . .	26
1.5.4. Группа параллельных круговых цилиндров . . . . .	27
1.5.5. Группа параллельных круговых цилиндров (проводы и тросы) . . . . .	28
<b>  1.6. Стержни с цилиндрической образующей . . . . .</b>	<b>29</b>
1.6.1. Полуцилиндр . . . . .	29
1.6.2. Гладкие цилиндрические панели . . . . .	30
1.6.3. Цилиндр полукруглого сечения . . . . .	32
1.6.4. Цилиндр полукруглого сечения, лежащий на плоскости . . . . .	33
1.6.5. Транспортёрная галерея . . . . .	34
1.6.6. Гладкая панель эллиптического поперечного сечения . . . . .	35
<b>  1.7. Стержни эллиптического сечения . . . . .</b>	<b>36</b>
1.7.1. Эллиптический цилиндр . . . . .	36

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

1.7.2. Эллиптический цилиндр . . . . .	36
1.7.3. Эллиптический цилиндр гладкий . . . . .	37
<b>2. ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ . . . . .</b>	<b>39</b>
2.1. Сфера изолированная . . . . .	39
2.2. Сфера вблизи плоской поверхности . . . . .	43
2.3. Полусфера на цилиндрическом основании . . . . .	44
2.4. Элементы сферы . . . . .	46
2.4.1. Сплошной полушар . . . . .	46
2.4.2. Полусфера . . . . .	46
2.5. Конус . . . . .	47
2.6. Эллипсоид . . . . .	47
2.7. Тело вращения . . . . .	48
2.8. Круглая пластина . . . . .	48
2.9. Два диска . . . . .	49
2.10. Подвесные изоляторы . . . . .	50
<b>3. СТЕРЖНИ . . . . .</b>	<b>51</b>
3.1. Стержень квадратного сечения . . . . .	51
3.1.1. Стержень квадратного сечения . . . . .	51
3.1.2. Квадратный брус гладкий . . . . .	51
3.1.3. Квадратный брус шероховатый . . . . .	53
3.1.4. Квадратный брус с закруглёнными кромками . . . . .	54
3.2. Стержень прямоугольного сечения . . . . .	55
3.2.1. Прямоугольный брус . . . . .	55
3.2.2. Прямоугольный брус с закруглёнными кромками . . . . .	56
3.2.3. Прямоугольная призма . . . . .	56
3.2.4. Ряд призм на плоскости . . . . .	58
3.2.5. Плоская пластина с закруглёнными кромками . . . . .	59
3.2.6. Клиновидная пластина . . . . .	59
3.3. Стержень ромбического сечения . . . . .	59
3.4. Стержень треугольного сечения . . . . .	60
3.4.1. Стержень треугольного равностороннего сечения . . . . .	60
3.4.2. Треугольный стержень . . . . .	61
3.4.3. Треугольный стержень с закруглёнными кромками . . . . .	61
3.4.4. Комбинированный стержень . . . . .	62
3.5. Многоугольный стержень . . . . .	62

<b>4. СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРОФИЛИ . . . . .</b>	<b>63</b>
4.1. Уголок равнобокий . . . . .	63
4.2. Уголок неравнобокий . . . . .	64
4.3. Комбинированный из уголков профиль . . . . .	65
4.4. Швеллер . . . . .	68
4.5. Двутавр или комбинированный профиль из швеллеров . . . . .	68
4.6. Профиль с экраном . . . . .	70
4.7. Критерий Струхала профилей . . . . .	71
<b>5. РЕШЁТЧАТЫЕ КОНСТРУКЦИИ. . . . .</b>	<b>73</b>
5.1. Одиночная плоская решётчатая ферма . . . . .	73
5.1.1. Ферма из профилей . . . . .	73
5.1.2. Ферма из профилей . . . . .	73
5.1.3. Ферма из уголков . . . . .	75
5.1.4. Ферма из уголков . . . . .	76
5.2. Ряд плоских решётчатых ферм. . . . .	77
5.2.1. Коэффициент $C_x$ подветренной фермы . . . . .	77
5.2.2. Коэффициент $\eta=f(b/h)$ ферм из уголков . . . . .	78
5.2.3. Коэффициент $\eta=f(\varphi)$ фермы . . . . .	78
5.3. Пространственная решётчатая ферма . . . . .	81
5.3.1. Коэффициенты $K_x$ , $K_y$ и $K_z$ фермы . . . . .	81
5.3.2. Коэффициенты $k$ фермы при $\varphi=0.30$ . . . . .	83
5.3.3. Ферма бесконечной длины . . . . .	83
5.3.4. Коэффициент $k$ пространственной фермы . . . . .	85
<b>6. ПЛОХООБТЕКАЕМЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ТЕЛА</b>	<b>87</b>
6.1. Пластина с плоскими экранами . . . . .	89
6.2. Пластина с обтекателями . . . . .	90
6.3. Пластина с плоскими экранами и обтекателями . . . . .	91
<b>7. ПЛАСТИНЫ И НАВЕСЫ</b>	<b>93</b>
7.1. Плоская прямоугольная пластина . . . . .	93
7.2. Флаги . . . . .	94
7.2.1. Флаги натянутые . . . . .	94
7.2.2. Флаги свободно висящие . . . . .	94
7.3. Проницаемая пластина . . . . .	95
7.3.1. Пластина на плоскости . . . . .	95

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

---

7.3.2. Пластина на плоскости . . . . .	96
<b>7.4. Навесы . . . . .</b>	<b>98</b>
7.4.1. Навесы . . . . .	98
7.4.2. Навес односкатный . . . . .	99
7.4.3. Навес двухскатный . . . . .	99
<b>7.5. Навесы над объектами . . . . .</b>	<b>100</b>
7.5.1. Навес односкатный . . . . .	100
7.5.2. Навес двухскатный . . . . .	100
<b>8. ПОКРЫТИЯ ЗДАНИЙ НА ПРЯМОУГОЛЬНОМ ОСНОВАНИИ . . . . .</b>	<b>101</b>
<b>8.1. Здания с двухскатной кровлей . . . . .</b>	<b>101</b>
<b>8.2. Элементы ограждения и кровли . . . . .</b>	<b>102</b>
<b>8.3. Здания с двухскатной кровлей . . . . .</b>	<b>103</b>
<b>8.4. Здания с кровлей обратного уклона . . . . .</b>	<b>104</b>
<b>8.5. Ангары . . . . .</b>	<b>105</b>
8.5.1. Ангар с двухскатной кровлей . . . . .	105
8.5.2. Ангар арочного типа . . . . .	106
8.5.3. Ангар с провисающей цилиндрической кровлей . . . . .	107
<b>8.6. Здания с проёмами . . . . .</b>	<b>108</b>
<b>8.7. Кровля в виде параболических гиперболоидов . . . . .</b>	<b>109</b>
<b>8.8. Треугольная призма с мягким провисающим покрытием . . . . .</b>	<b>110</b>
<b>8.9. Здания с продольными фонарями . . . . .</b>	<b>112</b>
8.9.1. Одиночное здание . . . . .	112
8.9.2. Одиночное здание . . . . .	112
8.9.3. Ряд зданий равной высоты . . . . .	114
8.9.4. Ряд зданий различной высоты . . . . .	115
8.9.5. Здания с зенитными фонарями . . . . .	116
8.9.6. Здания с шедовыми покрытиями . . . . .	116
8.9.7. Уступы зданий при $\alpha < 15^0$ . . . . .	117
<b>9. ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ . . . . .</b>	<b>119</b>
<b>9.1. Одиночная крыша центрального барабана . . . . .</b>	<b>119</b>
<b>9.2. Ребристая крыша центрального барабана в комплексе здания . . . . .</b>	<b>121</b>
<b>9.3. Гладкая крыша центрального барабана в комплексе здания . . . . .</b>	<b>121</b>
<b>9.4. Крыша центрального барабана в комплексе здания . . . . .</b>	<b>122</b>
<b>9.5. Колокольня . . . . .</b>	<b>123</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ . . . . .</b>	<b>125</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА . . . . .</b>	<b>129</b>

---

---

## РЕЦЕНЗИЯ

### НА "АТЛАС АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ", РАЗРАБОТАННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ И ПРОЕКТНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИРМОЙ "УНИКОН"

Научно-Технический Совет ЦНИИ Строительных Конструкций им. Кучеренко рассмотрел "Атлас аэродинамических характеристик строительных конструкций".

Отмечено:

1. При его подготовке во многом использованы оригинальные результаты, полученные в аэродинамической трубе фирмы УНИКОН; причем, методика проведения этих испытаний полностью соответствует необходимым требованиям.
2. В "Атласе аэродинамических характеристик строительных конструкций" представлены данные для более широкого класса зданий и сооружений по сравнению с теми, которые приводятся в действующем СНиП "Нагрузки и воздействия".

Данные, приведенные в "Атласе аэродинамических характеристик строительных конструкций", рекомендованы НТС ЦНИИСК им. Кучеренко для использования при проектировании зданий, сооружений и их элементов, для которых в действующем СНиП "Нагрузки и воздействия" отсутствуют соответствующие значения аэродинамических коэффициентов".

Решение секции "Теория сооружений" НТС ЦНИИСК им. Кучеренко от 10 июля 2002 года.



---

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий Атлас предназначен для инженеров, выполняющих проектирование отдельно стоящих зданий и сооружений, групп зданий и сооружений в составе объекта, поселка, города с учётом особенностей земной поверхности, размещённых в условиях воздействия приземного пограничного слоя атмосферы.

Атлас составлен по материалам, опубликованным в открытых отечественных и зарубежных источниках. При составлении Атласа использованы материалы, представленные в строительных нормах (СНиП), справочниках и справочных пособиях, сборниках трудов конференций и конгрессов различного уровня, сборниках трудов предприятий и организаций, периодических журналах и т. п.

В настоящий Атлас также помещены материалы исследований, выполненных на специализированной аэродинамической трубе 3-АТ-17.5/3 научно-исследовательской и проектно-строительной фирмы УНИКОН.

В процессе отбора материалов для включения в Атлас уделялось внимание сведениям о характеристиках воздушного потока, таких, как скорость (соответственно - число Рейнольдса), уровень турбулентных пульсаций скорости, амплитудно-частотные характеристики пульсаций скорости, градиент скорости в области размещения здания или сооружения. Авторы не ставили в рамках настоящего Атласа задачу сопоставления материалов и анализа причин разброса численных величин аэродинамических коэффициентов одноимённых по форме строительных конструкций и элементов, приведенных в различных источниках. Данные, вызывающие сомнение в их надёжности, были подвержены контрольным испытаниям в аэродинамической трубе 3-АТ-17.5/3.

Атлас разделён на девять разделов. В первый раздел помещены физические тела с цилиндрической и эллиптической образующей, к которым отнесены провода, тросы, отдельно стоящие на земной поверхности башни, транспортёрные галереи, цилиндрические и эллиптические панели, а также лежащие на поверхности полуцилиндры. Второй раздел содержит сведения об аэродинамических коэффициентах сферических и полусферических тел при различном их положении относительно плоской поверхности. Представлены и тела иных форм. Наиболее подробно даны характеристики подвесных стеклянных изоляторов обычного и грязестойкого исполнения.

Третий раздел посвящён длинным стержням с различными формами поперечного сечения. Строительные профили размещены в четвёртом разделе.

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

---

---

Аэродинамические характеристики решётчатых ферм даны в пятом разделе.

Влияние обтекателей на аэродинамические коэффициенты тел, составленных из плоских пластин, показано в шестом разделе. В седьмой раздел выделены плоские навесы односкатные и двухскатные при свободном и заполненном пространстве под ними, приведены также плоские стенки заданной аэродинамической прозрачности. В восьмой раздел сведены покрытия зданий на прямоугольном основании. Девятый раздел Атласа посвящён зданиям и сооружениям православных храмов. В этом разделе представлены аэродинамические коэффициенты крыши барабанов здания церкви и коэффициенты колокольни, размещённой как отдельно от здания, так и непосредственно на здании.

Работа выполнена по инициативе научно-исследовательской и проектно-строительной фирмы УНИКОН (центр - г. Кемерово). Составители Атласа выражают искреннее признание ведущему научному сотруднику ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, кандидату технических наук, доценту Н. А. Попову за консультации по вопросам выбора и сопоставления материалов исследований, методическую помощь в вопросах компоновки разделов атласа и представления аэродинамических характеристик объектов.

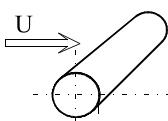
Составители приносят свою благодарность членам Научно-Технического Совета ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко за объективную оценку материалов, представленных в Атласе.

---

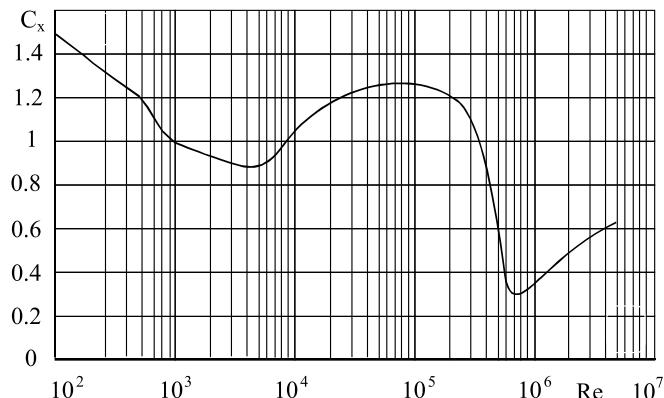
# 1. ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ

## 1.1. Цилиндрический стержень

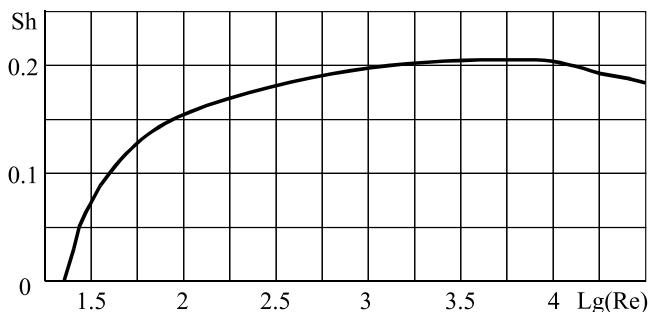
### 1.1.1. Гладкий круговой цилиндр поперёк потока. Проволока



**Рис. 1.1.**  $C_x = f(Re)$   
кругового  
цилиндра.  
 $\lambda = \infty$ . [5, 6, 7]



**Рис. 1.2.**  $Sh = f(Re)$   
кругового  
цилиндра.  
 $\lambda = \infty$ . [2]

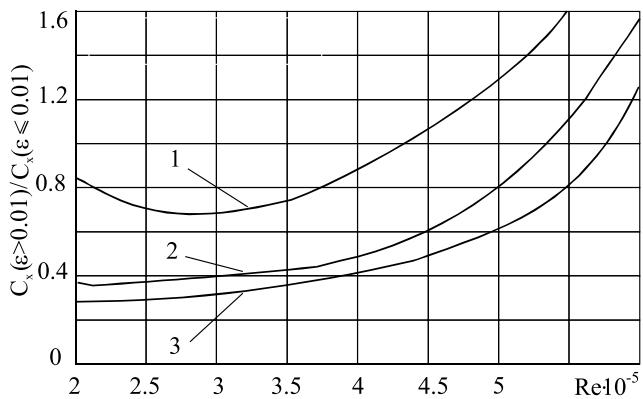


# 1. ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ

---



---



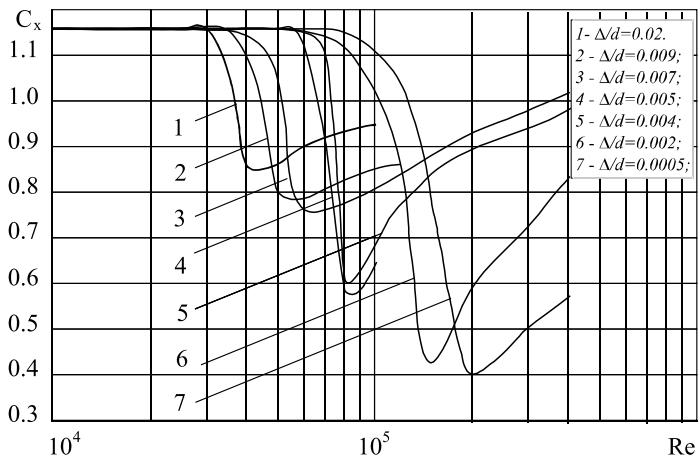
*Рис. 1.3.  $C_x = (Re; \varepsilon)$  кругового цилиндра.  $\lambda = \infty$ . [2]*

1 -  $\varepsilon = 0.3\%$  2 -  $\varepsilon = 0.8\%$  3 -  $\varepsilon = 5.5\%$

## 1.1.2. Равномерно шероховатый круговой цилиндр.

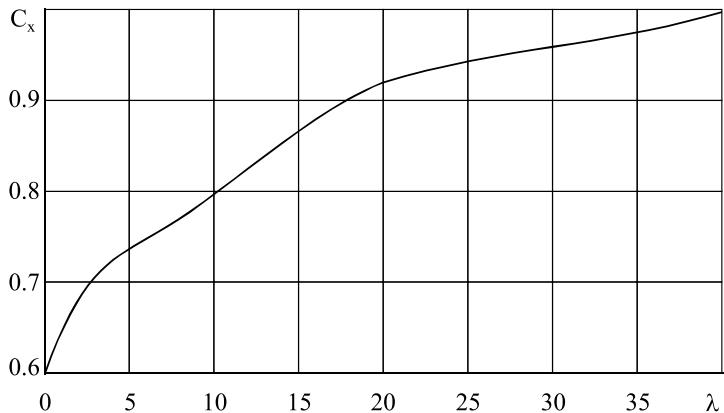
$\Delta$  - высота шероховатости [2, 8]

$\lambda = \infty$  - относительное удлинение



*Рис. 1.4.  $C_x = f(Re; \Delta/d)$  [3, 4].*

**1.1.3. Гладкий круговой цилиндр конечной длины поперёк потока [2, 3, 5, 8]**

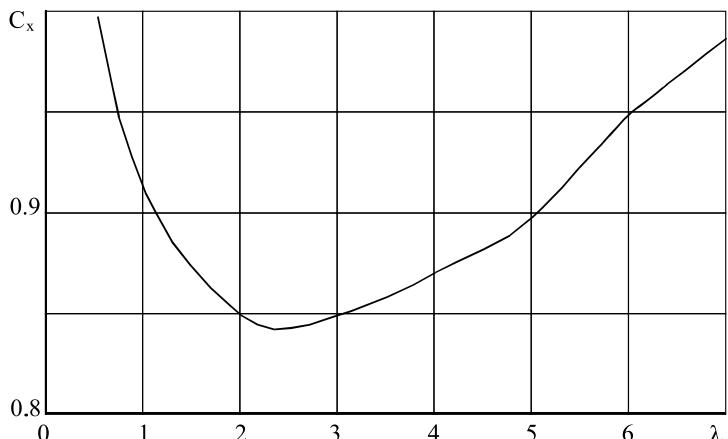


*Рис. 1.5.*

$Sh = f(Re)$   
кругового  
цилиндра.  
 $\lambda = \infty$ . [2]

**1.1.4. Гладкий круговой цилиндр вдоль потока [2, 3, 5, 8]**

$$S = \frac{\pi d^2}{4};$$



*Рис. 1.6.*

$C_x = f(\lambda)$   
кругового  
цилиндра.

## 1. ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ

### 1.1.5. Гладкий круговой цилиндр под углом к потоку

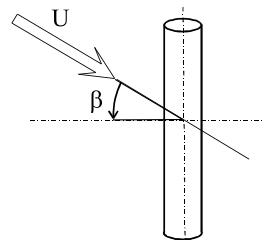
$$\lambda = \infty$$

$$C_{x\beta} = C_{x0} \cdot \sin^2(\beta) \quad [9]$$

$$C_{x\beta} = C_{x0} \cdot \sin(1.225 \cdot \beta) \quad [2]$$

( $\beta = 0 \dots 60^\circ$ ).

$$C_{x0} = C_x(\beta=0)$$



### 1.1.6. Провод с повивом [7, 10]

Основной диаметр  $d = 5.5$  мм.

Диаметр повива  $d_n = 0.7$  мм.

$$Re = 10^4$$

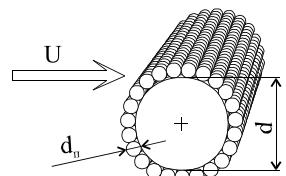
$$C_x = 1.14$$

Основной диаметр  $d = 1.12$  мм.

Диаметр повива  $d_n = 1.3$  мм.

$$Re = 10^4$$

$$C_x = 1.04$$



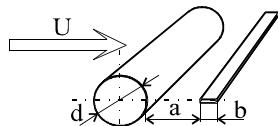
## 1.2. Цилиндрический стержень с надстройками

### 1.2.1. Гладкий круговой цилиндр с надстройками [7]

$$\lambda = \infty$$

$$Re = 10^4 \dots 10^5$$

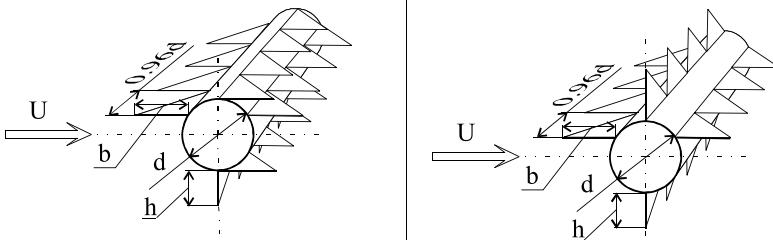
a	b	$C_x$
0	0.25d	0.94
0	4d	0.59
2.5d	d	0.62



## 1.2.2. Гладкий круговой цилиндр с треугольными надстройками [2, 8]

$$C_x = f(Re); \quad S = (d+h) \cdot L; \quad Re = U_0 d / v.$$

Таблица 1-1

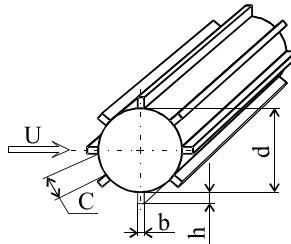


$Re \cdot 10^{-5}$	$h/d$			
	0	0.53	0.3	0.76
1	1	1.4	0.55	1.7
2	1.05	1.25	0.59	1.4
3	1.08	1.27	0.59	1.4
4	1.11	1.26	0.59	1.47
5	1.12	1.26	0.61	1.46
6	1.13	1.28	0.62	1.45
7	1.14	1.29	0.63	1.46
8	1.15	1.29	0.64	1.48
9	1.16	1.29	0.65	1.48

## 1.2.3. Круговой цилиндр с надстройками в виде продольных реек [2, 8]

$$\lambda = \infty.$$

$$S_M = (d+h) \cdot L;$$



# 1. ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ

---

**Таблица 1-2**  $C_x = f(Re)$ .  $C/h=0.83$

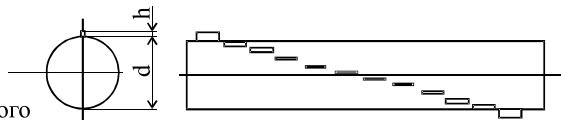
Вариант	h/d	b/d	$Re \cdot 10^{-5}$								
			0.5	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	10.0
1).	0.027	0.055	1.05	0.92	0.66	0.80	0.88	0.93	0.97	0.99	0.99
2).	0.041	0.083	0.88	0.90	0.94	0.95	0.98	1.00	1.02	1.03	1.03
3).	0.055	0.11	1.15	1.08	0.85	0.94	1.00	1.01	1.04	1.05	1.05
4).	0.087	0.174	0.85	0.61	0.70	0.93	0.99	1.01	1.05	1.06	1.06

## 1.2.4. Круговой цилиндр с надстройками [11]

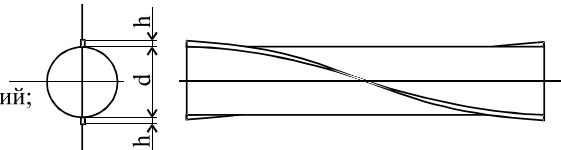
$$\lambda = \infty$$

$$C_x \left(\frac{h}{d}\right) = (1.4 + 4.49 \frac{h}{d}) \cdot C_x$$

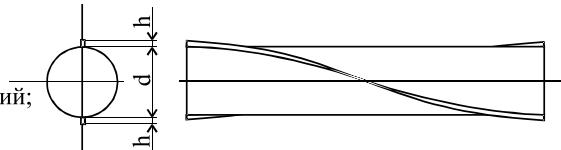
$C_x$  – коэффициент для гладкого цилиндра.



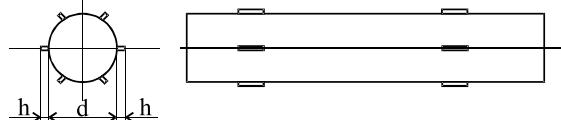
$h=0.005$  м – шероховатость деревянных, бетонных и железобетонных конструкций;



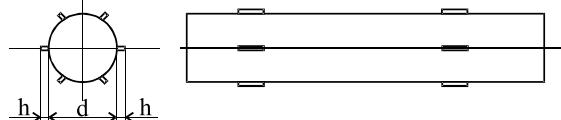
$h=0.001$  м – шероховатость стальных конструкций;



$h=0.01$  м – шероховатость кирпичной кладки;



$h=0.1d$  – шероховатость проводов и тросов;



$h$  – высота надстройки.

## 1.2.5. Провод с обледенением [21]

$$Re = (0.7 \dots 1.4) \cdot 10^5, \quad \varepsilon = 1.8\%$$

Эквивалентный диаметр  $d_{\text{экв}} = \sqrt{4 \frac{S_m}{\pi}}$ .  $S_m$  – площадь муфты.  $S = d_{\text{экв}} \cdot L$ .

**Таблица 1-3**  $C_x = f(\alpha)$ ,  $C_y = f(\alpha)$  провода с гололёдом

$\alpha^\circ$	$C_x$	$C_y$									
0	0.66	0.88	180	1.04	-0.72	0	0.44	0.00	180	0.78	-0.43
10	0.92	0.83	190	1.12	-0.64	10	0.46	0.18	190	0.82	-0.66
20	1.19	0.79	200	1.35	-0.56	20	0.58	0.22	200	1.07	-0.52
30	1.58	0.69	210	1.46	-0.35	30	0.73	0.25	210	1.23	-0.46
40	1.69	0.51	220	1.53	-0.24	40	1.08	0.18	220	1.44	-0.34
50	1.77	0.19	230	1.46	-0.11	50	1.28	0.15	230	1.42	-0.23
60	2.01	-0.11	240	1.34	0.11	60	1.34	0.14	240	1.38	0.07
70	2.05	-0.40	250	1.35	0.43	70	1.35	0.08	250	1.30	0.33
80	1.97	-0.75	260	1.21	0.00	80	1.42	-0.22	260	1.42	0.19
90	1.65	-1.02	270	1.13	-0.43	90	1.51	-0.47	270	1.50	-0.28
100	1.16	-1.17	280	1.10	-0.87	100	1.38	-0.53	280	1.54	-0.46
110	1.04	-0.82	290	1.06	-0.82	110	1.35	-0.44	290	1.58	-0.58
120	1.00	-0.27	300	0.96	-0.93	120	1.30	-0.08	300	1.68	-0.70
130	0.96	0.24	310	0.76	-0.98	130	1.28	0.06	310	1.26	-0.68
140	0.87	0.61	320	0.59	-1.00	140	1.27	0.14	320	1.03	-0.66
150	0.98	0.69	330	0.45	-0.84	150	1.16	0.18	330	0.70	-0.53
160	1.19	0.21	340	0.47	-0.31	160	0.98	0.25	340	0.56	-0.38
170	1.03	-0.29	350	0.55	0.34	170	0.82	0.28	350	0.44	-0.21

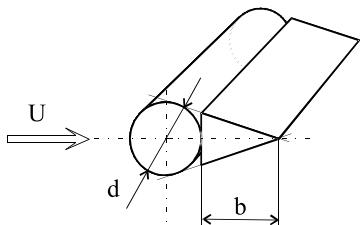
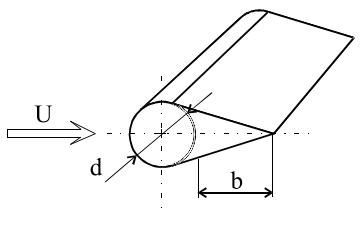
# 1. ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ

---

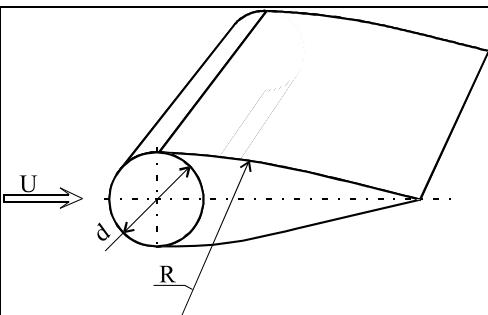
**Продолжение табл. 1-3**

$\alpha^{\circ}$	$C_x$	$C_y$												
0	0.70	-1.10	180	0.61	0.72	0	0.38	-0.21	180	0.35	-0.23			
10	1.31	-0.83	190	0.77	0.50	10	0.64	0.48	-	-	-			
20	1.88	-0.82	200	0.87	0.17	20	0.87	0.75	-	-	-			
30	2.04	-0.47	210	1.06	-0.25	30	1.22	0.88	-	-	-			
40	2.04	0.00	220	1.16	-0.36	40	1.65	1.18	-	-	-			
50	2.10	0.28	230	1.27	-0.41	50	2.13	1.02	-	-	-			
60	2.00	0.67	240	1.41	-0.48	60	2.27	0.88	-	-	-			
70	1.92	0.92	250	1.44	-0.50	70	2.42	0.73	-	-	-			
80	1.82	1.07	260	1.45	-0.41	80	2.60	0.21	-	-	-			
90	1.38	1.20	270	1.83	-0.15	90	2.41	-0.15	-	-	-			
100	1.17	1.33	280	1.85	0.18	100	2.30	-0.58	-	-	-			
110	1.06	1.09	290	1.65	0.43	110	2.13	-0.98	-	-	-			
120	0.93	0.78	300	1.45	0.74	120	1.90	-1.30	-	-	-			
130	0.68	0.00	310	0.91	1.05	130	1.83	-1.23	-	-	-			
140	0.68	-0.29	320	0.79	0.98	140	1.80	-1.12	-	-	-			
150	0.84	0.08	330	0.67	0.75	150	1.38	-1.07	-	-	-			
160	0.83	0.21	340	0.78	-0.11	160	1.00	-0.94	-	-	-			
170	0.80	0.35	350	0.71	-0.65	170	0.56	-0.38	-	-	-			

**1.3. Цилиндрический стержень с обтекателем**
**1.3.1. Круговой цилиндр с треугольным обтекателем [7]**
**Таблица 1-4**

Схема сечения	Параметр обтекателя $b$	Диапазон чисел $Re$	Режим обтекания	$C_x$
	$b = d$	$(2.5 - 4) \cdot 10^5$	$Re < Re_{kp}$	0.88
			$Re > Re_{kp}$	0.32
	$b = 2d$	$(2.0 - 3.6) \cdot 10^5$	$Re < Re_{kp}$	0.80
			$Re > Re_{kp}$	0.29
	$b = d$	$(2.3 - 5.0) \cdot 10^5$	$Re < Re_{kp}$	0.82
			$Re > Re_{kp}$	0.24
	$b = 2d$	$(1.5 - 3.0) \cdot 10^5$	$Re < Re_{kp}$	0.73
			$Re > Re_{kp}$	0.16

**1.3.2. Круговой цилиндр с профилированным обтекателем**
**Таблица 1-5  $C_x = f(b/d; R/d)$  при  $Re > 2 \cdot 10^6$  [3, 8]**

$b/d$	2	3	3.5	4	
$R/d$	0	4	6	8	
$C_x$	0.2	0.1	0.07	0.06	

# 1. ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ

---

## 1.4. Гладкий круговой цилиндр на плоскости

### 1.4.1. Короткие цилиндры [2]

**Таблица 1-6 Коэффициенты давления  $C_{e,max} = f(h/d)$**

	$h/d=1/6$			$h/d=1/3$		
	На покрытии	На боковой поверхности	На внутренней поверхности	На покрытии	На боковой поверхности	На внутренней поверхности
Форма кровли						
а) Плоская		-0.91	0.92	-	-0.91	-1.38
б) Плоская, утопленная до $h/2$		-0.57	0.96	-0.58	-0.69	-1.3
в) Плоская, утопленная до низа		-1.08	0.92	-	-0.93	-1.38
г) Кониченская		-0.59	0.96	-0.61	-0.69	-1.3
д) Сферическая		-1.5	0.92	-	-2.07	-1.38

## 1.4.2. Гладкий круговой цилиндр с конической кровлей [12]

$$g = 57.1 \text{ кг/м}^2$$

$$U = 30 \text{ м/с};$$

$$Re = 6.2 \cdot 10^5$$

$$h/d = 2.0.$$

Коэффициенты

$C_e = f(\beta)$  – в таблице 1.7

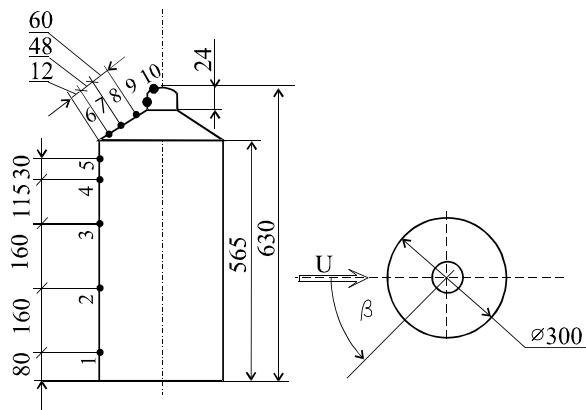


Таблица I-7  $C_e = f(\beta)$

Угол $\beta^0$	Номер точки измерения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.945	0.988	0.970	0.871	0.721	-1.492	-0.945	0.022	0.885	-1.052
22.5	0.609	0.572	0.701	0.550	0.440	-1.420	-0.871	-0.088	0.105	-1.109
45	-0.467	-0.660	-0.470	-0.335	-0.341	-1.322	-0.722	-0.443	-0.935	-1.339
67.5	-1.355	-1.621	-1.470	-1.155	-0.991	-1.190	-0.612	-0.866	-2.230	-1.600
78	-1.594	-2.006	-1.882	-1.445	-	-	-	-	-2.330	-
90	-1.422	-1.970	-1.725	-1.510	-1.310	-0.963	-0.698	-1.172	-2.260	-1.752
112.5	-0.504	-1.163	-0.336	-0.742	-0.791	-0.627	-0.683	-1.156	-1.580	-1.500
135	-0.354	-0.397	-0.454	-0.445	-0.447	-0.576	-0.633	-1.140	-1.280	-1.722
157.5	-0.312	-0.288	-0.273	-0.247	-0.268	-0.296	-0.563	-1.024	-0.839	-1.384
180	-0.341	-0.360	-0.365	-0.387	-0.265	-0.289	-0.393	-0.883	-1.355	-1.218

# 1. ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ

---

## 1.4.3. Гладкий круговой цилиндр с конической кровлей [21]

Угол наклона кровли  $30^\circ$ ;

$h/d=2.0$

$Re=4.9 \cdot 10^5$ ;  $\varepsilon=1.8\%$

Гладкая кровля –

таблица 1.7

Ребристая кровля –

таблица 1.8

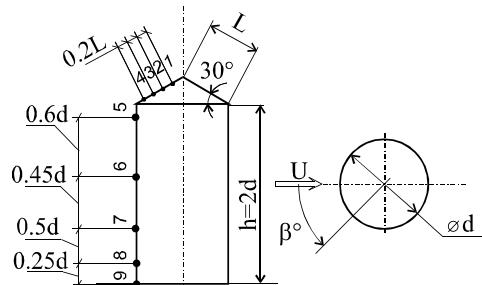


Таблица 1-8  $C_e=f(\beta)$  цилиндрической части.  $h/d=2.0$

Угол $\beta^\circ$	Номер точки измерения				Угол $\beta^\circ$	Номер точки измерения			
	5	6	7	8		5	6	7	8
0	0.87	1	1	0.96	100	-1.91	-1.61	-1.04	-0.92
10	0.83	0.92	0.93	0.95	110	-1.7	-0.89	-0.53	-0.47
30	0.3	0.2	0.25	0.46	120	-1.39	-0.6	-0.47	-0.45
50	-0.64	-0.87	-0.75	-0.42	130	-0.92	-0.58	-0.5	-0.43
70	-1.54	-1.89	-1.64	-1.15	150	-0.48	-0.64	-0.42	-0.34
90	-1.96	-2.09	-1.8	-1.3	180	-0.2	-0.52	-0.41	-0.32

Таблица 1-9  $C_e=f(\beta)$  кровли.  $h/d=2.0$

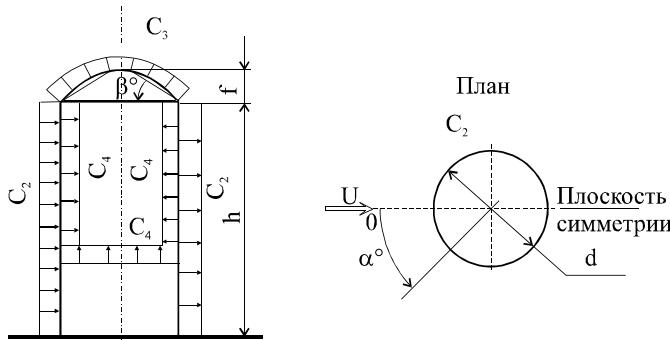
Угол $\beta^\circ$	Гладкая кровля				Кровля с ребрами $\Delta/d=0.011$			
	Номер точки измерения				Номер точки измерения			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0	-0.68	-0.4	-0.04	-1.16	-0.44	-0.22	0.11	-1.22
10	-0.72	-0.43	-0.08	-1.15	-0.46	-0.23	0.07	-1.21
30	-1.01	-0.69	-0.32	-1.29	-0.62	-0.37	0.03	-1.2
50	-1.5	-1.12	-0.75	-1.23	-0.74	-0.66	-0.2	-1.11
70	-1.68	-1.4	-1.07	-1.11	-0.77	-0.78	-0.54	-0.83
90	-1.78	-1.56	-1.27	-1.08	-0.7	-0.8	-0.73	-0.65
100	-1.86	-1.6	-1.3	-1.08	-0.58	-0.76	-0.72	-0.66
110	-1.75	-1.48	-1.21	-1.08	-0.6	-0.74	-0.76	-0.7
120	-1.58	-1.3	-1.1	-0.95	-0.7	-0.77	-0.82	-0.74
130	-1.4	-1.1	-0.9	-0.78	-0.73	-0.77	-0.79	-0.74
150	-1.37	-0.91	-0.58	-0.43	-0.5	-0.5	-0.52	-0.56
180	-1.41	-0.7	-0.38	-0.24	-0.43	-0.45	-0.48	-0.49

Таблица 1-10  $C_{emax} = f(h/d)$ 

Кровля	Поверхность	Относительная высота цилиндра $h/d$				
		0	0.5	1.0	1.5	2.0
Гладкая	На боковой поверхности	-	-1.16	-1.68	-1.90	-2.09
	На кровле	-1.04	-1.76	-1.76	-1.84	-1.86
Ребристая	На боковой поверхности	-	-	-1.63	-1.90	-2.08
	На кровле	-	-	-0.91	-1.05	-1.77

#### 1.4.4. Цилиндр круговой с “плавающей” кровлей и сфера [3]

Схемы применяются для сфер и для сооружений с круговой цилиндрической боковой поверхностью (резервуары, градирни, башни, дымовые трубы) с покрытиями или без покрытия. Схемы используются при расчете оболочки сооружения, а также во всех случаях, когда существенное значение имеет учет местного воздействия ветра.



# 1. ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ

**Таблица 1-11**  $C_2=f(\alpha)$

$h/d$	Угол $\alpha^0$												
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
1/6	+0.8	+0.7	+0.4	0.0	-0.4	-0.6	-0.7	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1
1/3	+0.9	+0.7	+0.4	-0.1	-0.6	-0.9	-1.0	-0.9	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3
1	+1.0	+0.8	+0.1	-0.7	-1.2	-1.5	-1.7	-1.2	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4
7	+1.0	+0.8	+0.1	-0.8	-1.7	-2.2	-2.2	-1.7	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5
$\geq 25$	+1.0	+0.8	+0.1	-0.9	-1.9	-2.5	-2.6	-1.9	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6

Данные для  $C_1$ ,  $C_2$  применимы при  $Re > 4 \cdot 10^5$

**Таблица 1-12**  $C_3=f(h/d)$

Покрытие	$h/d$		
	1/6	1/3	$\geq 1$
Плоское и коническое при $\beta \leq 5^0$	-0.5	-0.6	-1.0
Сферическое $f/d \leq 1/10$	-0.5	-0.6	-1.0
Сферическое $f/d \leq 1/4$	-0.4	-0.5	-0.8

**Таблица 1-13**

$C_4=f(h/d)$  кругового цилиндра без кровли

$h/d$	$C_4$
1/6	-0.5
1/3	-0.6
$\geq 1$	-0.8

## 1.4.5. Цилиндр круговой с “плавающей” кровлей [9]

$$C_e = k_1 C_\beta, \text{ где:}$$

При  $C_\beta < 0$

коэффициент  $k_1$  – по таблице 1.14.

При  $C_\beta > 0$

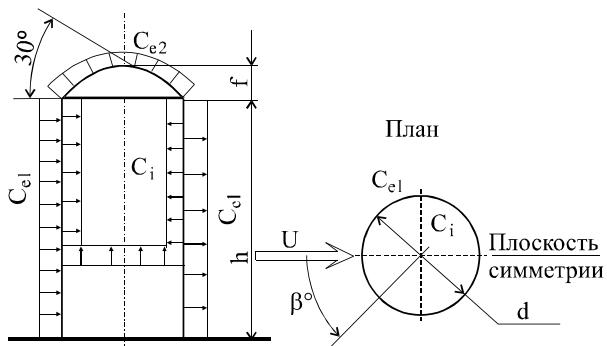
коэффициент  $k_1 = 1$

$C_{e2} = f(h/d)$  – по

таблице 1.15

$C_i = f(h/d)$  – по

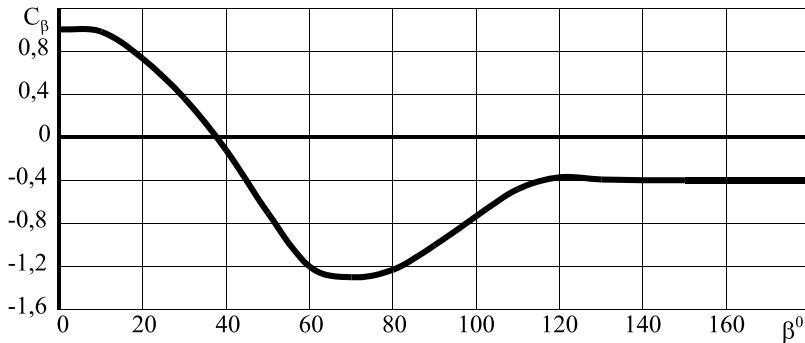
таблице 1.16



**Таблица 1-14**

$h/d$	0.2	0.5	1	2	5	10	25
$k_1$ при $C_\beta < 0$	0.8	0.9	0.95	1.0	1.1	1.15	1.2

При  $Re > 4 \cdot 10^5$  -  $C_\beta$  - по рис. 1.7


**Рис. 1.7. Коэффициент  $C_\beta$** 
**Таблица 1-15**

Покрытие	$C_{e2} = f(h/d)$		
	1/6	1/3	$\geq 1$
Плоское, коническое при $\alpha \leq 5^\circ$ , сферическое при $f/d \leq 0.1$	-0.5	-0.6	-0.8

**Таблица 1-16**

$h/d$	1/6	1/4	1/2	1	2	$\geq 5$
$C_i = f(h/d)$	-0.50	-0.55	-0.70	-0.80	-0.90	-1.05

# 1. ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ

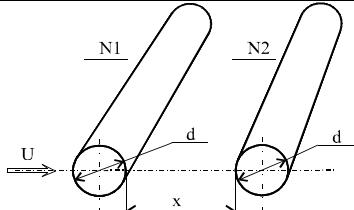
---

## 1.5. Группа цилиндров

### 1.5.1. Два параллельных круговых цилиндра [7, 8, 13]

**Таблица I-17**  $C_x = f(X/d)$

$X/d$	$C_{x1}$	$C_{x2}$	$X/d$	$C_{x1}$	$C_{x2}$
0.0	1.07	-0.40	2.0	0.92	0.0
0.4	1.07	-0.40	2.25	0.95	0.0
0.6	1.06	-0.30	2.5	1.08	0.20
0.8	1.04	-0.20	3.0	1.14	0.30
1.0	1.01	-0.20	4.0	1.17	0.30
1.5	0.95	0.0	7.0	1.17	0.30
1.75	0.92	0.0	9.0	1.17	0.30

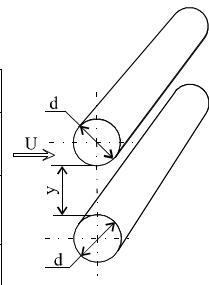


### 1.5.2. Два параллельных круговых цилиндра [7, 8, 13]

$$C_{x1} = C_{x2} = C_x$$

**Таблица I-18**  $C_x = f(Y/d)$

$Y/d$	$C_x$	$Y/d$	$C_x$	$Y/d$	$C_x$	$Y/d$	$C_x$
0.0	1.50	0.75	1.25	1.0	1.27	2.0	1.25
0.25	1.29	0.85	1.0	1.25	1.28	3.0	1.22
0.50	1.23	0.95	1.0	1.50	1.27	5.0	1.18



### 1.5.3. Группа параллельных круговых цилиндров [3]

Коэффициент  $C_{x1}$  первого цилиндра принимается равным коэффициенту  $C_x$  одиночного кругового цилиндра.

Коэффициенты второго и последующих цилиндров определяются по формуле:  $C_{xn} = C_{x1} \cdot \eta_1$ .

Коэффициент  $\eta_1$  определяется по таблице 1.19.

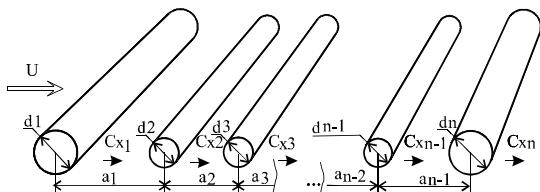
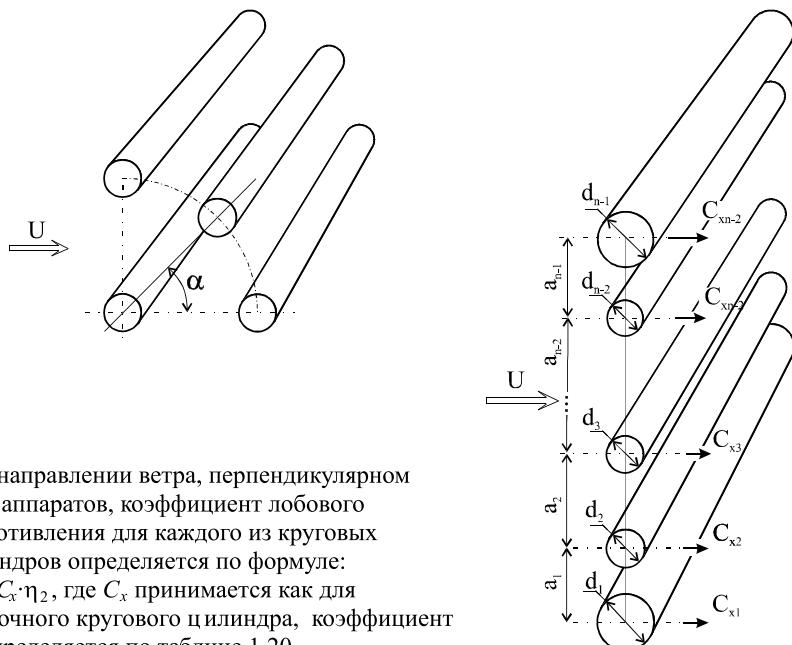


Таблица 1-19

$d_{n-1}/d_n$	$a_{n-1}/d_{n-1}$			
	1.2	2.0	4.0	$>6$
$\leq 0.5$	-	1.0	1.0	1.0
0.75	-	0.80	0.95	1.0
$\geq 10$	0.50	0.70	0.90	1.0

Для случая, когда  $d_{n-1} < d_n = d_{n-2}$ , коэффициент  $\eta_1$  для n-го цилиндра принимается как меньшее значение из двух, вычисленных в зависимости от  $a_{n-1}/d_{n-1}$  и  $(a_{n-2}+a_{n-1})/d_{n-2}$ . Для промежуточных значений  $d_{n-1}/d_n$  и  $a_{n-1}/d_{n-1}$  коэффициент  $\eta_1$  определяется линейной интерполяцией.

#### 1.5.4. Группа параллельных круговых цилиндров [3]



При направлении ветра, перпендикулярном ряду аппаратов, коэффициент лобового сопротивления для каждого из круговых цилиндров определяется по формуле:  
 $C_{x2}=C_x \cdot \eta_2$ , где  $C_x$  принимается как для одиночного кругового цилиндра, коэффициент  $\eta_2$  определяется по таблице 1.20.

# 1. ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ

---

$d_{cp}$  – средний диаметр двух соседних цилиндров. Для случая, когда  $a_{n-1}/d_{cp} = a_n/d_{ch}$ ,  $\eta_2$  для  $n$ -го цилиндра принимается как большее значение из двух, вычисленных в зависимости от  $a_{n-1}/d_{cp}$  и  $a_n/d_{cp}$

**Таблица 1-20**  $\eta_2 = f(a/d_{cp})$

$a/d_{cp}$	1.2	2.0	$\leq 4.0$
$\eta_2$	1.2	1.1	1

Для случаев:

$0^\circ < \alpha < 30^\circ$  коэффициенты  $C_x$  определяются по п. 1.5.1.

$75^\circ < \alpha < 90^\circ$  коэффициенты  $C_x$  определяются по п. 1.5.2.

$30^\circ < \alpha < 75^\circ$  коэффициенты  $C_x$  определяются как для одиночных цилиндров.

## 1.5.5. Группа параллельных круговых цилиндров (проводы и тросы) [21]

$$Re = U \cdot d / \nu = 4 \cdot 10^4, \varepsilon = 1.8\%.$$

$$S = d \cdot L.$$

$$D = 15d.$$

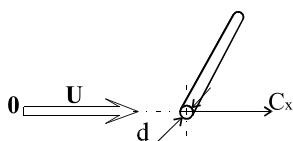


Рис. 1.8  $n=1$

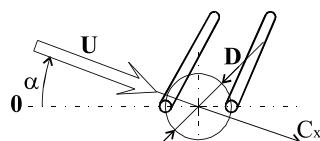


Рис. 1.9  $n=2$

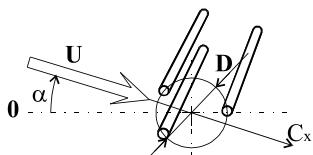


Рис. 1.10  $n=3$

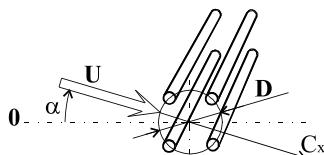


Рис. 1.11  $n=4$

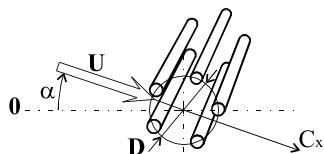


Рис. 1.12  $n=5$

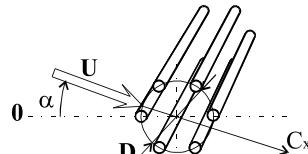


Рис. 1.13  $n=6$

**Таблица 1.21** Коэффициенты  $C_x=f(\alpha)$ .  $D=15d$ .  $Re=U \cdot d / v = 4 \cdot 10^4$ .  $\varepsilon = 1.8\%$ .

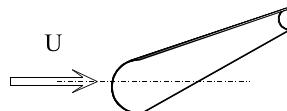
Угол $\alpha^0$	Число цилиндров в группе					
	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6
0	1.10	1.57	3.15	3.72	4.83	4.34
10	1.10	1.83	3.05	4.08	4.97	4.80
20	1.10	2.04	2.56	4.18	4.10	4.90
30	1.10	2.16	2.18	3.72	4.70	4.66
40	1.10	2.16	2.56	3.11	4.80	4.90
50	1.10	2.16	3.05	3.11	4.25	4.80
60	1.10	2.16	3.15	3.72	4.43	4.34
70	1.10	2.16	3.05	4.18	3.95	4.80
80	1.10	2.16	2.56	4.08	4.70	4.90
90	1.10	2.16	2.18	3.72	4.25	4.66

## 1.6. Стержни с цилиндрической образующей

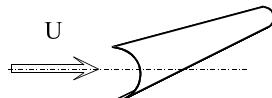
### 1.6.1. Полуцилиндр [8]

$\lambda = \infty$ .  $S=d \cdot L$ .

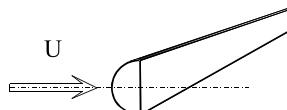
- a).  $C_x=1.2$  [9],  
 $C_x=1.2-1.3$  [10]



- b).  $C_x=2.3$  [9, 10].



- c).  $C_x=1.16$  [9]



# 1. ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ

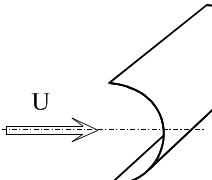
---

## 1.6.2. Гладкие цилиндрические панели

a). Панель высотой  $H$  установлена на земле.  $0.5 \cdot 10^6 < Re < 10^6$  [3]

$$C_x = f(\lambda)$$

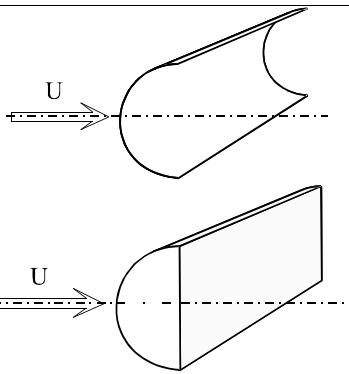
$\lambda=2 H/d$		
>50	14	2
1.15	1.0	0.80



b). Панель расположена на высоте  $a>H$  ( $H$ -высота панели) [3]

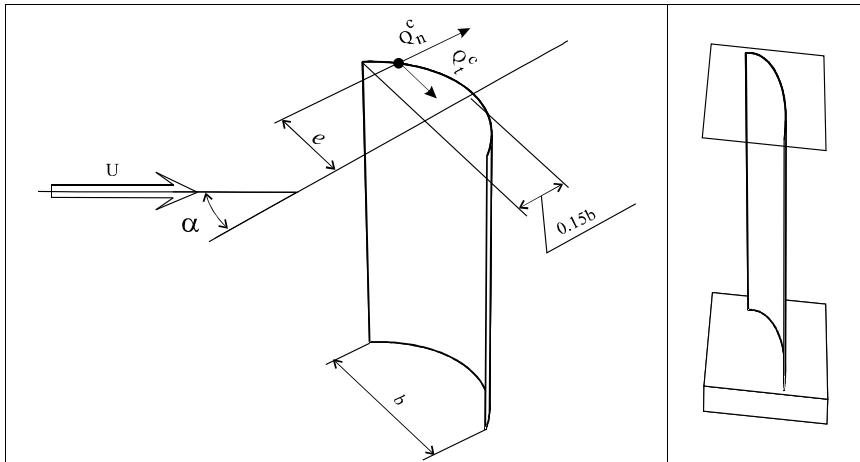
$$C_x = f(\lambda)$$

$\lambda=2 H/d$		
>50	14	2
2.15	1.85	1.60



c). Гладкая вертикальная цилиндрическая панель кругового поперечного сечения ограничена стенами. [3]

$$C_n = f(\alpha, l/b)$$



Горизонтальные края панели свободны								Расположена между стенами
$\alpha^0$	$l:b$							$l:b > 1:3$
	1:20	1:10	1:3	1:1	3:1	10:1	20:1	
0 – 10	1.60	1.50	1.30	1.35	1.30	1.40	1.55	1.90
10 – 20	1.60	1.60	1.35	1.40	1.35	1.35	1.50	1.90
36 – 39	1.20	1.30	2.0	1.40	1.10	1.30	1.45	1.75
48 – 50	0.95	1.0	1.70	1.80	1.10	1.25	1.70	2.05
52 – 54	0.90	0.90	1.60	1.70	1.10	1.20	2.10	2.04
68 - 70	0.60	0.45	1.05	1.20	1.35	1.40	1.60	1.70

$$\begin{aligned} \alpha &= 0 - 35^0 & C_t &= \pm 0.1 C_n; & e &= 0.1 \cdot b \ (\alpha = 35^0). \\ \alpha &= 35 - 90^0 & C_t &= \pm 0.25 C_n; & e &= 0.2 \cdot b \ (\alpha = 70^0). \end{aligned}$$

# 1. ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ

---

## 1.6.3. Цилиндр полукруглого сечения [14]

$\lambda = L/d = 5$

Таблица 1-22  $C_x = f(\alpha, Re)$ .

$Re$	$\alpha^0$					
	-90	-30	0	30	60	90
$1.2 \cdot 10^5$	0.82	0.66	0.40	0.51	1.04	1.35
$2.4 \cdot 10^5$	0.71	0.65	0.35	0.57	1.02	1.22
$3.2 \cdot 10^5$	0.64	0.62	0.30	0.56	1.00	1.22
$3.8 \cdot 10^5$	0.61	0.48	0.23	0.50	1.00	1.22
$4.4 \cdot 10^5$	0.51	0.49	0.22	0.51	1.00	1.22
$5.0 \cdot 10^5$	0.55	0.50	0.22	0.50	1.00	1.22

Рис. 1.14.  
 $C_x = f(Re, \lambda)$   
полукруглого  
цилиндра

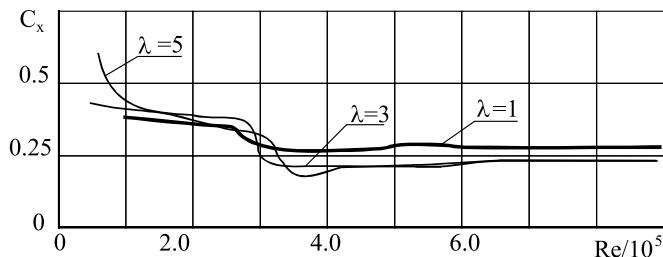
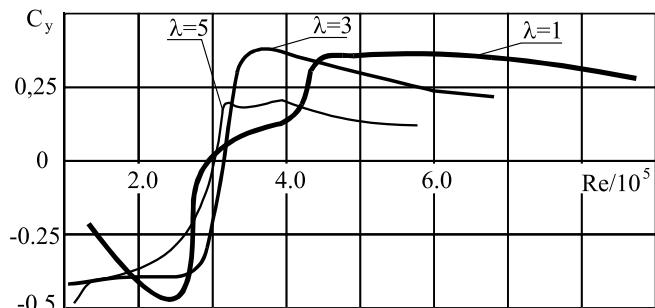


Рис. 1.15.  
 $C_y = f(\alpha)$   
полукруглого  
цилиндра.  $\lambda=5$



#### 1.6.4. Цилиндр полукруглого сечения, лежащий на плоскости [3, 6]

$\lambda = b/d$ . Схема применяется для покрытий ангаров, складов и т. д.

$C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  в таблице 1.23.  $C_n$ ,  $C_t$ ,  $C_z$  в таблице 1.24.

**Таблица 1-23**  $C_1 = f(\alpha, \lambda)$ ,  $C_2 = f(\alpha, \lambda)$  и  $C_3 = f(\alpha, \lambda)$

$\lambda = b/d$	$\alpha^0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$
0.5	0	+0.7	-0.9	-0.4
	30	+0.7	-1.0	-0.8
	60	-0.8	-0.7	-0.7
	90	-0.8	-0.7	-0.8
1	0	+0.6	-0.9	-0.5
	30	+0.7	-0.9	-0.8
	60	-0.8	-0.9	-0.8
	90	-1.1	-0.9	-1.1
2	0	+0.5	-1.1	-0.8
	30	+0.7	-1.9	-1.1
	60	-1.1	-0.9	-1.1
	90	-1.0	-1.1	-0.8
4	0	+0.5	-1.1	-0.6
	30	+0.7	-2.0	-1.2
	60	-1.0	-1.1	-0.8
	90	-1.0	-0.8	-1.0

**Таблица 1-24**  $C_n = f(\alpha, \lambda)$ ,  $C_t = f(\alpha, \lambda)$ ,  $C_z = f(\alpha, \lambda)$

Коэффициенты	Угол $\alpha^0$			
	0	30	60	90
$C_n$ – для напряжения, передающегося от цилиндра	0.6	0.8	0.5	0
$C_t$ – для направления, параллельного оси цилиндра	0	0.75	1.1	1.2 – при $\lambda=0.5$ 1.0 – при $\lambda=1.5$ 1.1 – при $\lambda=4.0$
$C_z$	-0.3 – при $\lambda=0.5-1$ -0.4 – при $\lambda=1.5-4$	-0.3 – при $\lambda=0.5$ -0.55 – при $\lambda=1.5-4$	-0.3 – при $\lambda=0.5-1.5$ -0.4 – при $\lambda=1.5-4$	-0.2

### 1.6.5. Транспортёрная галерея [21]

$$Re = (2.7 \dots 5.8) \cdot 10^5. \quad \varepsilon = 1.8 \%$$

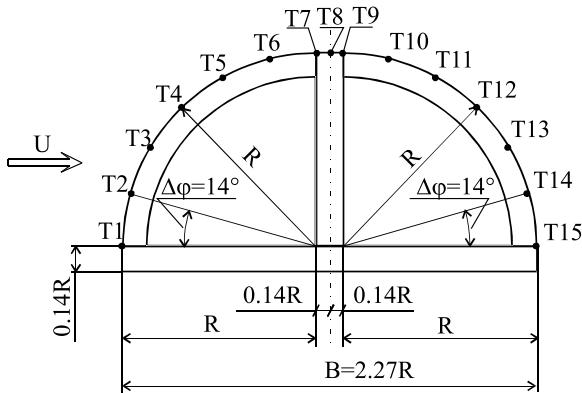


Рис. 1.16.

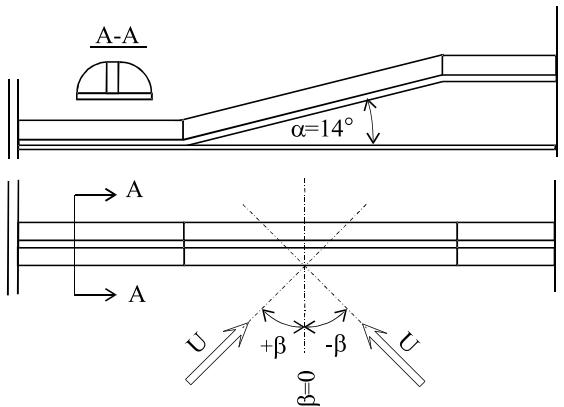


Рис. 1.17.

Таблица 1-25 Коэффициенты  $C_e$  в точках.  $Re=(2.7 - 5.8) \cdot 10^5$ 

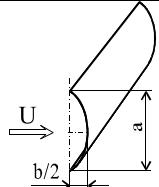
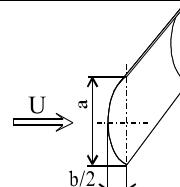
$\beta$	Номер точки														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$45^\circ$	0.58	0.15	-0.34	-0.75	-1.04	-0.96	-0.74	-0.69	-0.67	-0.65	-0.64	-0.62	-0.68	-0.48	-0.4
$0^\circ$	0.98	0.93	0.44	-0.09	-0.62	-0.66	-0.41	-0.36	-0.36	-0.35	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34
$-45^\circ$	0.44	0.61	0.44	0.15	-0.26	-0.47	-0.51	-0.46	-0.51	-0.46	-0.34	-0.33	-0.33	-0.35	-0.44

### 1.6.6. Гладкая панель эллиптического поперечного сечения

$h$  – высота панели.

 Таблица 1-26  $C_x = f(\lambda, a/b)$  панели [3]

$a/b$	$\lambda = h/a$					
	>50	14	2	>50	14	2
8	2.0	1.3	1.2	2.0	1.3	1.2
8:1	2.1	1.4	1.3	1.6	1.1	1.0
4:1	2.2	1.45	1.35	1.4	0.95	0.80
2:1	2.3	1.5	1.4	1.2	0.80	0.60
1:1	2.3	1.5	1.4	1.2	0.80	0.60

# 1. ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ

## 1.7. Стержни эллиптического сечения

### 1.7.1. Эллиптический цилиндр. [8]

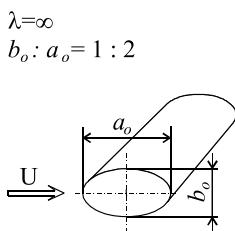


Рис. 1.18.  $C_x = f(Re)$

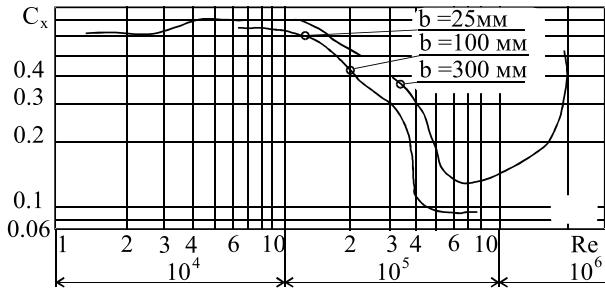


Таблица 1-27  $C_x = f(a_0/b_0)$  при  $Re = 10^5$

$a_0/b_0$	8:1	4:1	2:1	1:2
$C_x$	0.20	0.28	0.60	1.6-1.7

### 1.7.2. Эллиптический цилиндр [3]

Схема применяется для эллиптического цилиндра высотой  $H$  с продольной осью, перпендикулярной потоку.

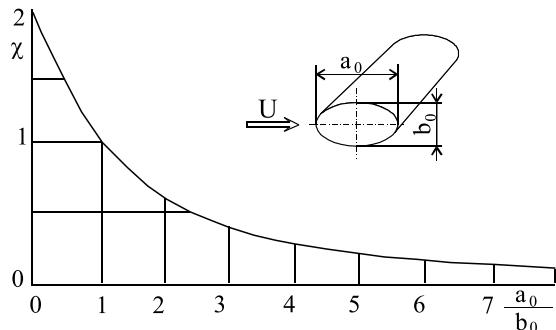
При  $\frac{H}{a_0} > 25$  и  $Re < 1.5 \cdot 10^5$  (докритическая область). Коэффициент  $C_x$  определяется по таблице 1-28

При  $Re = \frac{a_0^2 \cdot U}{b_0 \cdot v} > 1.5 \cdot 10^5$   $C_x \text{ эллипса} = \chi \cdot C_x \text{ цилиндра}$ .

$\chi$  – определяется по графику (рис. 1.19).

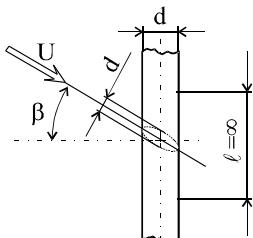
Таблица 1-28  $C_x = f(a_o/b_o)$ 

$a_o/b_o$	8	4	2	1	0.5	$\leq 0.01$
$C_x$	0.26	0.35	0.60	1.20	1.60	2.0


 Рис. 1.19.  $C_x = f(a_o/b_o)$  эллиптического цилиндра

### 1.7.3. Эллиптический цилиндр гладкий [2]

Основание - сечение кругового цилиндра под углом в к образующей.


 Таблица 1-29  $C_x = f(\beta)$ 

$\beta^0$	10	20	30	40	50	60	70
$C_x$	0.98	0.96	0.92	0.74	0.62	0.48	0.26



## 2. ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

### 2.1. Сфера изолированная

$d$  – диаметр сферы, м;

$w_0$  – скоростной напор, Па; [9]

$$Re < 1.5 \cdot 10^5 \quad C_x = 1.3$$

$$2 \cdot 10^5 \leq Re \leq 3 \cdot 10^5 \quad C_x = 0.6$$

$$Re > 4 \cdot 10^5 \quad C_x = 0.2$$

где

$$Re = 0.88 d \sqrt{w_0 k(z) \gamma_f} \cdot 10^5;$$

$k(z)$  – коэффициент,

учитывающий изменение скоростного напора с изменением  $z$  высоты над твёрдой поверхностью;

$\gamma_f = 1.4$  - коэффициент надёжности по ветровой нагрузке.

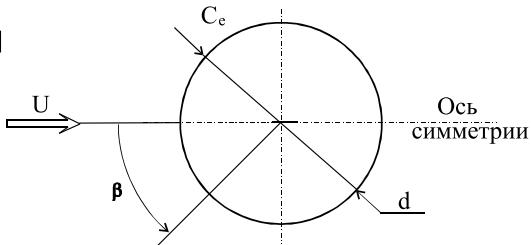


Таблица 2-1  $C_e=f(\beta)$  сферы при  $Re > 4 \cdot 10^5$

$\beta^0$	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	175	180
$C_e$	+1.0	+0.8	+0.4	-0.2	-0.8	-1.2	-1.25	-1.0	-0.6	-0.2	+0.2	+0.3	+0.4

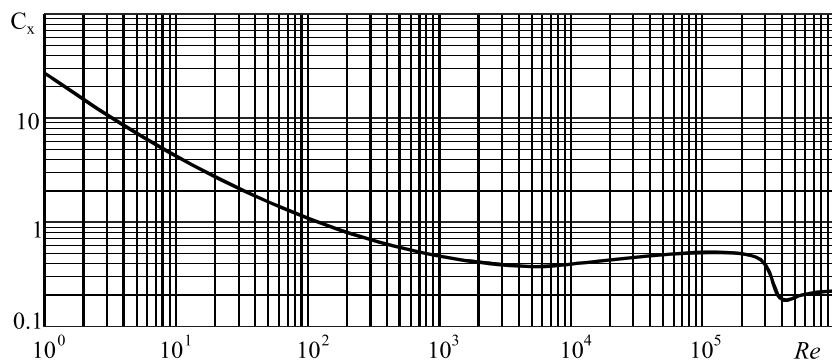
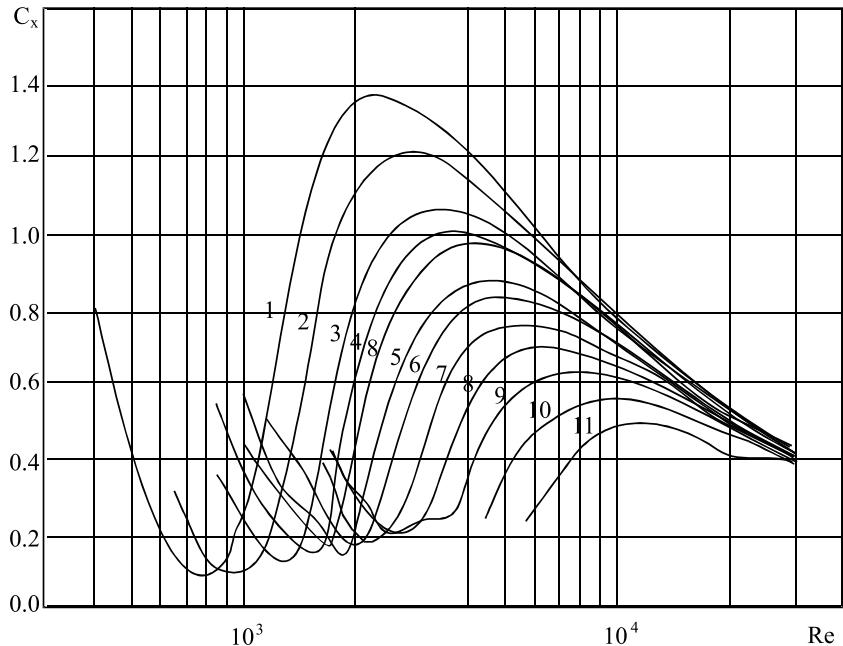


Рис. 2.1.  $C_x=f(Re)$  сферы [2, 4, 5, 7, 8]

## 2. ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

---



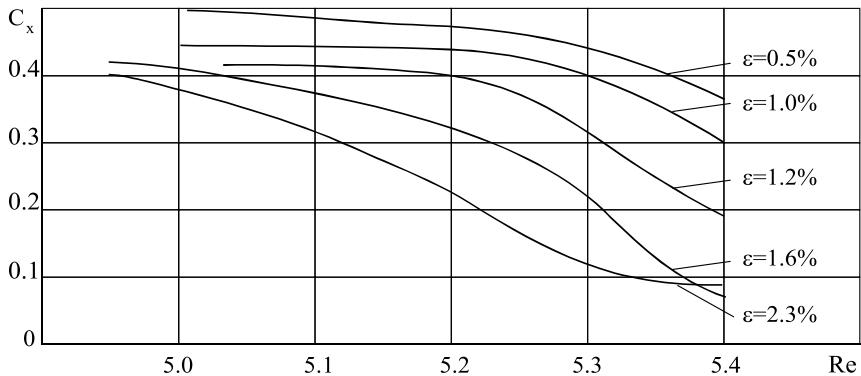
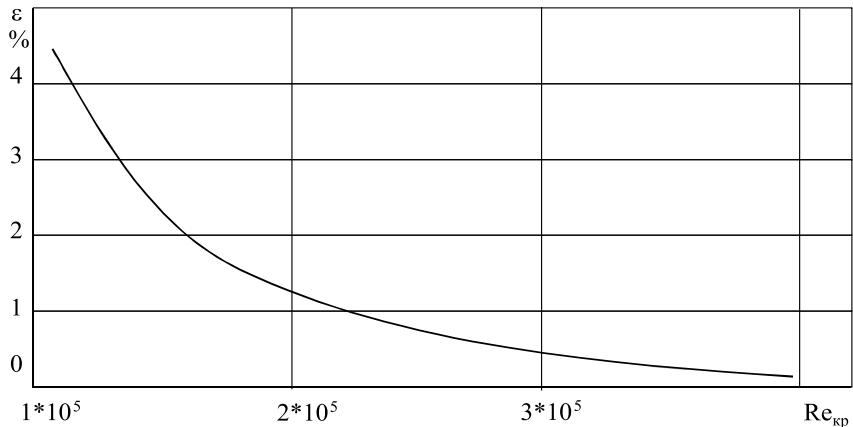
**Рис. 2.2.**  $C_x=f(Re; \varepsilon)$  сферы [7,8]

1 - $\varepsilon=35\%$ ; 2 - $\varepsilon=30\%$ ; 3 - $\varepsilon=25\%$ ; 4 - $\varepsilon=23\%$ ; 5 - $\varepsilon=21\%$ ; 6 - $\varepsilon=19\%$ ;  
 7 - $\varepsilon=17\%$ ; 8 - $\varepsilon=15\%$ ; 9 - $\varepsilon=13\%$ ; 10 - $\varepsilon=11\%$ ; 11 - $\varepsilon=9\%$ ; 12 - $\varepsilon=7\%$

**Таблица 2-1**  $C_x=f(Re)$  сферы [5]

$Re$	0.1	1	10	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$
$C_x$	245.0	28.0	4.40	1.10	0.46	0.42	0.49	0.14

При  $Re < 2$  -  $C_x = 24 Re^{-1}$ .

Рис. 2.3.  $C_x = f(Re; \varepsilon)$  сферы [2]Рис. 2.4.  $Re_{kp} = f(\varepsilon)$  сферы [2]

Примечание.  $Re_{kp} = UD/\nu = Re(C_x = 0.30)$  для сферы.

### Сфера [7]

$$Re = 1.7 \cdot 10^5 \quad C_x = 0.45$$

$$Re = 4.2 \cdot 10^5 \quad C_x = 0.14$$

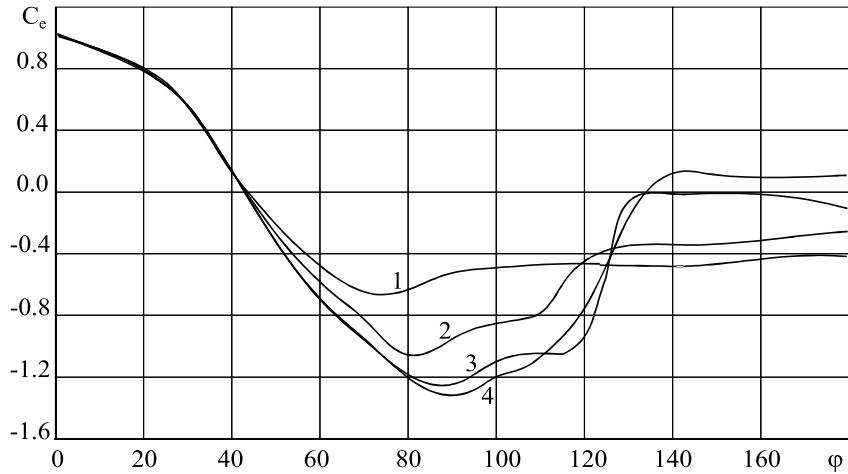
$$Re = 4.6 \cdot 10^5 \quad C_x = 0.09$$

## 2. ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

---



---



**Рис. 2.5.**  $C_d=f(\phi)$  сферы [2, 4, 7]

1 -  $Re=1.57 \cdot 10^5$ ; 2 -  $Re=2.51 \cdot 10^5$ ; 3 -  $Re=2.98 \cdot 10^5$ ; 4 -  $Re=4.24 \cdot 10^5$

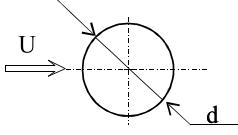
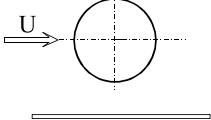
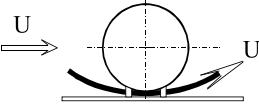
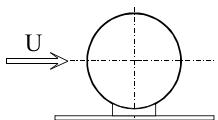
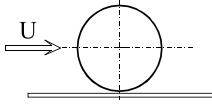
**Таблица 2-3**  $C_x=f(C_d(\phi=180), Re, Sh)$  сферы [4]

$C_d(\phi=180)$	$C_x$	$Re$	$Sh$
-0.40	0.45	$10^3$	0.30
-0.20	0.31	$2 \cdot 10^3$	0.80
0.0	0.22	$5 \cdot 10^3$	1.92
0.20	0.145	$7 \cdot 10^3$	1.97
0.40	0.089	$10^4$	1.76

## 2.2. Сфера вблизи плоской поверхности

$$Re=5.5 \cdot 10^5$$

 Таблица 2-4  $C_x$  и  $C_y$  сферы [7]

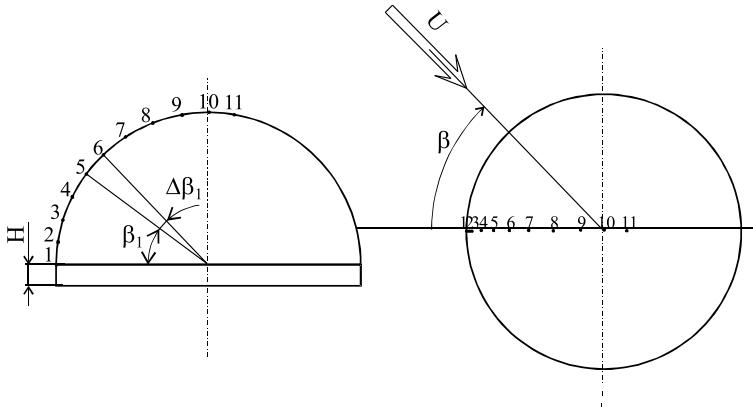
Схема	Коэффициенты
	Сфера в неограниченном потоке $C_x=0.19$ $C_y=0$
	Сфера вблизи плоской поверхности $C_x=0.30$ $C_y=0.05$
	Сфера на отдельных колоннах $C_x=0.49$ $C_y=0.29$
	Сфера на сплошном цилиндрическом основании $C_x=0.58$ $C_y=0.41$
	Сфера касается поверхности $C_x=0.70$

## 2. ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

### 2.3. Полусфера на цилиндрическом основании [21]

$$H/d=0.054, \Delta\beta_1=10^0$$

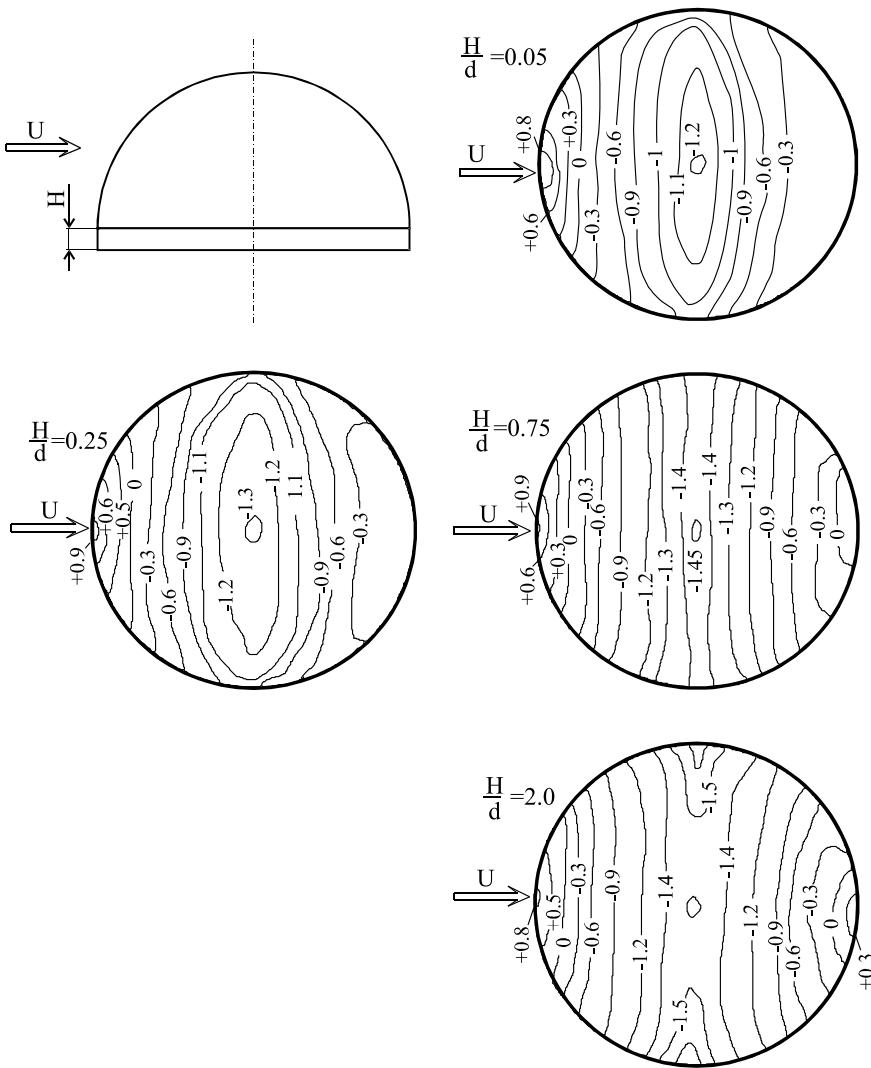
$$Re=(1-2.5)\cdot10^5.$$



**Таблица 2-5**  $C_e=f(\beta)$  полусферы

$\beta^{\circ}$	№ точки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
-10	0.72	0.83	0.72	0.40	-0.02	-0.41	-0.83	-1.02	-1.22	-1.20	-1.19
0	0.78	0.89	0.79	0.46	0.03	-0.38	-0.81	-1.01	-1.22	-1.20	-1.18
10	0.68	0.84	0.74	0.44	-0.01	-0.39	-0.81	-1.00	-1.21	-1.20	-1.18
30	0.25	0.41	0.39	0.07	-0.28	-0.58	-0.92	-1.07	-1.22	-1.20	-1.19
50	-0.21	-0.14	-0.20	-0.40	-0.64	-0.82	-1.04	-1.13	-1.21	-1.20	-1.20
70	-0.62	-0.62	-0.67	-0.83	-0.97	-1.04	-1.17	-1.20	-1.22	-1.20	-1.22
80	-0.76	-0.79	-0.85	-0.97	-1.07	-1.12	-1.23	-1.22	-1.22	-1.20	-1.22
90	-0.84	-0.89	-0.95	-1.05	-1.12	-1.16	-1.23	-1.23	-1.22	-1.20	-1.22
100	-0.81	-0.87	-0.94	-1.04	-1.09	-1.14	-1.23	-1.24	-1.23	-1.20	-1.21
110	-0.50	-0.67	-0.83	-0.91	-0.97	-1.04	-1.13	-1.17	-1.20	-1.20	-1.21
120	-0.24	-0.26	-0.36	-0.62	-0.84	-0.95	-1.04	-1.12	-1.19	-1.20	-1.22
140	-0.20	-0.21	-0.19	-0.20	-0.27	-0.60	-0.94	-1.04	-1.17	-1.20	-1.23
160	-0.34	-0.38	0.41	-0.32	-0.24	-0.38	-0.76	-1.00	-1.16	-1.20	-1.24
180	-0.16	-0.13	-0.14	-0.10	-0.13	-0.29	-0.65	-1.02	-1.16	-1.20	-1.25

*Полусфера на цилиндре [3]*



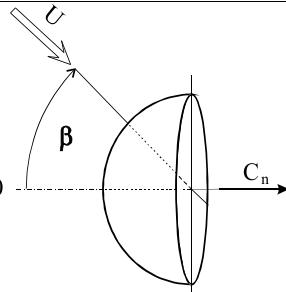
*Рис. 2.6.  $C_e$  полусферы*

## 2. ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

### 2.4. Элементы сферы

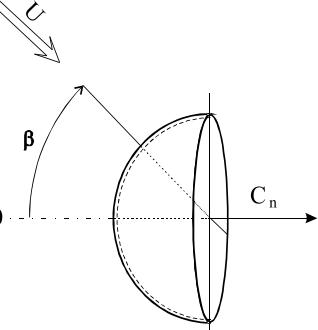
#### 2.4.1. Сплошной полушар

Таблица 2-6

Схема	$Re$	$\beta^0$	Коэффициенты
	$5 \cdot 10^5$	0	$C_n = 0.40$ [3], $C_n = 0.34$ [2, 5], $C_n = 0.42$ [7]
		180	$C_n = 1.40$ [3], $C_n = 1.42$ [2, 5], $C_n = 1.17$ [7]

#### 2.4.2. Полусфера

Таблица 2-7

Схема	$Re$	$\beta^0$	Коэффициенты
	$5 \cdot 10^5$	0	$C_n = 0.40$ [3], $C_n = 0.34$ [2, 8], $C_n = 0.38$ [7]
		180	$C_n = 1.40$ [3], $C_n = 1.42$ [2, 8], $C_n = 1.42$ [7]

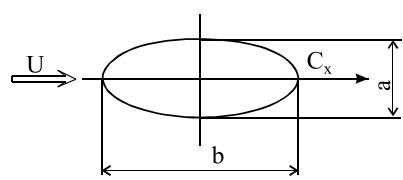
## 2.5. Конус

Таблица 2-8

Схема	$Re$	$\beta^0$	$\alpha^0$	Коэффициенты
Конус с днищем	$2.7 \cdot 10^5$	0	30	$C_x=0.35$ [5, 8], $C_x=0.328$ [2], $C_x=0.35$ [3]
		60		$C_x=0.61$ [5, 8] $C_x=0.51$ [2], $C_x=0.50$ [3]
		$>10^6$	180	$C_x=1.20$ [3]
Конус без днища	$>10^6$	180		$C_x=1.40$ [3]
Конус на плоскости				$C_x=0.70$ [3, 7] $C_y=-0.30$

## 2.6. Эллипсоид

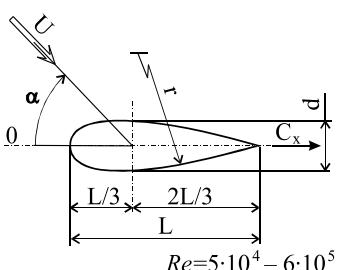
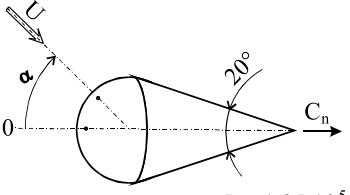
Таблица 2-9  $C_x=f(Re; a/b)$ 

Схема	$a:b$	$Re$	Коэффициенты
	1:1.8	$10^5$	$C_x=0.10$
		$2 \cdot 10^5$	$C_x=0.06$
		$4 \cdot 10^5$	$C_x=0.08$
		$10^5$	$C_x=0.07$
	1:3	$2 \cdot 10^5$	$C_x=0.05$
		$4 \cdot 10^5$	$C_x=0.05$
		$10^5$	$C_x=0.60$
	1:0.75	$2 \cdot 10^5$	$C_x=0.60$
		$4 \cdot 10^5$	$C_x=0.58$
		$10^5$	$C_x=0.26$
	1:0.33	$2 \cdot 10^5$	$C_x=0.10$
		$4 \cdot 10^5$	$C_x=0.12$
		$> 10^5$	$C_x=0.05 - 0.10$
	1:0.75	$< 4.5 \cdot 10^5$	$C_x=0.60$
		$> 5.5 \cdot 10^5$	$C_x=0.60$

## 2. ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

### 2.7. Тело вращения

**Таблица 2-10**  $C_x = f(\lambda)$

Схема	$L/d_{max}$	$\alpha^\theta$	Коэффициенты	
 $Re = 5 \cdot 10^4 - 6 \cdot 10^5$	3	0-20	$C_x = 0.05-0.10$	[2, 8]
	4	0-20	$C_x = 0.05-0.12$	
	5	0-20	$C_x = 0.06-0.15$	
	6	0-20	$C_x = 0.075-0.18$	
 $Re = 1.35 \cdot 10^5$	0		$C_n = 0.088$	[2, 8]
	180		$C_n = 0.16$	

## 2.8. Круглая пластина

Таблица 2-11

Схема	$Re$	$d_0/d$	Коэффициент
Диск	$6.2 \cdot 10^5$	$\delta:d=1:10$	$C_x=1.16$ [3, 10]
Плоское кольцо	$3.6 \cdot 10^5$	0.2	$C_x=1.16$
		0.4	$C_x=1.20$
		0.6	$C_x=1.22$
		0.8	$C_x=1.78$
	$3.6 \cdot 10^5$	0	$C_x=1.16$
		0.1	$C_x=1.16$
		0.2	$C_x=1.16$
		0.3	$C_x=1.18$
		0.4	$C_x=1.20$
		0.5	$C_x=1.22$
		0.6	$C_x=1.25$
		0.7	$C_x=1.40$
		0.8	$C_x=1.78$
		0.9	$C_x=1.92$
		1.0	$C_x=2.0$

## 2.9. Два диска

Таблица 2-12

Схема	$Re$	$L/d$	Коэффициент
Два диска (оба вместе)	$6.2 \cdot 10^5$	0	$C_x=1.16$
		0.5	$C_x=0.97 \cdot 1.16$
		1.0	$C_x=0.84 \cdot 1.16$
		1.5	$C_x=0.73 \cdot 1.16$
		2.0	$C_x=0.96 \cdot 1.16$
		3.0	$C_x=1.4 \cdot 1.16$
		4.5	$C_x=1.9 \cdot 1.16$
-	-	0	$C_x=1.16$
		1.0	$C_x=0.93$
		1.5	$C_x=0.85$
		2.0	$C_x=1.11$
		3.0	$C_x=1.63$

## 2. ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

---

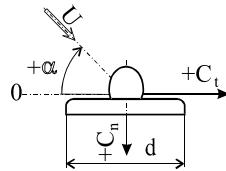
### 2.10. Подвесные изоляторы [19, 20]

$$Re = Ud/\nu = (2.2 \dots 5) \cdot 10^5. \quad \varepsilon = 1.8 \%$$

( $d$  – диаметр юбки изолятора);

$$C_n = Q_c / (qS). \quad C_t = Q_c / (qS). \quad S = \pi d^2 / 4 \text{ м}^2.$$

**Таблица 2-13**  $C_n = f(\alpha)$ ,  $C_t = f(\alpha)$  одного изолятора, помещенного в гирлянду из  $n = \infty$  изоляторов в гирлянде



ПС 6-Б (ГОСТ 16418-74)			ПСГ 6-А (ТУ 34-4815-73)		ПС 12-Б (ГОСТ 5.2075-73)		ПСГ 12-А (ТУ 34-4819-74)	
$\alpha^0$	$C_n$	$N_t$	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$
80	-	-	-	-	-0.01	0.25	0.05	0.00
75	-	-	-	-	0.12	0.43	0.15	0.01
70	-	-	-	-	0.20	0.54	0.25	0.02
65	-	-	-	-	0.27	0.58	0.27	0.05
60	0.37	0.99	0.42	0.56	0.34	0.59	0.34	0.05
55	0.44	1.06	0.49	0.70	0.41	0.59	0.36	0.10
50	0.52	1.13	0.59	0.75	0.51	0.69	0.44	0.12
45	0.59	1.19	0.66	0.82	0.60	0.63	0.55	0.08
40	0.68	1.17	0.73	0.94	0.64	0.62	0.61	0.08
35	0.70	1.15	0.83	0.91	0.75	0.52	0.71	0.03
30	0.80	1.03	0.90	0.83	0.86	0.47	0.81	-0.03
25	0.85	0.87	0.92	0.65	0.91	0.34	0.91	-0.07
20	0.84	0.65	0.98	0.50	0.93	0.25	0.96	-0.08
15	0.87	0.37	1.00	0.30	0.96	0.10	1.00	-0.10
10	0.95	0.09	1.00	0.15	0.99	-0.03	1.06	-0.20
5	0.94	-0.03	0.98	-0.14	1.02	-0.23	1.10	-0.17
0	0.92	-0.20	0.96	-0.29	1.07	-0.43	1.09	-0.21
-5	0.85	-0.39	0.93	-0.47	1.07	-0.64	1.07	-0.20
-10	0.83	-0.55	0.90	-0.65	1.02	-0.72	1.06	-0.28
-15	0.75	-0.81	0.84	-0.83	1.00	-0.84	1.01	-0.33
-20	0.63	-1.04	0.78	-1.05	0.94	-1.03	0.98	-0.43
-25	0.55	-1.28	0.73	-1.08	0.85	-1.32	0.85	-0.63
-30	0.42	-1.56	0.69	-1.18	0.77	-1.41	0.80	-0.63
-35	0.33	-1.74	0.61	-1.28	0.67	-1.55	0.74	-0.54
-40	0.29	-1.83	0.53	-1.38	0.58	-1.63	0.74	-0.40
-45	0.25	-1.97	0.55	-1.27	0.51	-1.54	0.67	-0.37
-50	0.29	-1.86	0.42	-1.26	0.41	-1.60	0.58	-0.26
-55	0.28	-1.67	0.37	-1.07	0.31	-1.56	0.47	-0.15
-60	0.24	-1.42	0.35	-1.01	0.21	-1.47	0.44	-0.04
-65	-	-	-	-	0.12	-1.47	0.39	0.00
-70	-	-	-	-	0.09	-1.26	0.26	0.01
-75	-	-	-	-	0.12	-0.88	0.16	0.01
-80	-	-	-	-	0.04	-0.50	0.06	0.00

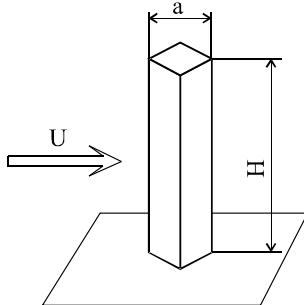
## 3. СТЕРЖНИ

### 3.1. Стержень квадратного сечения

#### 3.1.1. Стержень квадратного сечения [3]

Таблица 3-1  $C_x = f(H/a)$

Направление ветра		$H/a=1$	$H/a=7$	$H/a=25$
$C_x$	Перпендикулярно граням	1.3	1.4	2.0
	По диагонали	1.0	1.1	1.5



#### 3.1.2. Квадратный брус

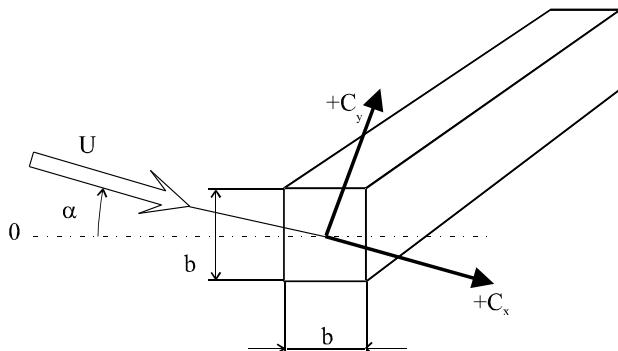
$$C_x(\lambda) = k_L \cdot C_x(\lambda=\infty),$$

$$S=L \cdot b$$

( $L$  – длина бруса)

$$Re = 1.4 \cdot 10^5.$$

$$\varepsilon = 1.8 \text{ %}.$$



### 3. СТЕРЖНИ

---



---

**Таблица 3-2**  $C_x=f(\lambda)$ ,  $Re=1.4 \cdot 10^5$ ,  $\varepsilon=1.8\%$  [21]

$\lambda=L/b$	5	10	20	35	50	100	$\infty$
$k_L$	0.60	0.65	0.75	0.85	0.90	0.95	1.0

**Таблица 3-3**  $C_x=f(\lambda)$ ,  $\alpha=0$ ,  $Re=5 \cdot 10^5$  [4, 8]

$\lambda=L/b$	0.15	0.20	0.30	0.50	1.0	2.0	5.0	$\infty$
$C_x$	0.57	0.67	0.77	0.90	1.05	1.20	1.40	2.0

**Таблица 3-4**  $C_x=f(\alpha)$ ,  $C_y=f(\alpha)$ ,  $\lambda=\infty$ ,  $Re=1.4 \cdot 10^5$ ,  $\varepsilon=1.8\%$  [21]

$\alpha^o$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
$C_x$	1.97	1.87	1.65	1.72	1.83	1.95	2.02	2.08	2.11	2.11
$C_y$	0.0	0.35	0.63	0.53	0.23	0.05	- 0.02	- 0.03	- 0.02	0.0

**Таблица 3-5**  $C_x=f(\alpha)$ ,  $Re \sim 10^6$  [4, 8]

$\alpha^o$	0	10	20	30	40	50
$C_x(\lambda=\infty)$	2.00	1.43	1.35	1.50	1.52	1.54
$C_x(\lambda=5)$	1.58	1.12	0.80	0.87	0.89	0.90

## 3.1.3. Квадратный брус шероховатый

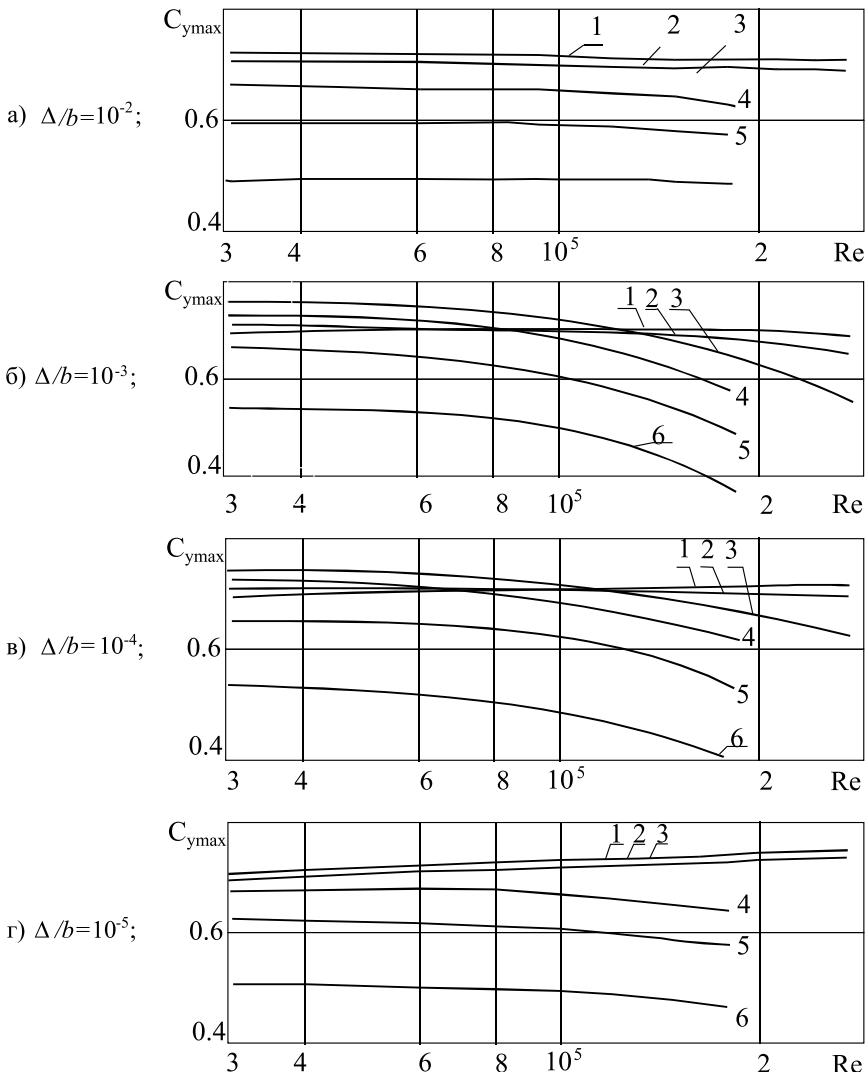


Рис. 3.1.  $C_{y\max} = f(Re, \varepsilon, \Delta/b)$  шероховатого бруса.  $\alpha = 22.5^\circ$  [13]  
1.  $\varepsilon=0.5\%$ ; 2.  $\varepsilon=0.8\%$ ; 3.  $\varepsilon=1.5\%$ ; 4.  $\varepsilon=2.5\%$ ; 5.  $\varepsilon=6\%$ ; 6.  $\varepsilon=8\%$

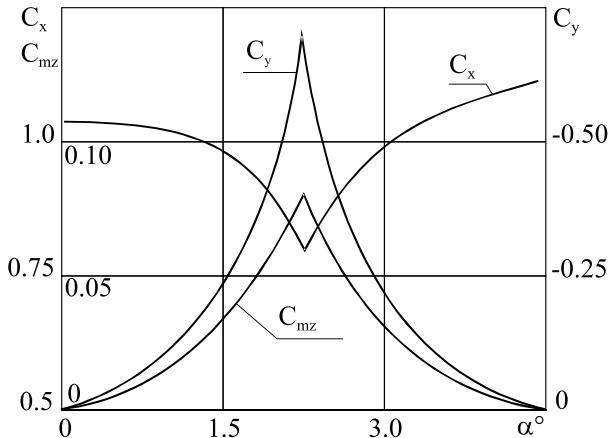


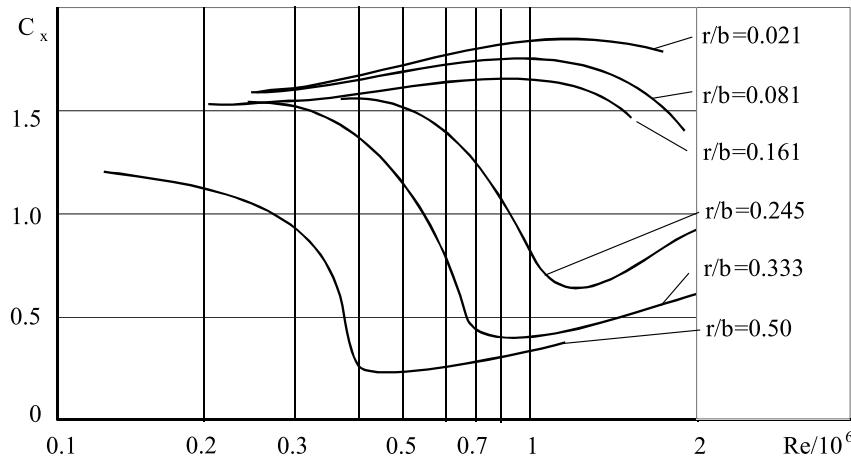
Рис. 3.2.  $C_x=f(\alpha)$ ,  $C_y=f(\alpha)$ ,  $C_{mz}=f(\alpha)$  [13]

### 3.1.4. Квадратный брус с закругленными кромками

$S=b \cdot L$ , где  $L$  – длина бруса

Таблица 3-6  $C_x=f(r/b)$ .  $Re=10^5$ . [4, 8]

Схема	$r/b$	0.021	0.167	0.333
	$C_x$	2.0	1.2	1.0
	$C_x$	1.5	1.5	1.5


 Рис.3.3.  $C_x=f(r/b, Re)$ . [4, 8]

### 3.2. Стержень прямоугольного сечения

#### 3.2.1. Прямоугольный бруск

$S=b \cdot L$  ( $L$  – длина стержня).

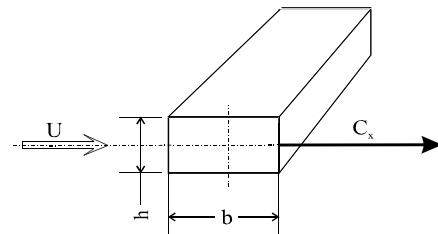


Таблица 3-7  $C_x=f(\lambda)$ .  $b:h=2.2:1$ .  $Re=10^5$  [8]

$\lambda=L/b$	2	5	10	20	30	40	50	60	70	100
$C_x$	0.10	0.17	0.28	0.45	0.60	0.71	0.80	0.85	0.88	0.88

### 3. СТЕРЖНИ

**Таблица 3-8**  $C_x=f(\alpha)$  и  $C_y=f(\alpha)$ ,  $b:h=2:1$ .  $\lambda=\infty$ .  $Re=1.4 \cdot 10^5$ .  $\varepsilon=1.8\%$ . [21]

$\alpha^0$	$C_x$	$C_y$	$\alpha^0$	$C_x$	$C_y$	
0	2.26	0.0	50	1.58	0.63	
5	2.26	0.18	55	1.47	0.62	
10	2.22	0.37	60	1.37	0.60	
15	2.03	0.56	65	1.26	0.55	
20	1.75	0.74	70	1.12	0.43	
25	1.65	0.75	75	0.97	0.18	
30	1.68	0.65	80	0.77	-0.22	
35	1.69	0.61	85	0.72	-0.36	
40	1.68	0.61	90	0.70	0.0	
45	1.63	0.62				

**Таблица 3-9**  $C_n=f(\alpha)$ ;  $C_t=f(\alpha)$ .  $\lambda=\infty$ .  $S=bL$ . [3, 4]

$b:h$	Коэффициент	$\alpha^0$			
		$0^0$	$45^0$	$90^0$	
2:1	$C_n$	2.10	1.40	0	
	$C_t$	0	0.70	0.75	
10:1	$C_n$	2.10	1.80	0	
	$C_t$	0	0.10	0.10	

#### 3.2.2. Прямоугольный брус с закругленными кромками

**Таблица 3-10**  $C_x=f(r/b)$  бруса.  $b:h=2:1$ .  $S=bL$ .  $Re=10^5$  [4, 8]

	$C_x=f(r/b)$	$r/b$				
		0.021	0.083	0.25		
		$\alpha=0^0$	$C_x$	2.5	1.9	1.6
	$\alpha=90^0$	$C_x$	1.4	0.7	0.4	

#### 3.2.3. Прямоугольная призма [9]

**Таблица 3-11** Коэффициенты  $k(\lambda_e)$

$$C_x = k \cdot C_{x\infty};$$

$$C_y = k \cdot C_{y\infty};$$

$$\lambda_e = l/b$$

$\lambda_e$	5	10	20	35	50	100	$\infty$
$k$	0.60	0.65	0.75	0.85	0.90	0.95	1.00

( $l$ ,  $b$  – соответственно максимальный и минимальный размеры сооружения или его элемента в плоскости, перпендикулярной направлению ветра).

Таблица 3-12

$\lambda_e = \lambda/2$	$\lambda_e = \lambda$	$\lambda_e = 2\cdot\lambda$

Примечания:

- Для стен с лоджиями при ветре, параллельном этим стенам, коэффициент  $C_f = 0.1$ ; для волнистых покрытий  $C_f = 0.04$ .
  - Для прямоугольных в плане зданий при  $l/b=0.1 - 0.5$  и  $\beta=40-50^\circ$ ,  $C_{yx}=0.75$ ; равнодействующая ветровой нагрузки приложена в точке О, при этом эксцентриситет  $e=0.15\cdot b$ .
  - Re следует определять по формуле:  $Re=0.88\cdot d\cdot(w_0\cdot k(z)\cdot\gamma_f)^{1/2}\cdot 10^5$ ; Здесь:  $d$  – диаметр описанной окружности;  $z=h_i$ ;  $w_0$  – нормативное значение ветрового давления (па);  $k(z)$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте;
- $\gamma_f=1.4$  – коэффициент надежности по ветровой нагрузке.

### 3. СТЕРЖНИ

---

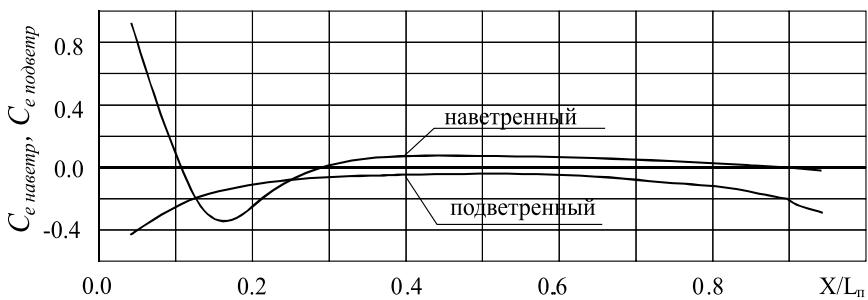
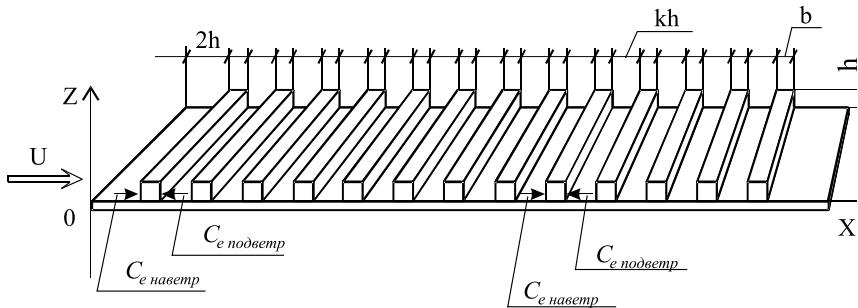


---

#### 3.2.4. Ряд призм на плоскости [21]

Пластина:  $L_n : B_n = 2 : 1$ ; Призма:  $b=h$ ,  $\lambda_{np} = l_{np} / h$

$$Re = U \cdot h / v = (2 - 5.5) \cdot 10^4 \quad \varepsilon = 1.8 \%$$



**Рис .3.4.**  $C_e = f(X/L_n)$ .  $k=1-5$ ,  $\lambda_{np}=2.5-25$ . Осреднённый коэффициент давления на гранях призм

### 3.2.5. Плоская пластина с закругленными кромками

$$r : b_o = 1:2$$

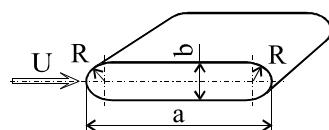
$$a_o/b_o = 30. [6, 8]$$

$$Re=5 \cdot 10^5 \quad C_x=0.78$$

$$Re=2 \cdot 10^6 \quad C_x=0.66$$

$$a_o/b_o = 3 - 5 [10]$$

$$Re=3 \cdot 10^3 - 10^4 \quad C_x=0.3 - 0.4 .$$

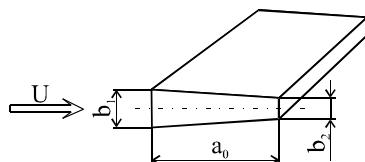


### 3.2.6. Клиновидная пластина [6, 8]

$$b_1/a_o = 0.0417, \quad b_2/a_o = 0.025$$

$$Re=5 \cdot 10^5 \quad C_x=0.53.$$

$$Re=2 \cdot 10^6 \quad C_x=0.46.$$



### 3.3. Стержень ромбического сечения [4, 8]

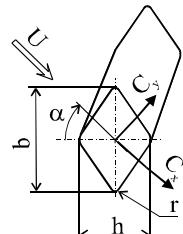
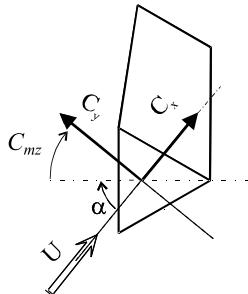


Таблица 3-13  $C_x = f(r/b)$ .  $b:h = 2:1$ .  $Re=10^5$  [5, 10]

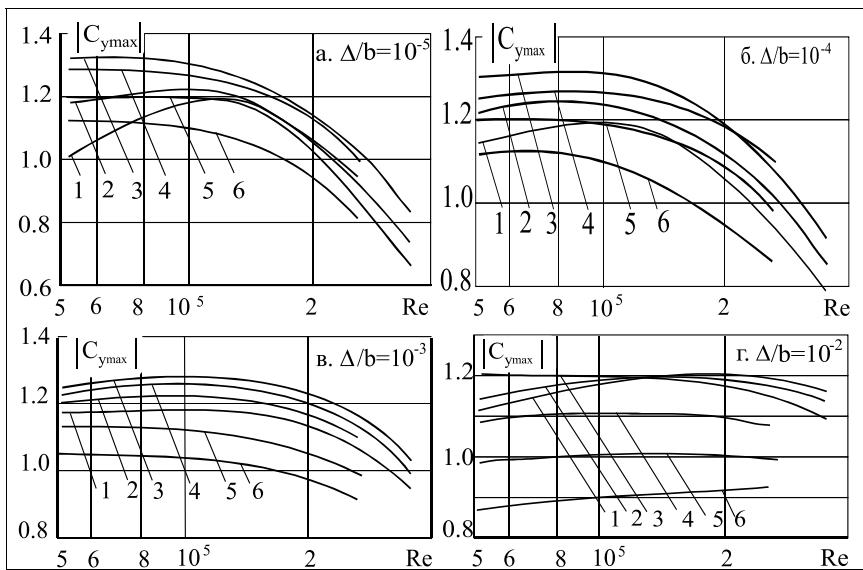
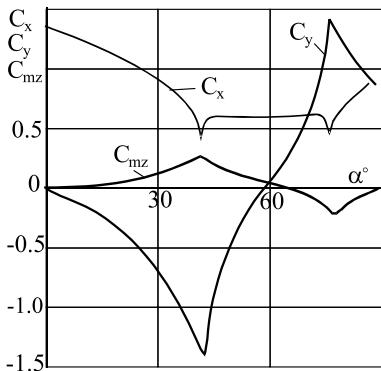
$r/b$		0.021	0.083	0.167
$C_x$	$\alpha=0$	1.8	1.7	1.7
	$a = 90^\circ$	1.1	1.1	1.1

### 3.4. Стержень треугольного сечения

#### 3.4.1. Стержень треугольного равностороннего сечения [13]



**Рис. 3.5.**  $C_x=f(\alpha)$ ,  $C_y=f(\alpha)$ ,  $C_{mz}=f(\alpha)$  равностороннего треугольника.  
 $Re=2.5 \cdot 10^5$ ,  $\varepsilon=0.5\%$



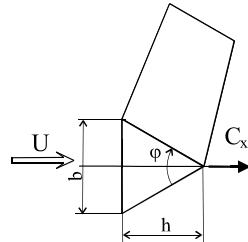
**Рис. 3.6.**  $|C_{y_{max}}|=f(Re, \varepsilon, \Delta/b)$ .  $\alpha=42.5^\circ$ .

1.  $\varepsilon=0.5\%$ ; 2.  $\varepsilon=0.8\%$ ; 3.  $\varepsilon=1.5\%$ ; 4.  $\varepsilon=2.5\%$ ; 5.  $\varepsilon=6\%$ ; 6.  $\varepsilon=8\%$ .

## 3.4.2. Треугольный стержень

 Таблица 3-14  $C_x = f(\phi)$ ,  $Re=10^5$  [4, 8].

$\phi$	30	60	90	120
$C_x$	$\alpha=0$	2.0-2.1	2.1	2.0
	$\alpha=180$	1.0	1.3-1.45	1.6
				1.85



## 3.4.3. Треугольный стержень с закругленными кромками [4, 8]

 $Re=10^5$ 

 Таблица 3-15  $C_x = f(r/b)$ 

$r/b$	$C_x$	
0.021	1.2	2
0.083	1.3	1.9
0.25	1.1	1.8

### 3. СТЕРЖНИ

#### 3.4.4. Комбинированный стержень [13]

$\varepsilon = 0.5\%$ .  $Re = 3.1 \cdot 10^4 - 2.5 \cdot 10^5$

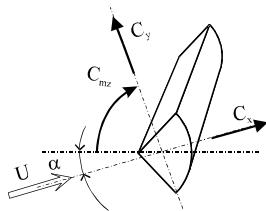
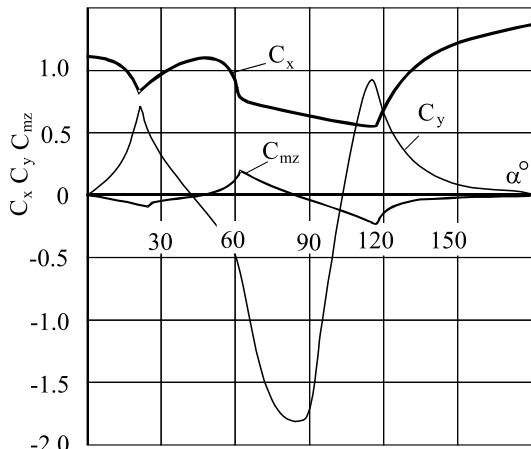


Рис. 3.7.  $C_x = f(\alpha)$ ,  $C_y = f(\alpha)$ ,  
 $C_{mz} = f(\alpha)$  стержня



Примечание. На рис. 3.7. Кривая  $C_y (\alpha = (45 - 105)^\circ)$  проведена по  $/C_{y/\max}$  для  $Re = 3.1 \cdot 10^4 - 2.5 \cdot 10^5$

#### 3.5. Многоугольный стержень [4]

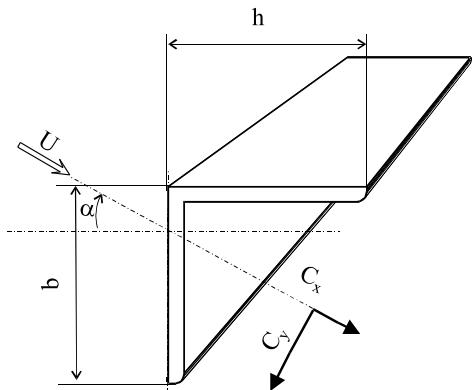
$Re > 4 \cdot 10^5$

Таблица 3-15  $C_x = f(H/a)$

Сечение	Направление ветра	$H/a = 1$	$H/a = 7$	$H/a = 25$	
Правильный 6-8 угольник	Любое	1.0	1.2	1.4	
Правильный 10-12 угольник	Любое	0.8	1.0	1.2	

## 4. СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРОФИЛИ

### 4.1. Уголок равнобокий



**Таблица 4-1**  $C_x=f(\alpha)$ ,  $C_y=f(\alpha)$ .  $\lambda=\infty$ .  $S=b \cdot L$

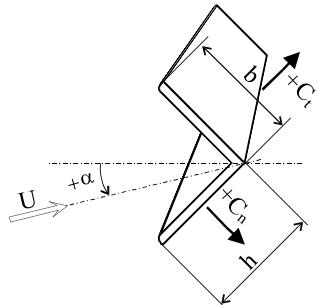
$\alpha^\circ$	[4, 15]		[21]		[7]		[2, 8]	
	$C_x$	$C_y$	$C_x$	$C_y$	$C_x$	$C_y$	$C_x$	$C_y$
0	2.0	-0.3	1.96	-0.25	1.98	-	2.76	-
45	2.0	0	2.1	0	2.04	-	-	-
90	2.0	+0.3	1.96	+0.25	-	-	-	-
135	0.82	-1.8	1.1	-1.63	-	-	-	-
180	1.83	+2.15	2.0	+2.22	1.82	-	-	-
225	2.4	0	2.88	0	2.42	-	-	-
270	1.83	-2.15	2.0	-2.22	-	-	-	-
$Re$	-		$10^5$		-		-	
$\varepsilon \%$	-		1.8		-		-	

## 4. СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРОФИЛИ

---

**Таблица 4-2**  $C_n=f(\alpha)$ ,  $C_t=f(\alpha)$ .  $\lambda=\infty$ .  $S=b \cdot L$ .

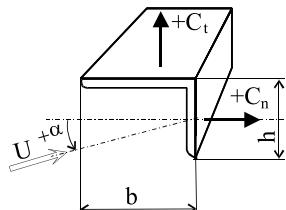
$\alpha^0$	[3]		[12]	
	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$
0	+1.8	+1.8	+1.69	+1.69
45	+2.1	+1.8	+2.06	+1.82
90	-1.9	-1.0	-1.9	-0.67
135	-2.0	+0.3	-1.94	+0.24
180	-1.4	-1.4	-1.45	-1.35



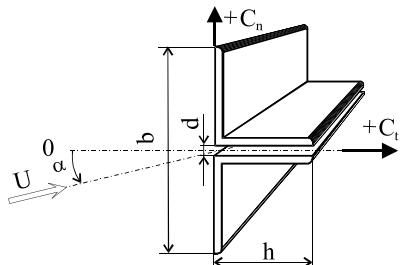
### 4.2. Уголок неравнобокий

**Таблица 4-3**  $C_n=f(\alpha)$ ,  $C_t=f(\alpha)$ .  $b:h=2:1$ .  $\lambda=\infty$ .  $S=b \cdot L$ .

$\alpha^0$	[3]		[12]		[4]	
	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$
0	+1.9	+0.95	+1.91	+0.96	+2.1	+0.98
45	+1.8	+0.8	+1.81	+0.79	+1.85	+0.78
90	+2.0	+1.7	+2.0	+1.73	+2.05	+1.75
135	-1.8	-0.1	-1.72	+0.08	-1.4	-0.12
180	-2.0	+0.1	-1.99	+0.09	-2.03	0
225	-	-	-1.53	-0.67	-1.9	-0.7
270	-	-	+0.24	-0.81	+0.15	-0.85
315	-	-	+1.31	-0.2	+1.4	-0.73
$Re$	-		$2.5 \cdot 10^5$		-	
$\varepsilon \%$	-		-		-	



## 4.3. Комбинированный из уголков профиль


 Таблица 4-4  $C_x(\alpha)$ ,  $C_y=f(\alpha)$ .  $\lambda=\infty$ .  $d=var$ .  $S=b \cdot L=f$ 

$\alpha^0$	[21]		[21]		[12]	
	$d=0$ ( $b/h=2$ )		$d=0.08b$ , ( $b/h=2.16$ )		$b=0.08b$ , ( $b/h=2.16$ )	
	$C_x$	$C_y$	$C_x$	$C_y$	$C_x$	$C_y$
0	1.96	0.0	1.56	0.0	1.51	0
10	1.92	0.32	1.59	0.30	1.55	+0.36
20	1.80	0.64	1.56	0.57	1.46	+0.66
30	1.60	0.92	1.40	0.83	1.40	+0.88
40	1.32	1.10	1.13	0.97	1.16	+1.04
50	0.93	1.19	0.97	1.08	0.76	+1.08
60	0.75	1.26	0.80	0.38	0.67	+0.66
70	0.83	1.05	0.82	-0.35	0.71	0
80	0.78	0.17	0.72	-0.87	0.63	-0.58
90	0.75	-0.57	0.73	-1.09	0.67	-0.95
100	1.03	-1.30	1.00	-0.79	0.88	-0.64
110	1.25	-0.91	1.19	-0.42	1.09	-0.33
120	1.43	-0.55	1.35	-0.26	1.20	-0.07
130	1.40	-0.39	1.38	0.10	1.20	+0.22
140	1.09	0.04	1.23	0.44	0.90	+0.56
150	1.21	0.60	1.17	0.38	1.10	+0.44
160	1.42	0.51	1.35	0.10	1.28	+0.19
170	1.64	0.19	1.48	0.0	1.43	+0.06
180	1.72	0.03	1.48	0.0	1.46	0
$Re$	$10^5$		$10^5$		-	
$\varepsilon \%$	1.8		1.8		-	

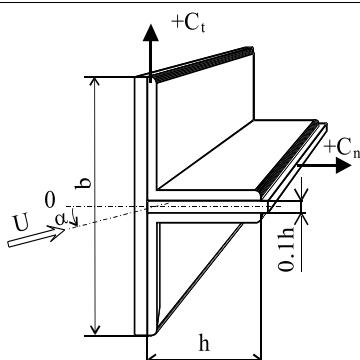
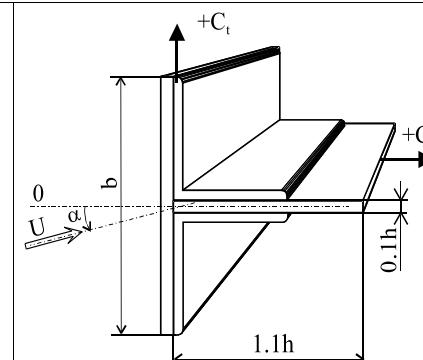
## 4. СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРОФИЛИ

Таблица 4-5  $C_n = f(\alpha)$ ,  $C_t = f(\alpha)$ .  $b=h$ ,  $\lambda=\infty$ .  $S=b \cdot L$ .

$\alpha^0$	[21]		[8]		[12]		[3]	
	$b/h=1, \lambda=\infty$		$b/h=1, \lambda=\infty$		$b/h=1, \lambda=\infty$		$B/h=1, \lambda=\infty$	
	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$
0	1.80	0.22	1.76	-	1.76	0.04	+1.75	+0.10
10	1.62	0.50	-	-	1.64	0.38	-	-
20	1.20	0.89	-	-	1.29	0.72	-	-
30	0.59	1.32	-	-	0.68	1.11	-	-
40	0.90	1.13	-	-	0.79	0.92	-	-
45	-	-	-	-	-	-	+0.85	+0.85
50	1.05	0.96	-	-	0.89	0.81	-	-
60	1.18	0.66	-	-	1.16	0.43	-	-
70	0.74	1.27	-	-	0.82	1.22	-	-
80	0.36	1.69	-	-	0.50	1.59	-	-
90	0.06	1.81	-	-	0.19	1.75	+0.10	+1.75
100	-0.25	1.64	-	-	-0.23	1.57	-	-
110	-0.66	1.27	-	-	-0.56	1.15	-	-
120	-1.05	0.63	-	-	-0.77	0.86	-	-
130	-0.96	0.71	-	-	-0.70	0.83	-	-
135	-	-	-	-	-	-	-0.75	+0.75
140	-0.77	0.92	-	-	-0.57	0.79	-	-
150	-0.76	0.91	-	-	-	-	-	-
160	-1.34	0.52	-	-	-	-	-	-
170	-1.72	0.13	-	-	-	-	-	-
180	-1.81	-0.20	-	-	-	-	-1.75	-0.10
$Re$	$10^5$		$>10^5$		-		-	
$\varepsilon \%$	1.8		-		-		-	

### 4.3. Комбинированный из уголков профиль

**Таблица 4-6**  $C_n=f(\alpha)$  и  $C_t=f(\alpha)$

The table provides values for coefficients  $C_n$  and  $C_t$  for a stepped cantilever beam under different loading conditions. The beam has a total height  $h$  and a top flange thickness of  $0.1h$ . The stepped section has a height of  $0.1h$  at the top and  $1.1h$  at the bottom. The angle  $\alpha$  is defined as  $\alpha = \arctan(0.1h/h)$ .

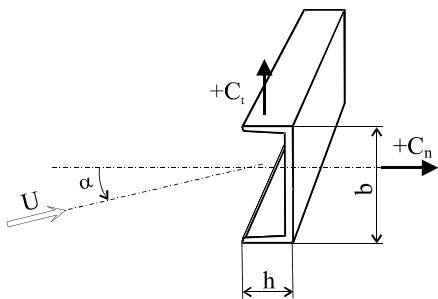
[3, 7]		[12]		[3]		[7]	
$b/h=2.2, \lambda=10-12$		$b/h=1.083$		$b/h=1.1, \lambda=\infty$		$\lambda=10-12$	
$\alpha^0$	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$	$C_n$
0	1.60	0	+2.01	0	+2.0	0	1.81
45	1.50	-0.10	+1.16	+0.82	+1.20	+0.90	-
90	-0.95	+0.70	-1.28	+2.14	-1.60	+2.15	-
135	-0.50	+1.05	-1.07	+2.26	-1.10	+2.40	-
180	-1.50	0	-1.55	-2.05	-1.70	+2.10	1.65

## 4. СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРОФИЛИ

### 4.4. Швеллер

Таблица 4-7  $C_x = f(\alpha)$  и  $C_y = f(\alpha)$

$\alpha^0$	[21]		[3]	
	$b:h=10:4$ , $\lambda=\infty$		$b:h=2:1$ , $\lambda=\infty$	
	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$
0	+2.14	0	+2.04	0
45	+1.97	+0.54	+1.85	+0.60
90	0	+0.58	0	+0.60
135	-1.55	+0.60	-1.60	+0.40
180	-1.81	0	-1.80	0
$Re$	$10^5$		-	
$\varepsilon, \%$	1.8		-	



### 4.5. Двутавр или комбинированный профиль из швеллеров

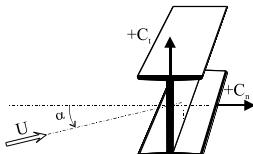
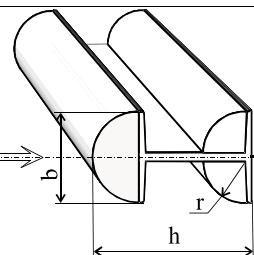
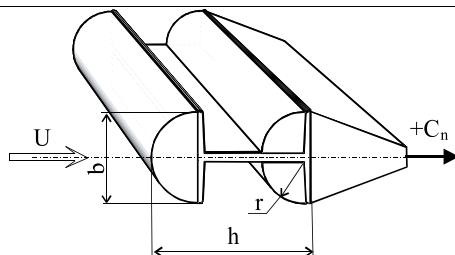
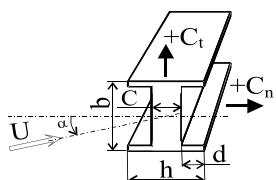


Таблица 4-8  $C_n = f(\alpha)$ ,  $C_t = f(\alpha)$

$\alpha^0$	[21]		[12]		[3]		[3]	
	$b:h=8:7$ , $\lambda=\infty$		$b:h=2.1:1$ , $\lambda=\infty$		$b:h=2:1$ , $\lambda=\infty$		$b:h=1:1$ , $r=b/2$ , $\lambda=\infty$	
	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$
0	1.82	0	2.04	0	2.05	0	1.60	0
45	1.85	1.19	1.92	0.58	1.95	0.60	1.50	1.50
90	0	1.62	0	0.86	0	0.90	0	1.90
$Re$	$10^5$		-		-		-	
$\varepsilon, \%$	1.8		-		-		-	

Таблица 4-9  $C_n = f(\alpha)$ ,  $C_t = f(\alpha)$ 



		[8]	[8]
$\alpha^0$	$b:h=2.2:1, r=b/2, \lambda=\infty$	$b:h=2.2:1, (h_1+h_2):b=4.5:1, \lambda=\infty$	
	$C_n$	$C_n$	
0	0.50	0.30	
45	-	-	
90	-	-	
$Re$	$10^5$	$10^5$	
$\varepsilon, \%$	-	-	

Таблица 4-10  $C_n = f(\alpha)$ ,  $C_t = f(\alpha)$ 


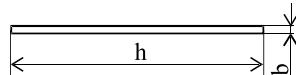
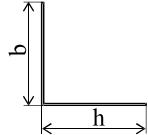
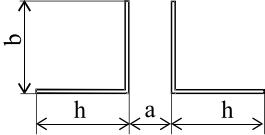
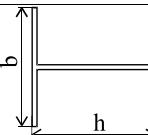
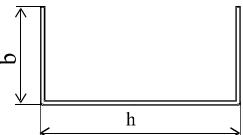
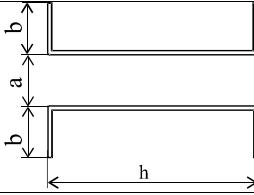
$\alpha^0$	[21]		[3]		[8]		[12]	
	$C_n$	$C_t$	$C_n$	$C_t$	$C_t$	$C_n$	$C_t$	
0	1.44	0	1.40	0	-	1.24	0	
45	1.63	2.23	1.20	1.60	-	1.16	1.56	
90	0	3.30	0	2.20	2.20	0	1.88	
$Re$	$10^5$		-		$>10^5$	-		
$\varepsilon, \%$	1.8		-		-	-		

#### 4.6. Профиль с экраном

Таблица 4-11  $C_{x2}/C_x = f(b/h)$ , ( $C_x$ - для одиночного стержня)

$b/h$	[21]		[21]	
	Полки внутрь	Полки наружу	Полки внутрь	Полки наружу
0	-0.21	-0.17	-0.09	-0.24
1	-0.18	-0.13	-0.21	-0.47
2	-0.04	+0.01	-0.10	-0.35
3	+0.15	+0.16	0	-0.18
4	+0.47	+0.37	+0.13	-0.04
5	+0.52	+0.44	+0.33	+0.42
6	+0.55	+0.49	-	-
7	+0.57	+0.51	-	-
8	+0.58	+0.54	-	-
9	+0.59	+0.57	-	-
10	+0.60	+0.59	+0.81	+0.72
15	-	-	+0.92	+0.84
20	+0.69	+0.70	+0.97	+0.89
25	-	-	+0.99	+0.93
30	+0.76	+0.77	+1.0	+0.98
40	+0.80	+0.84	-	-
50	+0.83	+0.86	-	-
60	+0.85	+0.88	-	-
$Re$	$10^5$		$10^5$	
$\varepsilon \%$	1.8		1.8	

## 4.7. Критерий Струхала профилей [1]

Схема профиля		Направление ветра	$Sh$
	$h:b=33:1$		0.16
			0.15
	$h:b=1:1$		0.13 - 0.15
			0.13 - 0.14
			0.14 - 0.15
	$h:b=1:1$ $a:b=0:1$		0.11 - 0.16
			0.15
	$h:b=1:1$ $a:b=1:2$		0.14
			0.12
	$h:b=1:1$		0.12
			0.14
	$h:b=2:1$		0.14
			0.15
	$h:b=4:1$		0.15
			0.17
	$h:b=2:1$		0.14
			0.15
	$h:b=4:1$		0.15
			0.17
	$h:b=4:1$ $a:b=1:1$		0.15
			0.15



## 5. РЕШЁТЧАТЫЕ КОНСТРУКЦИИ

### 5.1. Одиночная плоская решётчатая ферма

#### 5.1.1. Ферма из профилей. [3,9]

$$Q_n = k_l \cdot C_n \cdot q \cdot S; \quad S = l \cdot h; \quad k_l = C_{nl}/C_{n\infty}; \quad q = \rho U^2/2; \quad \varphi = \frac{\sum_i S_i}{S}$$

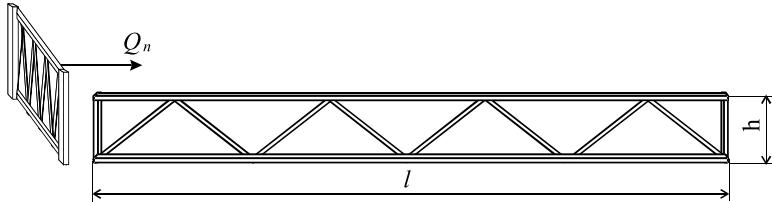


Таблица 5-1  $k_l = f(\varphi, \lambda)$

$L/h$	k_l при $\varphi$				
	0.25	0.50	0.90	0.95	1.0
5	0.96	0.91	0.87	0.77	0.60
20	0.98	0.97	0.94	0.89	0.75
50	0.99	0.98	0.97	0.95	0.90
$\infty$	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

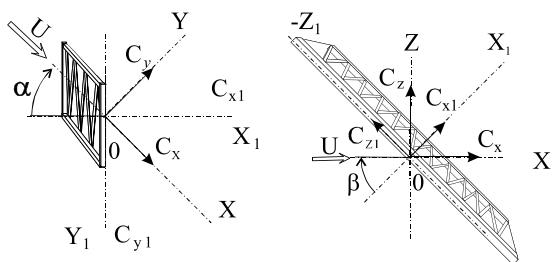
Таблица 5-2  $C_{n\infty} = f(\varphi)$

$\varphi$	$C_{n\infty}$
0.0	2
0.10	1.9
0.15	1.8
0.20	1.7
0.30-0.80	1.6
0.95	1.8

#### 5.1.2. Ферма из профилей [4, 15]

$$C_{x0} = k \frac{\sum_i C_{xi} \cdot S_i}{S}.$$

$$S = b \cdot l.$$



## 5. РЕШЁТЧАТЫЕ КОНСТРУКЦИИ

---



---

**Таблица 5-3**

$k$	$\beta^0$									
	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0
$k_{xI}$	Ферма из профилей. Поток на “гладкую” сторону									
	-0.30	-0.15	0.0	0.23	0.37	0.37	0.25	0.10	0.03	0.0
$k_x$	0.0	0.20	0.33	0.42	0.45	0.41	0.30	0.05	-0.10	0.0
$k_z$	0.05	0.05	-0.05	-0.10	-0.10	-0.05	-0.05	-0.10	-0.22	-0.22
$k_{xI}$	Ферма из профилей. Поток на “ребристую” сторону									
	-0.03	0.0	-0.12	-0.05	0.15	0.35	0.37	0.28	0.10	0.0
$k_x$	0.0	0.15	0.25	0.28	0.30	0.28	0.22	0.10	-0.08	-0.02
$k_z$	-0.05	0.0	0.17	0.18	0.05	-0.15	-0.35	-0.55	-0.65	-0.73
$k_{xI} / k_x$	Ферма из труб									
	0.0	0.20	0.40	0.54	0.54	0.45	0.24	0.10	0.0	0.0
$k_z$	0.0	-0.30	-0.30	-0.30	-0.18	-0.10	-0.04	-0.20	0.0	0.0
$\beta^0$										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$k_{xI}$	Ферма из профилей. Поток на “гладкую” сторону									
	0.0	0.03	0.10	0.23	0.33	0.32	0.15	-0.20	-0.40	-0.50
$k_x$	0.0	0.03	0.01	0.07	0.10	-0.04	0.12	-0.10	0.0	0.0
$k_z$	-0.22	-0.12	0.0	0.15	0.28	0.35	0.20	-0.18	-0.35	-0.45
$k_{xI}$	Ферма из профилей. Поток на “ребристую” сторону									
	0.0	0.02	0.15	0.32	0.50	0.56	0.52	0.40	0.27	0.12
$k_x$	-0.02	0.15	0.37	0.65	0.82	0.78	0.52	0.25	0.06	0.0
$k_z$	-0.73	-0.77	-0.75	-0.55	-0.20	0.07	0.30	0.45	0.45	0.32
$k_{xI} / k_x$	Ферма из труб									
	0.0	0.0	0.10	0.24	0.45	0.54	0.54	0.40	0.20	0.0
$k_z$	0.0	0.0	0.02	0.04	0.10	0.18	0.30	0.30	0.10	0.0

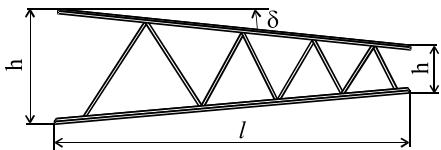
**5.1.3. Ферма из уголков [21]**

$$Re = U \cdot h / v = (0.5 - 2) \cdot 10^5; \quad \varepsilon = 1.8 \%$$

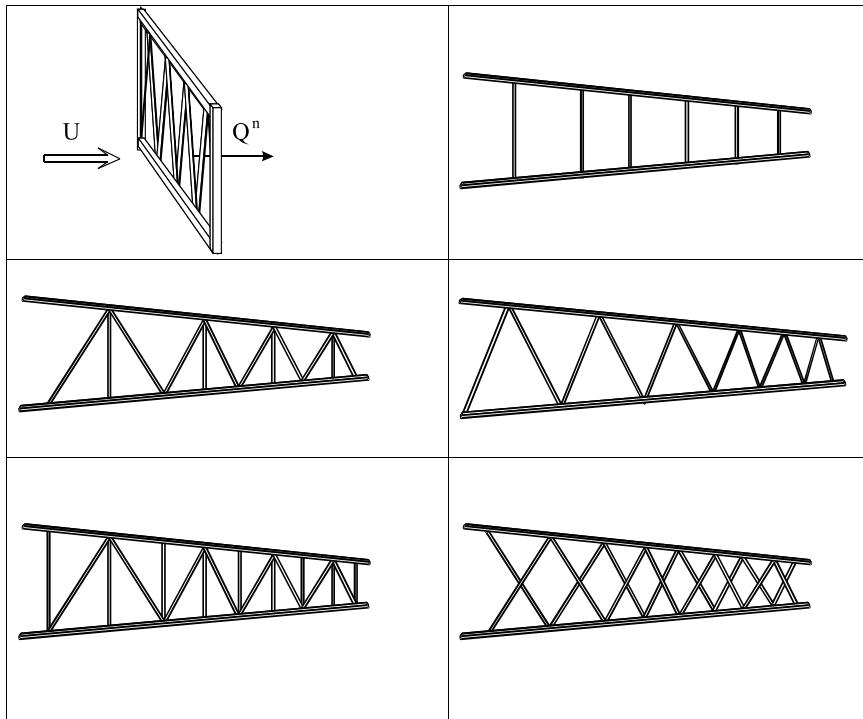
$$\lambda = \infty; \delta = 0..15^\circ \quad \varphi = \frac{\sum S_i}{S}.$$

$$S = l \cdot (h_1 + h_2) / 2$$

$$C_x = Q_n / (q \cdot S)$$



$C_x = 1.54 \cdot \varphi$  для приведенных ниже форм решеток



## 5. РЕШЁТЧАТЫЕ КОНСТРУКЦИИ

### 5.1.4. Ферма из уголков [ 21 ]

$$Re = U \cdot h / v = (0.5 - 2) \cdot 10^5;$$

$$\varepsilon = 1.8 \%$$

$$C_x(\beta) = K \cdot C_x(\beta=0)$$

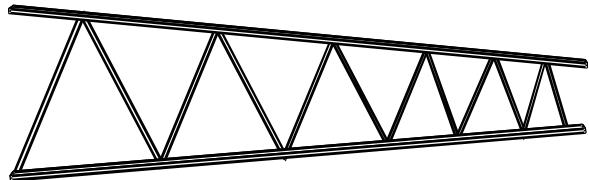


Таблица 5-4  $K=f(\beta)$  фермы

Ферма 1				Ферма 2			
$\beta^\theta$	$K$	$\beta^\theta$	$K$	$\beta^\theta$	$K$	$\beta^\theta$	$K$
0	1.0	50	0.59	0	1.0	50	0.76
10	0.96	60	0.47	10	1.0	60	0.64
20	0.91	70	0.40	20	1.0	70	0.53
30	0.82	80	0.35	30	0.96	80	0.45
40	0.71	90	0.30	40	0.87	90	0.40

## 5.2. Ряд плоских решётчатых ферм

### 5.2.1. Коэффициент $C_x$ подветренной фермы. [3 , 9]

Для второй и последующих ферм из профилей и из труб при  $Re < 4 \cdot 10^5$

$$C_{xi} = \eta \cdot C_{x1}$$

Для ферм из труб при  $Re \geq 4 \cdot 10^5$  коэффициент  $\eta = 0.95$ .

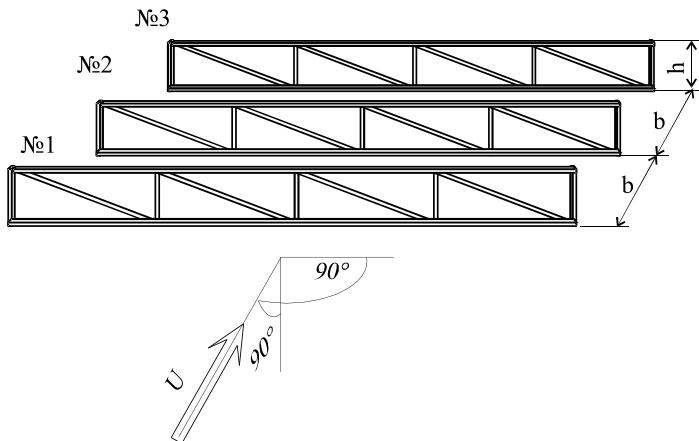


Таблица 5-5  $\eta = f(b/h)$

$b/h$	$\varphi$					
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6 и выше
0.5	0.93	0.75	0.56	0.38	0.19	0.0
1	0.99	0.81	0.65	0.48	0.32	0.15
2	1.0	0.87	0.73	0.59	0.44	0.30
4	1.0	0.90	0.78	0.65	0.52	0.40
6	1.0	0.93	0.83	0.72	0.61	0.50

## 5. РЕШЁТЧАТЫЕ КОНСТРУКЦИИ

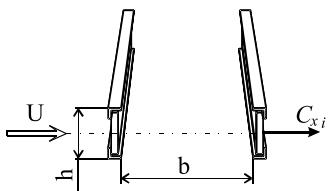
### 5.2.2. Коэффициент $\eta = f(b/h)$ ферм из уголков [21]

Для первой фермы:  $\eta_1 = C_{xi1} / C_x$ ;

Для последующих ферм:  $\eta_i = C_{xi} / C_x$ .

$C_x$  – коэффициент одиночной фермы.

$$C_{xi} = C_x \cdot \varphi$$

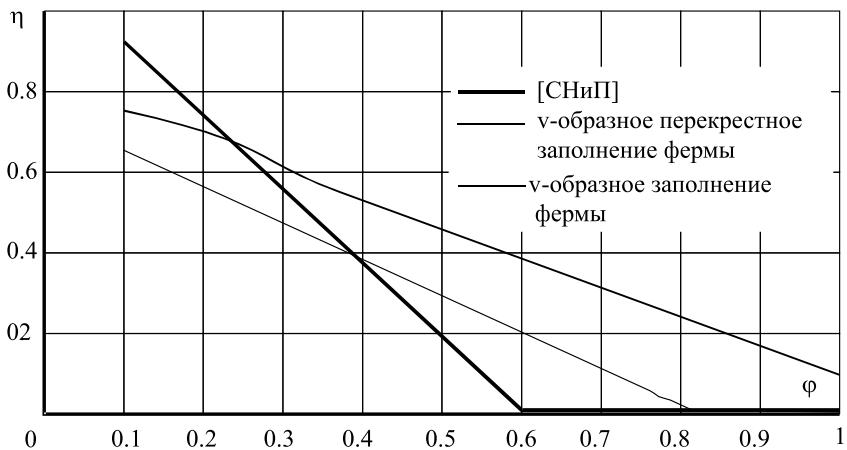


**Таблица 5-6**  $\eta_1$  и  $\eta_i$  для ферм

$b/h$	$\eta_1 = C_{xi1} / C_x$	$\eta_i = C_{xi} / C_x$
0.0	1.0	-0.15
0.1	0.97	-0.08
0.2	0.91	0.05
0.3	0.87	0.34
0.4	0.87	0.49
0.5	0.88	0.52
0.6	0.88	0.53
0.7	0.89	0.54
0.8	0.90	0.55
0.9	0.91	0.57
1.0	0.92	0.58

### 5.2.3. Коэффициент $\eta = f(\varphi)$ фермы [3, 9, 21]

$$\eta = C_{xi} / C_x; \quad \varphi = \sum S_i / S$$



*Rис. 5.1.  $\eta = f(\varphi)$  подветренной фермы.  $b/h=0.5$*

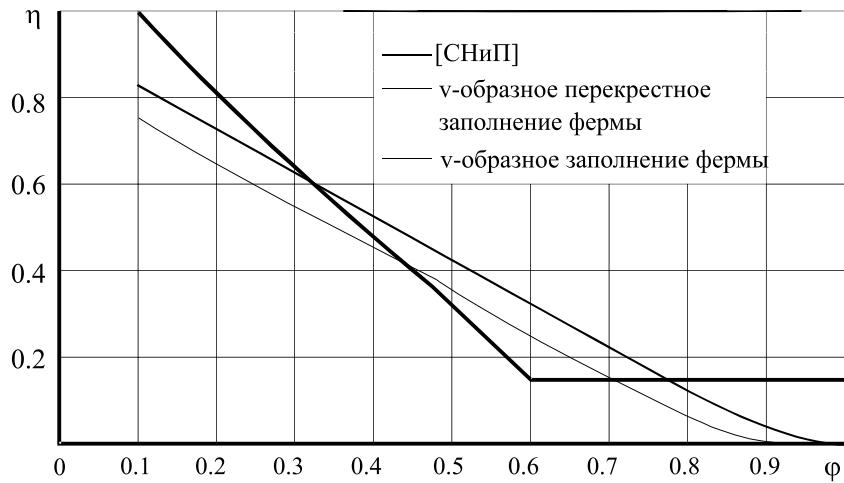


Рис. 5.2.  $\eta=f(\varphi)$  подветренной фермы.  $b/h=1.0$

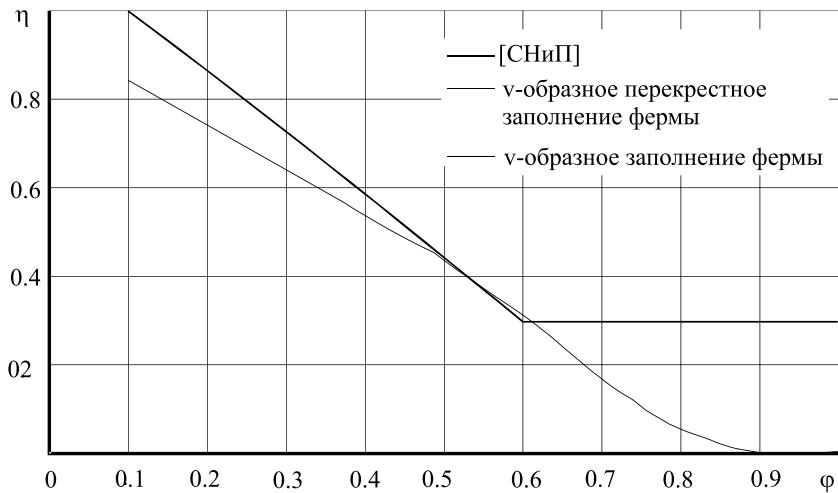


Рис. 5.3.  $\eta=f(\varphi)$  подветренной фермы.  $b/h=2.0$

## 5. РЕШЁТЧАТЫЕ КОНСТРУКЦИИ

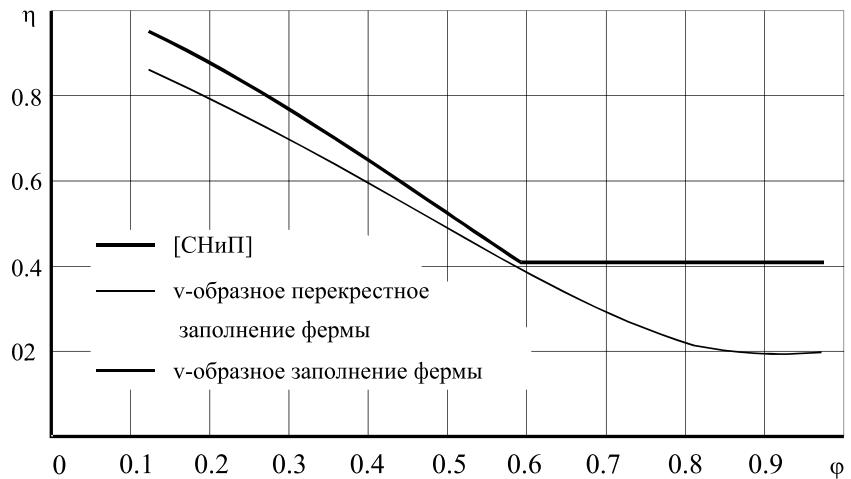


Рис 5.4.  $\eta=f(\varphi)$  подвес трапециевидной фермы.  $b/h=4.0$

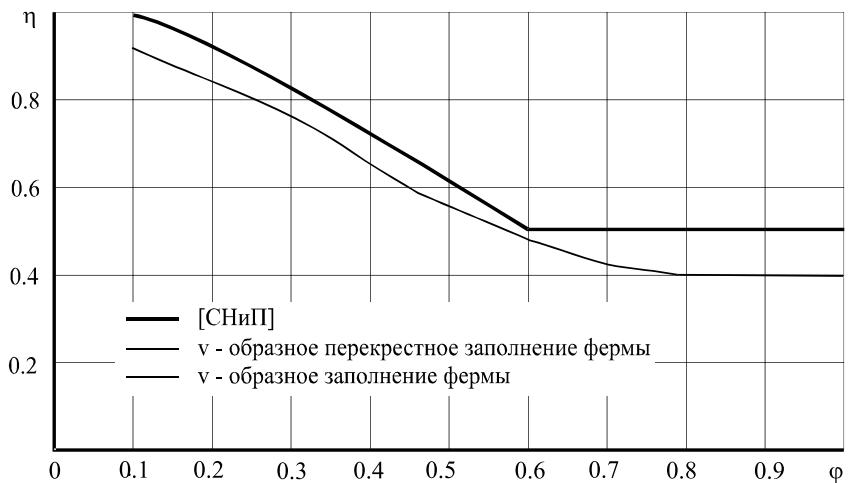


Рис. 5.5.  $\eta=f(\varphi)$  подветренной фермы.  $b/h=6.0$

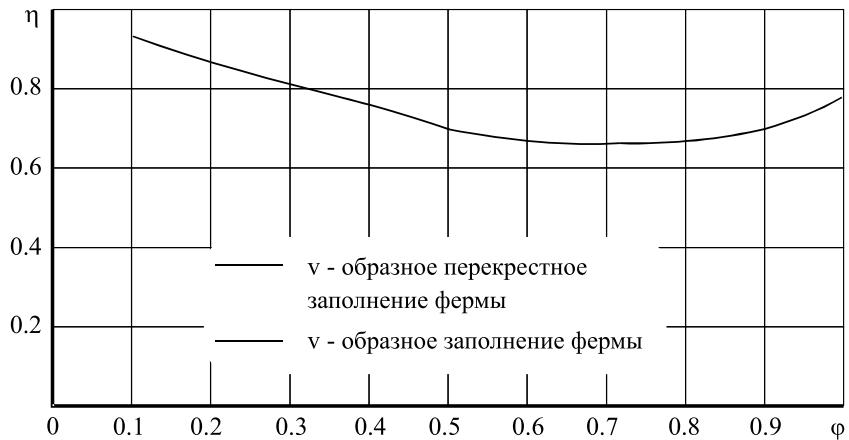


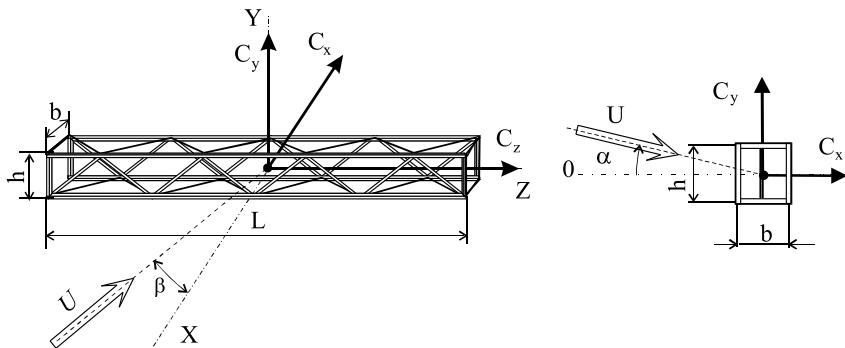
Рис. 5.6.  $\eta=f(\varphi)$  подветренной фермы.  $b/h=10.0$

### 5.3. Пространственная решётчатая ферма

#### 5.3.1. Коэффициенты $K_x$ , $K_y$ и $K_z$ фермы [21]

$$C_x(\alpha) = C_x(\alpha=0) \cdot K_x(\alpha); \quad C_y(\alpha) = C_y(\alpha=0) \cdot K_y(\alpha);$$

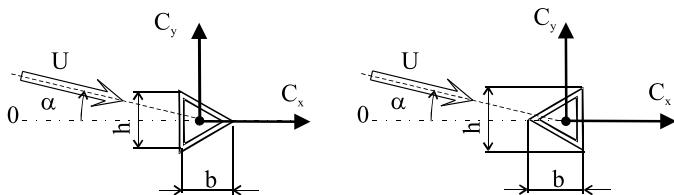
$$C_x(\beta) = C_x(\beta=0) \cdot K_x(\beta); \quad C_z(\beta) = C_z(\beta=0) \cdot K_z(\beta).$$



## 5. РЕШЁТЧАТЫЕ КОНСТРУКЦИИ

---

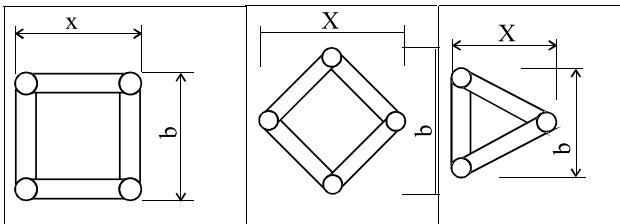
**Таблица 5-7**  $K_x(\alpha)$ ,  $K_y(\alpha)$ ,  $K_x(\beta)$ ,  $K_z(\beta)$  фермы



$\alpha^0$	$K_x(\alpha)$	$K_y(\alpha)$	$K_x(\beta)$	$K_y(\alpha)$
0	1.0	0.0	1.0	0.0
5	1.08	0.0	1.0	0.08
10	1.08	0.0	1.0	0.11
15	1.08	0.03	0.98	0.13
20	1.10	0.10	0.97	0.16
25	1.07	0.20	0.93	0.24
30	1.05	0.35	0.88	0.30
35	1.00	0.47	0.83	0.36
40	0.97	0.62	0.76	0.42
45	0.84	0.73	0.68	0.43
50	0.74	0.83	0.61	0.47
55	0.62	0.92	0.53	0.49
60	0.49	0.98	0.45	0.52
65	0.35	1.02	0.36	0.52
70	0.24	1.03	0.29	0.52
75	0.17	1.03	0.22	0.51
80	0.13	1.03	0.15	0.48
85	0.10	1.03	0.08	0.42
90	0.0	1.00	0.0	0.37

### 5.3.2. Коэффициент $k$ фермы при $\phi=0.30$ [3, 9]

Для элементов наветренной грани  
 $Q_{n\beta i} = k_{li} C_{\infty \beta} S_i \cos \beta$   
 Для элементов подветренной грани  
 $Q_{n\beta i} = k_{li} C_{\infty \beta} S_i \eta \cos \beta$   
 $S_i = h \cdot l$  или  $S_i = d \cdot l$ .



Для элементов из прокатных профилей  $C_{n\beta} = k_{\beta} C_{\infty}$  или  $C_{n\beta} = k_{\beta} C_{t\infty}$

Таблица 5-8

$\beta^0$	Элементы из профилей	Элементы из труб $Re < 4 \cdot 10^5$	Элементы из труб $Re > 4 \cdot 10^5$		Diagram of a truss element with width d, height b, angle beta, and wind velocity U. It shows the force Q_nbeta acting on the element.
	$k_{\beta}$	$C_{\infty \beta}$	$C_{\infty \beta}$	$\eta$	
0	1.0	1.20	0.60	0.95	
15	0.98	1.16	0.58	0.95	
30	0.93	1.04	0.53	0.95	
45	0.88	0.85	0.42	0.95	
60	0.80	0.60	0.28	0.95	

### 5.3.3. Ферма бесконечной длины [ 8 ]

$$\lambda = \infty$$

$$S = \phi \cdot b \cdot l; \quad S/F_0 < 0.3;$$

$$\text{Площадь трубы } F_0;$$

$$Re = Ud/v = 1.18 \cdot 10^5;$$

$$C_{x\alpha}^* = C_{x\alpha} \cdot C_{x0}^* / C_{x0}$$

Треугольная ферма	Квадратная ферма

## 5. РЕШЁТЧАТЫЕ КОНСТРУКЦИИ

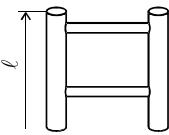
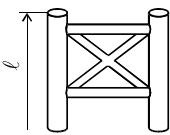
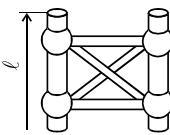
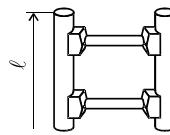
№ 1. Сварная встык $\varphi=0.183$	№ 2. Сварная встык. $\varphi=0.23$	№ 3. Раскосная с шарами. $\varphi=0.249$	№ 4. Раскосная с косынками. $\varphi=0.241$
			

Таблица 5-9  $C_{xa}$  треугольной фермы

Ферма	$\alpha^0$										
	0	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60
1. Безраскосная сварная встык. $\varphi=0.183$	1.32	1.37	1.37	1.25	1.13	1.10	1.15	1.25	1.39	1.42	1.40
2. Раскосная сварная встык $\varphi=0.23$	1.52	1.52	1.49	1.43	1.35	1.30	1.32	1.42	1.53	1.58	1.58
4. Раскосная с косынками $\varphi=0.241$	1.57	1.57	1.54	1.47	1.39	1.35	1.37	1.46	1.57	1.60	1.55

Таблица 5-10  $C_{x0}^*$  треугольной фермы

Ферма	$Re \cdot 10^{-5}$						
	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.6
1. Безраскосная сварная встык. $\varphi = 0.183$	1.65	1.63	1.61	1.58	1.55	1.50	-
2. Раскосная сварная встык $\varphi = 0.23$	1.65	1.63	1.60	1.55	1.50	1.40	1.35
4. Раскосная с косынками $\varphi = 0.241$	-	1.55	1.50	1.41	1.32	1.17	1.12

Таблица 5-11  $C_{x\alpha}$  квадратной фермы

Ферма	$\alpha^0$								
	0	5	10	15	20	30	35	40	45
1. Безраскосная сварная встык. $\phi=0.183$	1.35	1.42	1.55	1.78	1.79	1.78	1.67	1.54	1.50
2. Раскосная сварная встык. $\phi=0.23$	1.50	1.60	1.78	1.93	1.95	1.95	1.93	1.83	1.81
3. Раскосная с шарами. $\phi=0.249$	1.49	1.56	1.73	1.89	1.93	1.93	1.91	1.80	1.77
4. Раскосная с косынками $\phi=0.241$	1.59	1.68	1.88	2.03	2.05	2.03	1.99	1.90	1.88

 Таблица 5-12  $C_{x0}^*$  квадратной фермы

Ферма	$R_e \cdot 10^{-5}$						
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1. Безраскосная сварная встык. $\phi=0.183$	-	1.55	1.50	1.44	1.38	1.30	1.22
2. Раскосная сварная встык. $\phi=0.23$	1.80	1.74	1.70	1.65	1.60	1.54	-
3. Раскосная с шарами. $\phi=0.249$	1.72	1.68	1.64	1.59	1.55	1.51	1.46
4. Раскосная с косынками $\phi=0.241$	1.84	1.77	1.73	1.70	1.68	1.66	-

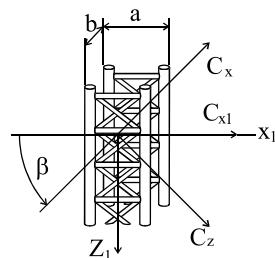
### 5.3.4. Коэффициент $k$ пространственной фермы. [4, 15]

$$S=b \cdot l.$$

$$C_{x0}(\beta) = C_{x0} \cdot k_x$$

$$C_{xl}(\beta) = C_{x0} \cdot k_{xl}$$

$$C_z(\beta) = C_{z0} \cdot k_z$$



## 5. РЕШЁТЧАТЫЕ КОНСТРУКЦИИ

---



---

**Таблица 5-13**  $k_{xl}$ ,  $k_x$ ,  $k_z$  фермы

Коэффициенты	$\beta^\theta$									
	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0
Ферма из профилей четырехгранная.										
$k_{xl}$	0.0	0.10	0.14	0.13	0.12	0.10	0.08	0.04	0.01	0.0
$k_x$	0.0	0.35	0.60	0.70	0.60	0.40	0.15	0.0	-0.07	0.0
$k_z$	0.0	0.08	0.20	0.34	0.45	0.42	0.22	-0.10	-0.50	-0.68
Ферма из труб четырехгранная										
$k^{xl}$	0.0	0.25	0.45	0.55	0.59	0.55	0.36	0.18	0.07	0.0
$k_x$	0.0	0.35	0.60	0.72	0.76	0.70	0.50	0.28	0.12	0.0
$k_z$	0.0	-0.10	-0.12	-0.05	0.08	0.17	0.22	0.22	0.16	0.0
Ферма из труб трехгранная										
$k_{xl}$	0.0	0.06	0.18	0.32	0.33	0.28	0.13	0.04	0.01	0.0
$k_x$	0.0	0.28	0.50	0.57	0.58	0.54	0.42	0.28	0.12	0.0
$k_z$	0.0	0.08	-0.06	0.02	0.12	0.20	0.23	0.22	0.16	0.0
Коэффициенты	$\beta^\theta$									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Ферма из профилей четырехгранная										
$k_{xl}$	0.0	0.07	0.18	0.36	0.55	0.68	0.60	0.38	0.15	0.0
$k_x$	0.0	0.22	0.50	0.70	0.87	0.90	0.81	0.67	0.42	0.0
$k_z$	-0.68	-0.71	-0.68	-0.52	-0.30	-0.05	0.07	0.06	0.02	0.0
Ферма из труб четырехгранная										
$k_{xl}$	0.0	0.07	0.18	0.36	0.55	0.59	0.55	0.45	0.25	0.0
$k_x$	0.0	0.12	0.28	0.50	0.70	0.76	0.72	0.60	0.35	0.0
$k_z$	0.0	-0.16	-0.22	-0.22	-0.17	-0.08	0.05	0.12	0.10	0.0
Ферма из труб трехгранная										
$k_{xl}$	0.0	0.01	0.04	0.13	0.28	0.33	0.32	0.18	0.06	0.0
$k_x$	0.0	0.12	0.28	0.42	0.54	0.58	0.57	0.50	0.28	0.0
$k_z$	0.0	-0.16	-0.22	-0.23	-0.20	-0.12	-0.02	0.06	0.08	0.0

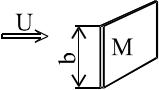
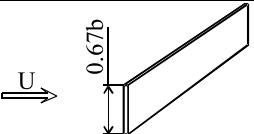
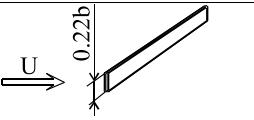
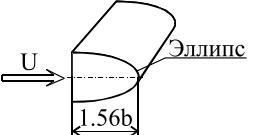
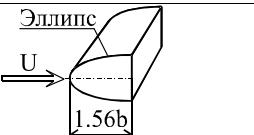
## 6. ПЛОХООБТЕКАЕМЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ТЕЛА

$\bar{C}_x = C_x / C_{x\text{изолир}}$ . ( $C_x$  – коэффициент сопротивления тела измененной формы;  $C_{x\text{изолир}}$  – коэффициент сопротивления изолированного тела исходной формы).

Плохообтекаемое тело [8] составляется из исходной модели **M**, представленной плоской пластиной бесконечной длины, и набором экранов Э1 ... Э9.

Экраны могут быть соединены с моделью жесткой связью, и могут быть установлены на некотором расстоянии изолированно от модели. Экраны Э1 и Э2 – плоские пластины, размеры которых указаны на рисунках (мм). Экраны Э3 и Э4 являются обтекателями модели с эллиптической образующей.

Экраны Э5...Э7 присоединенные к модели полуцилиндры. Экраны Э8 и Э9 – клиновидной формы.

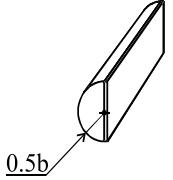
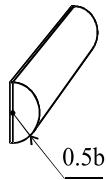
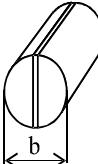
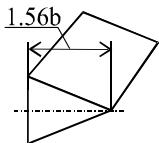
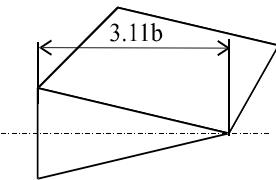
Схема модели, экрана и обтекателя	Характеристика схемы
	$M$ – модель плоской пластины высотой $b$ при поперечном обтекании воздушным потоком
	Э1 – плоский экран высотой $0.67b$
	Э2 – плоский экран высотой $0.22b$
	Э3 – обтекатель эллиптической формы, длина полуоси $1.56b$
	Э4 – обтекатель эллиптической формы, длина полуоси $1.56b$

## 6. ПЛОХООБТЕКАЕМЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ТЕЛА

---



---

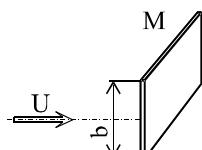
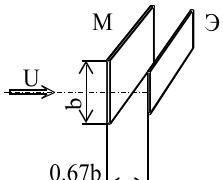
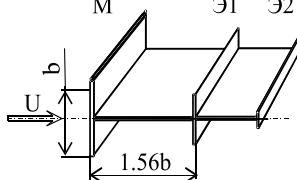
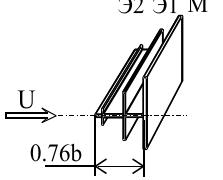
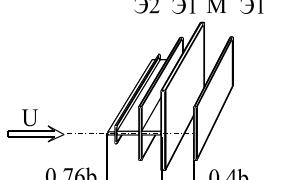
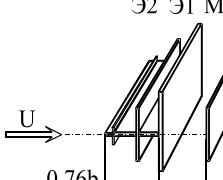
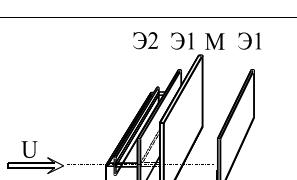
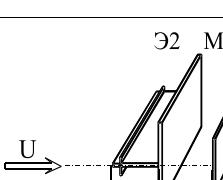
Схема модели, экрана и обтекателя	Характеристика схемы
 0.5b	<p>Э5 – обтекатель полуцилиндрической формы, радиус <math>R=0.5b</math></p>
 0.5b	<p>Э6 – обтекатель полуцилиндрической формы, радиус <math>R=0.5b</math></p>
 b	<p>Э7 – обтекатель цилиндрической формы, диаметр <math>D=b</math></p>
 1.56b	<p>Э8 – обтекатель треугольной формы, длина <math>1.56b</math></p>
 3.11b	<p>Э9 – обтекатель треугольной формы, длина <math>3.11b</math></p>

## 6.1. Пластина с плоскими экранами [8]

Схема модели пластины с плоскими экранами.

$\bar{C}_x = C_x / C_{x\text{изолир}}$  ( $C_x$  – коэффициент модели М с экранами,

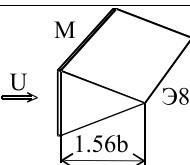
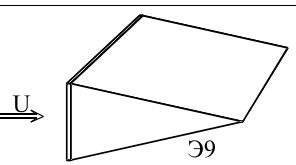
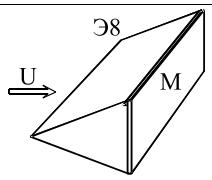
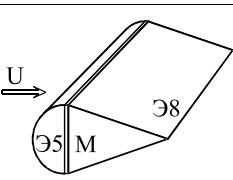
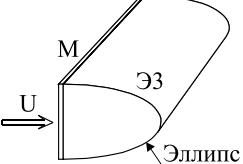
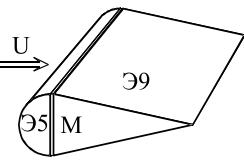
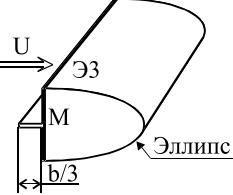
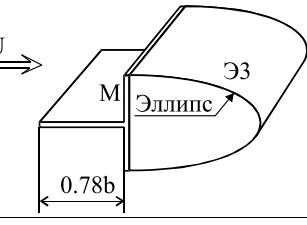
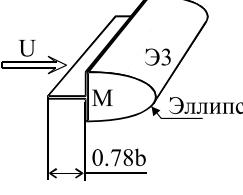
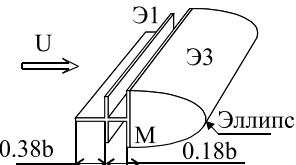
$C_{x\text{изолир}}$  – коэффициент одиночной модели М)

Схема модели	$C_x$	Схема модели	$C_x$
	1.0		0.75
	0.80		0.46
	0.43		0.40
	0.40		0.53

## 6. ПЛОХООБТЕКАЕМЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ТЕЛА

### 6.2. Пластина с обтекателями [8]

Схема модели пластины с обтекателями,  $C_x = C_x / C_{x \text{ изолир}}$  ( $C_x$  – Коэффициент модели М с обтекателями,  $C_{x \text{ изолир}}$  – коэффициент одиночной модели М)

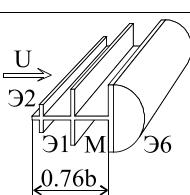
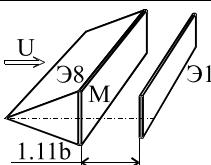
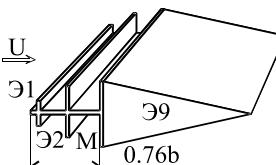
Схема модели	$C_x$	Схема модели	$C_x$
	1.07		0.65
	0.43		0.29
	0.85		0.11
	0.78		0.63
	0.62		0.37

#### 6.3. Пластина с плоскими экранами и обтекателями [8]

Схема модели пластины с плоскими экранами и обтекателями

$\overline{C}_x = C_x / C_{x\text{изолир}}$  ( $C_x$  – коэффициент модели M с плоскими экранами и

обтекателями,  $C_{x\text{изолир}}$  – коэффициент отдельной модели M)

Схема модели	$C_x$
	0.46
	0.35
	0.46



## 7 ПЛАСТИНЫ И НАВЕСЫ

### 7.1. Плоская прямоугольная пластина [2]

$$Re = (4 - 6) \cdot 10^5$$

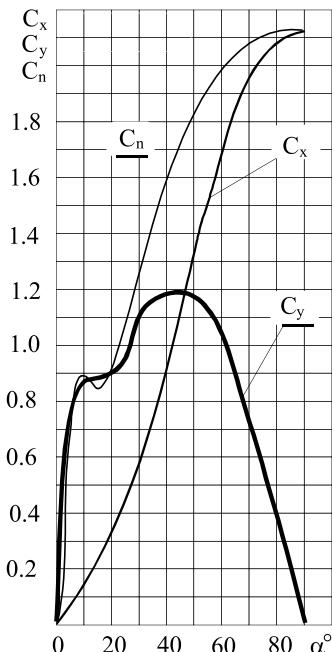
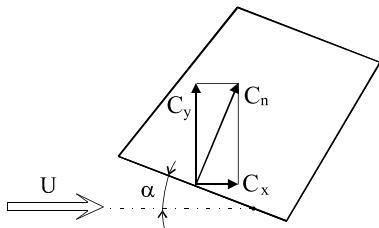


Рис. 7.1.  $C_x = f(\alpha)$ ,  $C_y = f(\alpha)$ ,  $C_n = f(\alpha)$

Таблица 7-1  $C_x = f(L/b, \alpha)$ ;  $S = b \cdot L$ ;  $Re = (4 - 6) \cdot 10^5$

	$L/b$	$\alpha^\circ$						
		5	10	20	30	40	50	60
	5:1	0.05	0.14	0.30	0.50	0.64	0.80	0.90
	1:1	0.04	0.09	0.30	0.70	0.77	0.84	0.98
	1:5	0.02	0.03	0.17	0.44	0.76	1.04	1.08

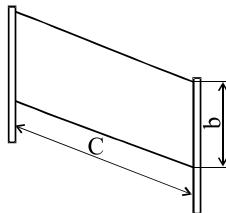
## 7.2. Флаги [21]

### 7.2.1. Флаги натянутые

$S=b \cdot c \text{ [м}^2\text{]}$ .  $\lambda=c/b=1\dots6$ .

$Re=bU/v=10^5\dots10^6$ ;  $\varepsilon=1.8\%$ .

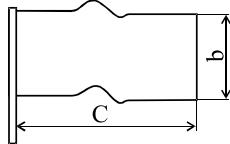
$C_x=1.17$  независимо от типа ткани



### 7.2.2. Флаги свободно висящие

$S=b \cdot c \text{ [м}^2\text{]}$ .  $\lambda=c/b=1\dots6$ .

$Re=bU/v=10^5\dots10^6$ ;  $\varepsilon=1.8\%$ .



$C_x=C_{xo} \cdot K$ . Здесь:  $C_{xo}$  – коэффициент шелкового флага ( $\gamma=100 \text{ [г/м}^2\text{]}$ ) –

принимается по рис. 7.2;

$K=(0.006 \gamma+0.4)$  – поправочный коэффициент.

$\gamma \text{ [г/м}^2\text{]}$  – удельная плотность материала флага.

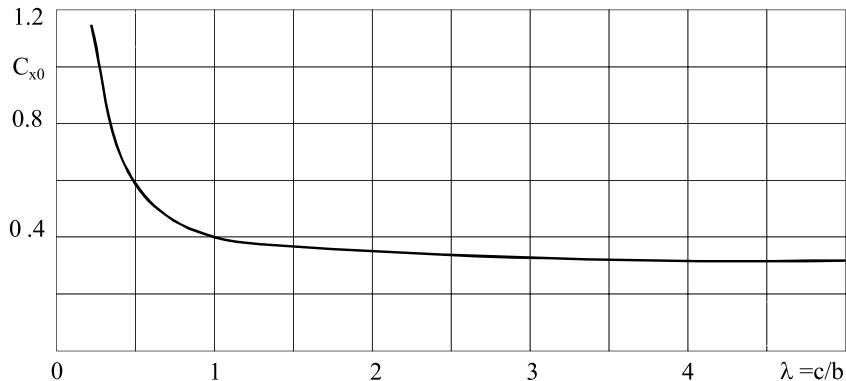


Рис. 7.2.  $C_x=f(c/b)$ . Флаг свободно висящий. Шёлк ( $\gamma=100 \text{ г/м}^2$ )

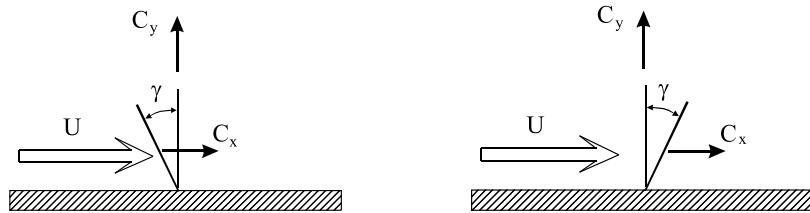
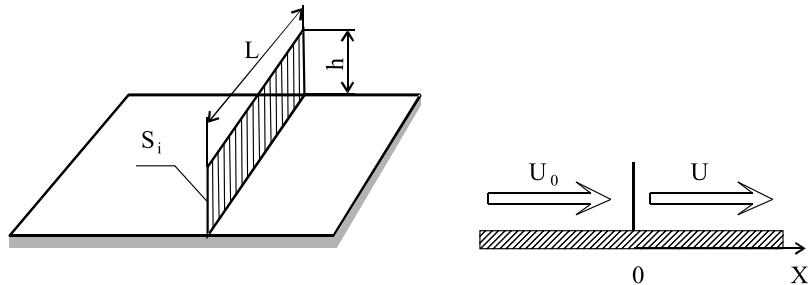
### 7.3. Проницаемая пластина

#### 7.3.1. Пластина на плоскости [16]

$$S=L \cdot h; \lambda=(L/h)=\infty$$

$$Re=U \cdot h/\nu = 1.6 \cdot 10^5; \varepsilon=1.8 \%$$

$$\varphi = \frac{L \cdot h - \sum S_i}{L \cdot h}$$



$$C_x = X / (q \cdot L \cdot h \cdot \cos[\gamma])$$

$$C_y = Y / (q \cdot L \cdot h \cdot \cos[\gamma])$$

$$\gamma = 0 \quad C_x = (-2.01\varphi + 1.88) \text{ при } \varphi = (0 \dots 0.85)$$

$$\gamma = +30^\circ \quad C_x = (-2.18\varphi + 1.97) \text{ при } \varphi = (0 \dots 0.85)$$

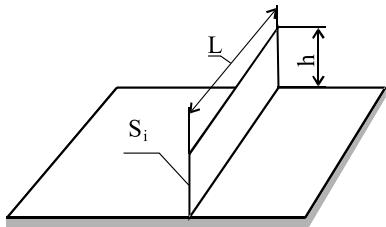
$$\gamma = -30^\circ \quad C_x = (-1.19\varphi + 1.45) \text{ при } (\varphi = 0 \dots 0.85)$$

## 7. ПЛАСТИНЫ И НАВЕСЫ

### 7.3.2. Пластина на плоскости [21]

$$Re = U_0 \cdot h / v = 1.5 \cdot 10^5 \quad \varepsilon = 12 \dots 15 \%$$

$$\varphi = \frac{L \cdot h - \sum S_i}{L \cdot h} \cdot 100\%$$



a). Одиночная пластина

**Таблица 7-2**  $U/U_0 = f(X/h)$ . ( $h_i$  - высота измерения)

	$\varphi = 50\%$				$\varphi = 70\%$					
	$X/h$	$h_i/h$			$X/h$	$h_i/h$				
		0.04	0.30	0.54		0.04	0.30	0.54		
	-5	0.61	0.84	0.93	0.96	-5	0.61	0.85	0.90	0.96
	2	0.59	0.35	0.42	0.37	2	0.56	0.62	0.68	0.70
	5	0.41	0.39	0.35	0.45	5	0.46	0.61	0.65	0.70
	10	0.24	0.34	0.35	0.46	10	0.46	0.60	0.64	0.73
	20	0.38	0.46	0.52	0.61	20	0.46	0.61	0.66	0.77
	30	0.46	0.61	0.64	0.67	30	0.48	0.61	0.67	0.74

b). Две параллельные пластины  $\varphi = 50\%$

**Таблица 7-3**  $U/U_0 = f(X/h, L/h)$

	$L=0.5h$		$L=h$	
	$X/h$	$h_i/h=1.0$	$X/h$	
			$h_i/h=1.0$	$h_i/h=1.0$
	-5	0.95	-5	0.95
	0.5	0.25	0.5	0.27
	1.0	0.23	1.0	0.23
	2.0	0.29	2.0	0.23
	3.0	0.26	3.0	0.24
	4.0	0.20	4.0	0.21
	5.0	0.17	5.0	0.18

c). Две параллельные пластины

$$L=15h$$

**Таблица 7-4**  $U/U_o=f(X/h, L/h)$  при  $h_i/h=1.0$

		$\varphi_1=70\%$	$U$	$\varphi_2=50\%$	$U$	
$X/h$	-3	2	5	10	20	30
$U/U_o$	0.65	0.37	0.45	0.5	0.55	0.64

d). Три параллельные пластины

$$L=15h$$

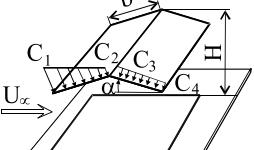
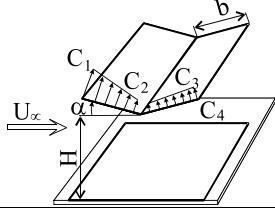
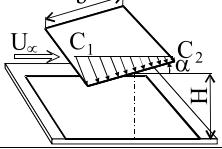
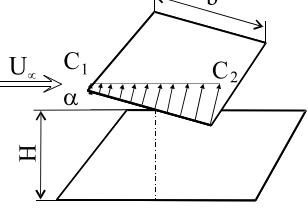
**Таблица 7-5**  $U/U_o=f(X/h, L/h)$  при  $h_i/h=1.0$

		$\varphi_1=70\%$	$U$	$\varphi_2=50\%$	$U$	$\varphi_3=0\%$					
$X/h$	-5	2	5	10	17	20	25	31	32.5	35	40
$U/U_o$	0.96	0.69	0.68	0.68	0.38	0.44	0.45	0.65	0.53	0.5	0.54

## 7.4. Навесы

### 7.4.1. Навесы [3, 9]

Таблица 7-6 Коэффициенты  $C=f(\alpha)$  навеса

Схема навеса	$\alpha^0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
	10	0.5	-1.3	-1.1	0.0
	20	1.1	0.0	0.0	-0.4
	30	2.1	0.9	0.6	0.0
	10	0.0	-1.1	-1.5	0.0
	20	1.5	0.5	0.0	0.0
	30	2.0	0.8	0.4	0.4
	10	1.4	0.4	-	-
	20	1.8	0.5	-	-
	30	2.2	0.6	-	-
	10	1.3	0.2	-	-
	20	1.4	0.3	-	-
	30	1.6	0.4	-	-

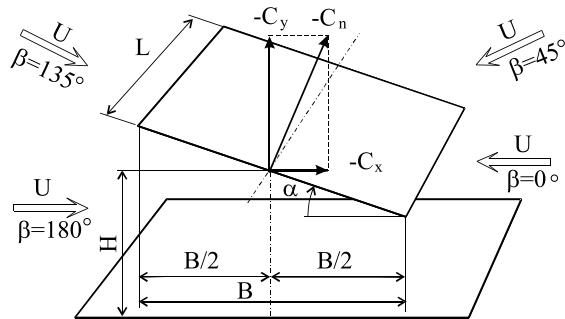
Значения коэффициентов  $C_1, C_2, C_3, C_4$  относятся к сумме давлений на верхнюю и нижнюю поверхности навесов. Для отрицательных значений  $C_1, C_2, C_3, C_4$  направление давления на схемах изменяется на противоположное. Для волнистых покрытий при направлении ветра вдоль навеса необходимо учесть силу трения  $F_t=0.04n_n q_o S$ , где  $S$ -площадь горизонтальной проекции покрытия.

### 7.4.2. Навес односкатный [21]

$$Re = 2 \cdot 10^5$$

$$\varepsilon = 1.8 \%$$

$$H = (0.5-1) \cdot B$$



**Таблица 7-7 Коэффициенты  $C_x=f(\alpha, \beta)$  и  $C_y=f(\alpha, \beta)$  навеса**

$\alpha^0$	$\beta^0$	$C_y$	$C_x$
10	0	+0.39	+0.07
	180	-0.57	-0.10
10		+0.27	+0.05
20	45	+0.60	+0.22
30		+0.82	+0.47
10		-0.43	-0.07
20	135	-0.57	-0.21
30		-0.83	-0.48

### 7.4.3. Навес двухскатный [21]

$$Re=2 \cdot 10^5 \quad \varepsilon=1.8 \%$$

**Таблица 7-8 Коэффициенты  $C_x=f(\alpha, \beta)$  и  $C_y=f(\alpha, \beta)$  навеса**

$\alpha^0$	$\beta^0$	$C_y$	$C_x$
0	-30	-0.42	+0.24
	-10	+0.02	+0.04
	+10	-0.32	+0.02
	+20	-0.08	+0.15
	+30	+0.11	+0.23

The diagram illustrates a double-slope canopy (canopy) with dimensions L, H, and B. The angle of attack  $\alpha$  is shown relative to the horizontal. Wind angles  $\beta$  are indicated for different flow directions:  $\beta = 180^\circ$  (left),  $\beta = 0^\circ$  (right), and  $\beta = 45^\circ$  (top). Aerodynamic coefficients  $-C_y$  and  $-C_n$  are shown at the top vertex.

## 7. ПЛАСТИНЫ И НАВЕСЫ

### 7.5. Навесы над объектами [21]

#### 7.5.1. Навес односкатный

$Re=2 \cdot 10^5$ ,  $\varepsilon = 1.8 \%$ ;  $H=(0.5-1) \cdot B$ ,  $L:B=1.6:1$

Таблица 7-9 Коэффициенты  $C_x=f(\alpha, \beta, h/H)$  и  $C_y=f(\alpha, \beta, h/H)$  навеса

	$\alpha^\theta$	$\beta^\theta$	$C_y$	$C_x$
$h=0.5H$ , $b=B/2$ , $l=L$	10	0	-0.08	-0.01
	20		+0.19	+0.07
	30		+0.40	+0.23
	10	180	-0.73	-0.13
	20		-0.61	-0.22
	30		-0.57	-0.33
$h=0.75H$ , $b=B/2$ , $l=L$	0	0	-0.52	0
	10		-0.25	-0.04
	20		0.014	0.005
	30	180	+0.22	+0.13
	10		-0.79	-0.14
	20		-0.42	-0.15
	30		-0.46	-0.27

#### 7.5.2. Навес двухскатный

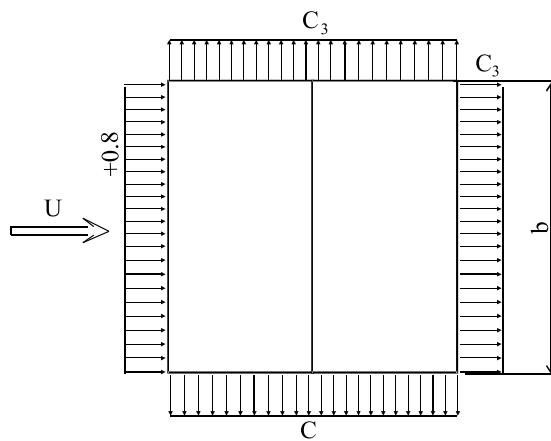
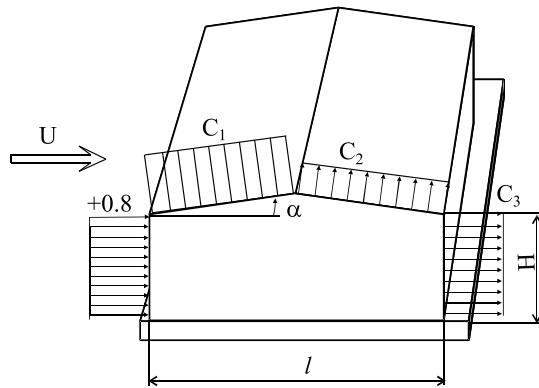
$Re=2 \cdot 10^5$ ,  $\varepsilon = 1.8 \%$ ;  $H=(0.5-1) \cdot B$ ,  $L:B=1.6:1$

Таблица 7-10 Коэффициенты  $C_x=f(\alpha, \beta, h/H)$  и  $C_y=f(\alpha, \beta, h/H)$  навеса

	$\alpha^\theta$	$\beta^\theta$	$C_y$	$C_x$
$h=0.5H$ , $b=B/2$ , $l=L$	-30	0	-0.60	+0.29
	-10		-0.36	+0.09
	+10		-0.45	-0.03
	+20	180	-0.36	+0.05
	+30		-0.10	+0.10
	-30		-0.61	+0.33
$h=0.75H$ , $b=B/2$ , $l=L$	-10	0	-0.58	+0.10
	+10		-0.49	-0.06
	+20		-0.12	-0.04
	+30		-0.01	+0.02

## 8. ПОКРЫТИЯ ЗДАНИЙ НА ПРЯМОУГОЛЬНОМ ОСНОВАНИИ

### 8.1. Здания с двухскатной кровлей. [3, 9]



## 8. ПОКРЫТИЯ ЗДАНИЙ НА ПРЯМОУГОЛЬНОМ ОСНОВАНИИ

---

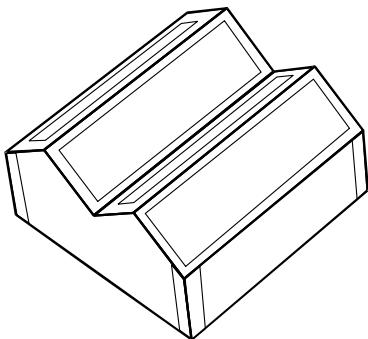
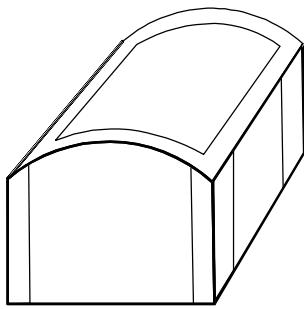
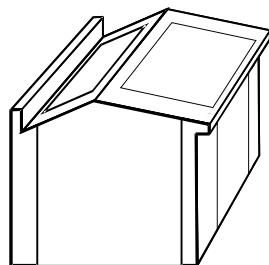
**Таблица 8-1**

Коэффициент	$\alpha^0$	$H/l$			
		0.0	0.5	1.0	$\geq 2.0$
$C_1$	0	0.0	-0.6	-0.7	-0.8
	20	+0.2	-0.4	-0.7	-0.8
	40	+0.4	+0.3	-0.2	-0.4
	60	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8
$C_2$	$\leq 60$	-0.4	-0.4	-0.5	-0.8
$C_3$					
$b/l$				$H/l$	
	$\leq 0.5$		1.0	$\geq 2.0$	
	$\leq 1$	-0.4	-0.5	-0.6	
$\geq 2$	-0.5		-0.6	-0.6	

### 8.2. Элементы ограждения и кровли [9]

Коэффициент местного отрицательного давления ветра, распределённый вдоль поверхностей на ширине 1.5 метра,  $C_e=-2.0$ .

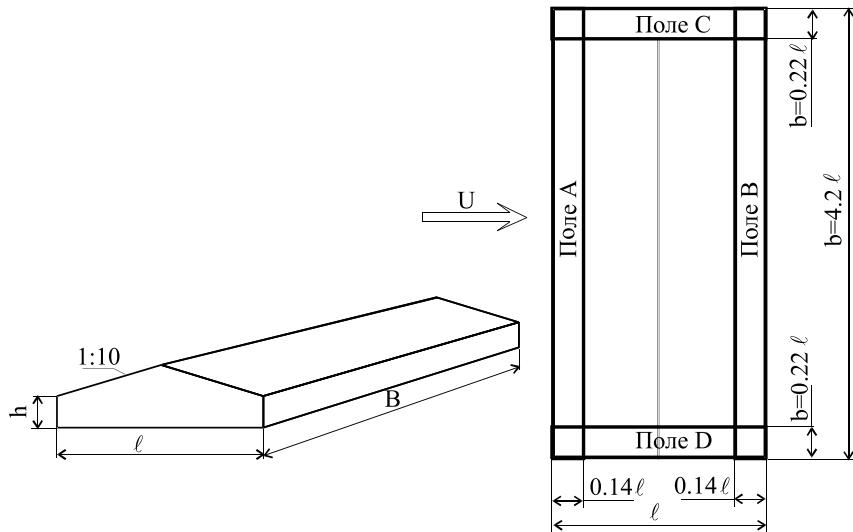
Применяется при расчёте креплений элементов ограждения к несущим конструкциям в углах здания и по внешнему контуру покрытия.



**8.3. Здания с двухскатной кровлей [21]**

$$Re = h \cdot U / v = 3 \cdot 10^4; \quad \varepsilon = 7\%$$

$$B : l = 4.2 : 1$$

**Таблица 8-2 Коэффициенты  $C_e = f(h/l, \beta)$  кровли**

$h/l$	$\beta^\theta$	Поле А	Поле В	Поле С	Поле D
1 : 6.2	0(180)	-1.0	-1.0		
	45(135)			-0.60	-0.60
	90(270)	-0.70	-0.70	-0.70	-0.70
1 : 3	0(180)	-1.50	-1.50		
	45(135)	-1.80	-1.80	-1.80	-1.80
	90(270)			-0.80	-0.80
1 : 2.1	0(180)	-1.60	-1.60		
	45(135)	-2.70	-2.70	-1.80	-1.80
	90(270)			-0.70	-0.70
1 : 1.7	0(180)	-1.80	-1.80		
	45(135)	-2.70	-2.70	-2.0	-2.0
	90(270)			-0.70	-0.70

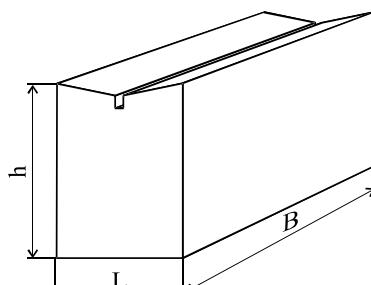
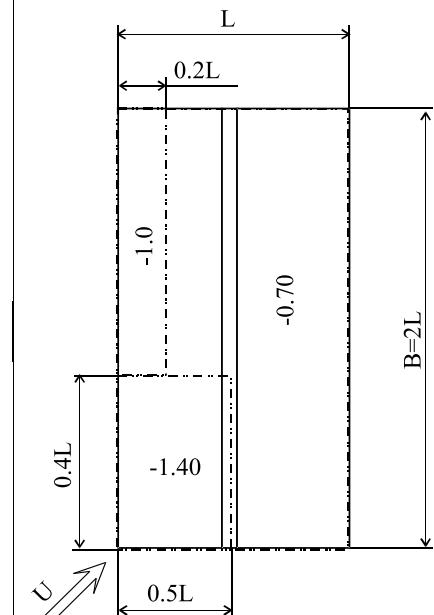
## 8. ПОКРЫТИЯ ЗДАНИЙ НА ПРЯМОУГОЛЬНОМ ОСНОВАНИИ

### 8.4. Здания с кровлей обратного уклона [21]

$$Re = (1.2 - 3) \cdot 10^5; \quad \varepsilon = 1.8 \%$$

$$B/L = 2$$

$$h/L = 2.8$$

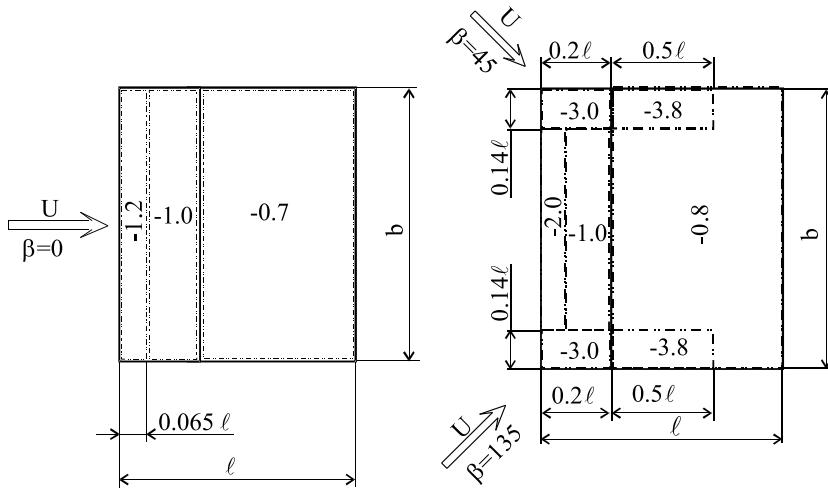
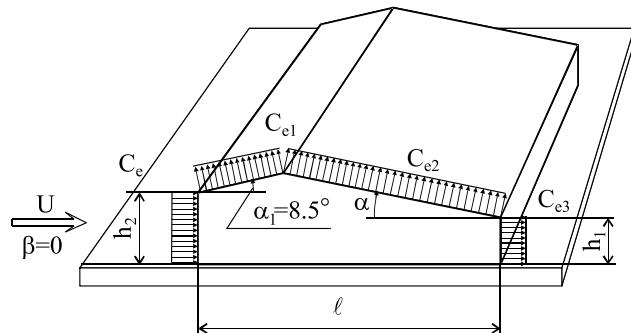
Схема	$C_e$ кровли
	<p>1. При <math>\beta=45^\circ</math>.</p> 
	<p>2. При <math>\beta=0 \quad C_e = -0.653</math>.</p>

## 8.5. Ангары

### 8.5.1. Ангар с двухскатной кровлей [21]

$Re = (1.2 - 3) \cdot 10^5$ ;  $\varepsilon = 1.8\%$ .

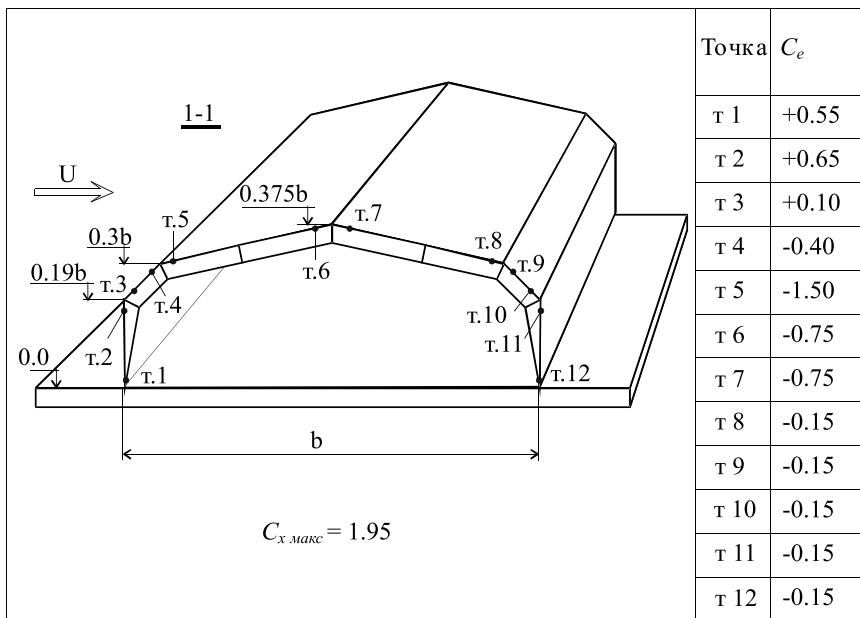
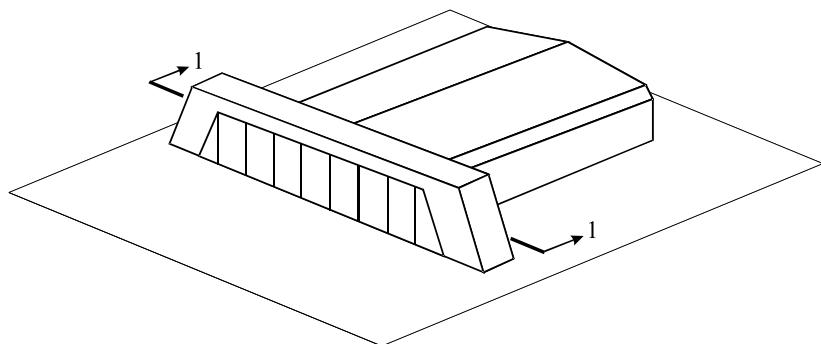
$b: l = 1:1.3$



## 8. ПОКРЫТИЯ ЗДАНИЙ НА ПРЯМОУГОЛЬНОМ ОСНОВАНИИ

### 8.5.2. Ангар арочного типа [21]

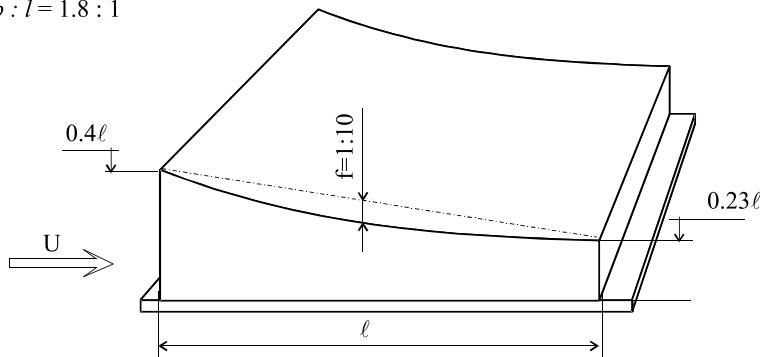
$$Re = (1.5 - 3) \cdot 10^5; \quad \varepsilon = 1.8 \%$$



### 8.5.3. Ангар с провисающей цилиндрической кровлей [21]

$$Re = (1.2 - 2.5) \cdot 10^5; \quad \varepsilon = 1.5 \%$$

$$b : l = 1.8 : 1$$



$C_e$ кровли при закрытых и открытых полностью воротах	$C_e$ кровли при открытых полностью воротах
<p>Diagram of the hangar with closed doors. The height is <math>0.5l</math>. The angle <math>\beta</math> is <math>45^\circ</math>. The distance between the centers of the doors is <math>2.7</math>. The width is <math>b = 1.8l</math>.</p> <p>Diagram of the hangar with open doors. The height is <math>0.5l</math>. The angle <math>\beta</math> is <math>135^\circ</math>. The distance between the centers of the doors is <math>2.7</math>. The width is <math>b = 1.8l</math>.</p>	<p>Diagram of the hangar with open doors. The height is <math>1.8l</math>. The angle <math>\beta</math> is <math>0^\circ</math>. The width is <math>b = 1.8l</math>.</p>

## 8. ПОКРЫТИЯ ЗДАНИЙ НА ПРЯМОУГОЛЬНОМ ОСНОВАНИИ

### 8.6. Здания с проёмами [3, 9]

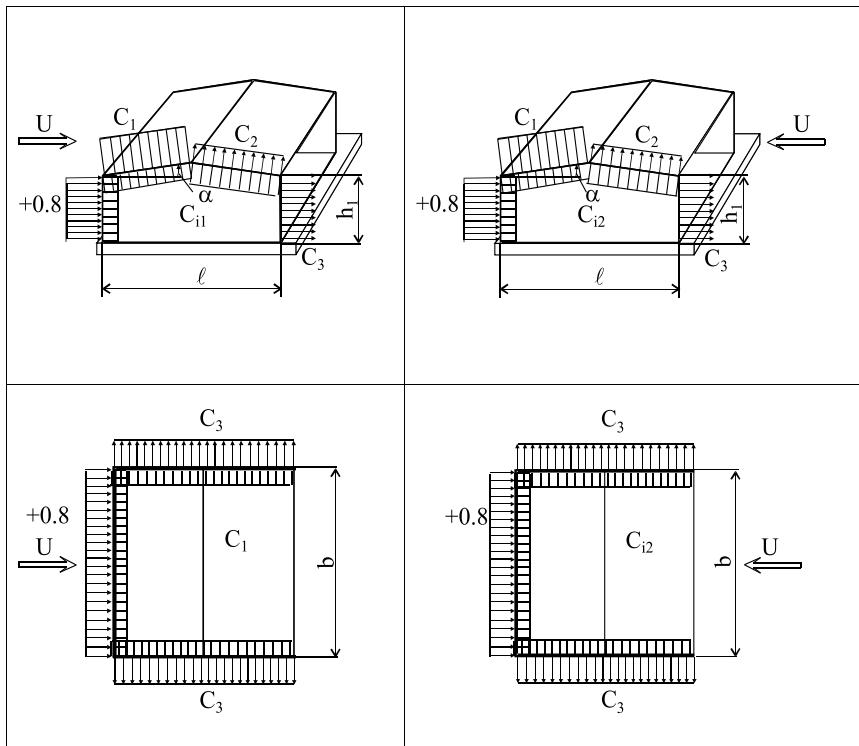
Проницаемость  $\mu = S_n / S$ ; ( $S_n$  – суммарная площадь проемов;

$S$  – полная площадь ограждения)

При  $\mu \leq 5\%$        $C_{i1}=C_{i2}=\pm 0.2$ ;

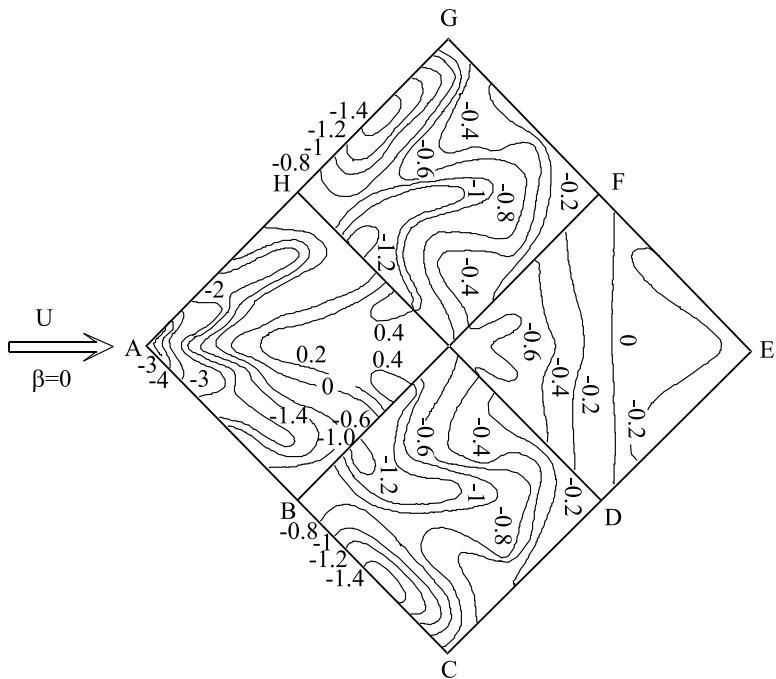
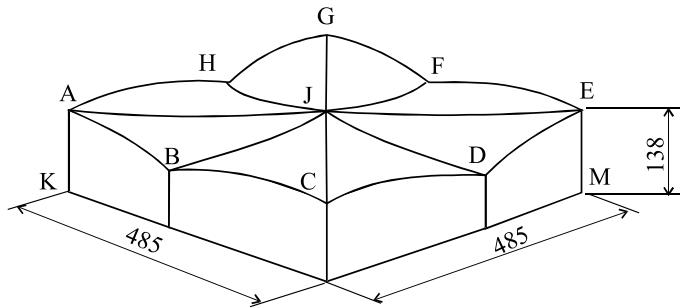
При  $\mu \geq 30\%$        $C_{i1}=C_{e3}$ , (табл. 8-1)

$$C_{i2}=+0.8$$

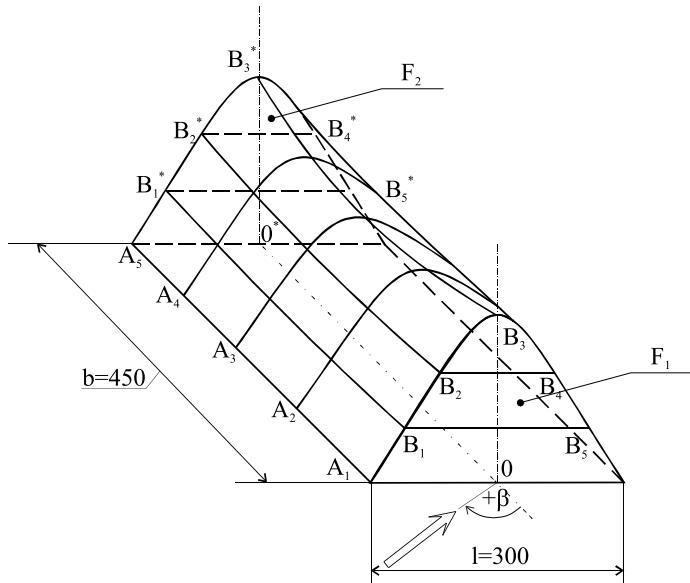


**8.7. Кровля в виде параболических гиперболоидов. [17]**

(ABJH; HJFG; FJDE; DJBC –гиперболические параболоиды)



**8.8. Треугольная призма с мягким провисающим покрытием [18]**



**Таблица 8-3 Коэффициенты  $C_e$  в узлах пересечения.  $\beta=0$**

Вертикальное сечение	Горизонтальное сечение				
	B <sub>1</sub> -B <sub>1</sub> *	B <sub>2</sub> -B <sub>2</sub> *	B <sub>3</sub> -B <sub>3</sub> *	B <sub>4</sub> -B <sub>4</sub> *	B <sub>5</sub> -B <sub>5</sub> *
A <sub>1</sub>	-1.35	-1.25	-1.15	-1.25	-1.36
A <sub>2</sub>	-1.25	-1.25	-1.30	-1.25	-1.25
A <sub>3</sub>	-0.35	-0.60	-0.50	-0.60	-0.35
A <sub>4</sub>	-0.35	-0.35	-0.40	-0.35	-0.35
A <sub>5</sub>	-0.25	-0.25	-0.35	-0.25	-0.25

## 8.8. Треугольная призма с мягким провисающим покрытием

---

**Таблица 8-4** Коэффициенты  $C_e$  в узлах пересечения на плоскости  $F_1$  и  $F_2$ .  $\beta=0$

Вертикальное сечение	Точка									
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_1^*$	$B_2^*$	$B_3^*$	$B_4^*$	$B_5^*$
$B_3-0$ $B_3^*-0$	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	-	-	-	-	-
	0	0	0	0	0	0.70	0.75	0.80	0.75	0.70
	+0.5	+0.8	-	-	-					
	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
						0.65	0.80			

**Таблица 8-5** Коэффициенты  $C_e$  в узлах пересечения.  $\beta=60^\circ$

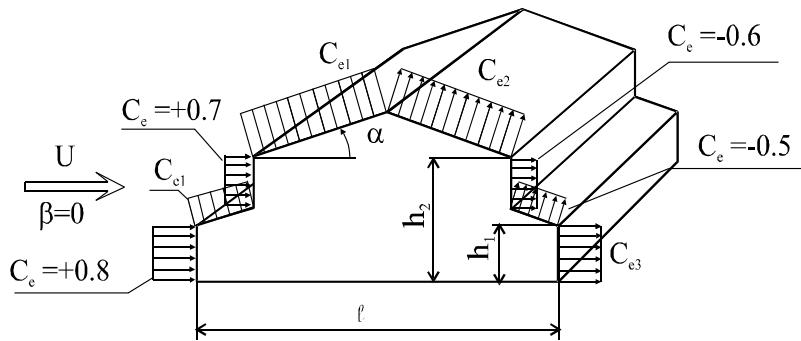
Вертикальное сечение	Горизонтальное сечение				
	$B_1-B_1^*$	$B_2-B_2^*$	$B_3-B_3^*$	$B_4-B_4^*$	$B_5-B_5^*$
$A_1$	+0.45	+0.10	-3.25	-1.75	-1.00
$A_2$	+0.30	-0.60	-2.50	-1.90	-1.15
$A_3$	+0.30	-0.60	-1.75	-1.50	-1.15
$A_4$	+0.20	-0.15	-1.45	-1.00	-0.90
$A_5$	+0.05	0.0	-1.00	-1.00	-0.75

**Таблица 8-6** Коэффициенты  $C_e$  в узлах пересечения на плоскости  $F_1$  и  $F_2$ .  $\beta=60^\circ$

Вертикальное сечение	Точка									
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_1^*$	$B_2^*$	$B_3^*$	$B_4^*$	$B_5^*$
	+0.2	+0.2	1.15	1.50	0.20	0.95	1.00	-	-	-
$B_3-0$	-	-						-	-	-
$B_3^*-0$	-		-	-	-	-	-	1.00	0.80	0.80

### 8.9. Здания с продольными фонарями

#### 8.9.1. Одиночное здание. [3, 9]



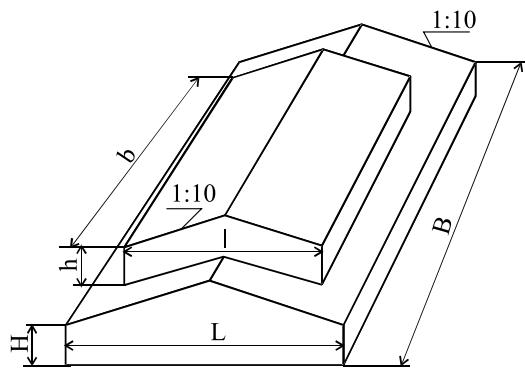
Коэффициенты  $C_{e1}$ ,  $C_{e2}$  и  $C_{e3}$  определяются в соответствии с п. 8.1.

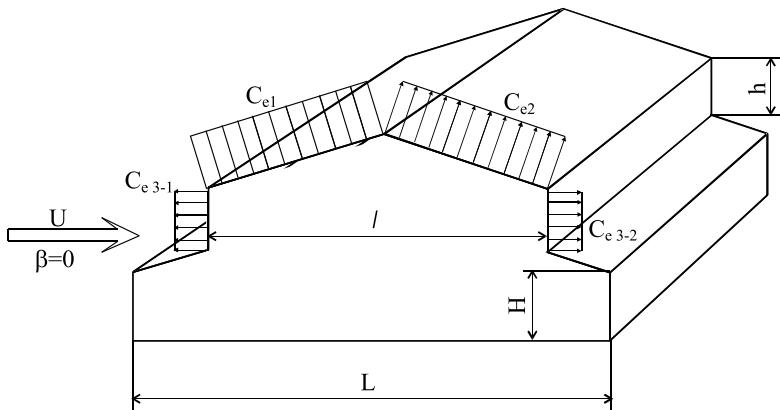
#### 8.9.2. Одиночное здание [21]

$$Re=(0.5-0.8)\cdot 10^5, \quad \varepsilon=1.8\%.$$

$$B:L = 3:1,$$

$$b:B = 0.83$$





**Таблица 8-6** Коэффициенты  $C_e$  светоаэрационного фонаря при  $l/L = 0.34$

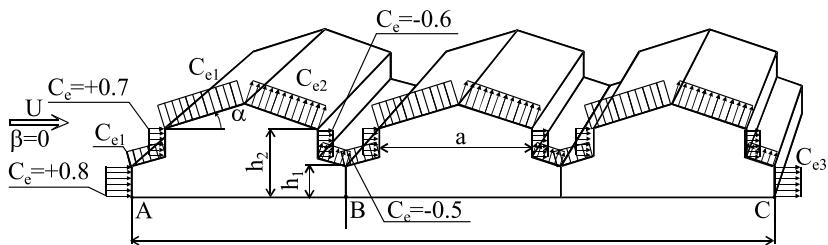
$\beta^0$	$C_e$	$h/H$				
		0.22	0.27	0.33	0.39	0.42
0	$C_{el}$	-0.85	-0.85	-0.85	-0.95	-0.85
	$C_{e2}$	-0.55	-0.55	-0.60	-0.55	-0.55
	$C_{e3-1}$	-	-	+0.40	-	+0.50
	$C_{e3-2}$	-	-	-0.45	-	-0.45
30 – 60	$C_{el}$	-1.0	-1.10	-1.40	-0.95	-1.45
	$C_{e2}$	-0.70	-0.65	-0.80	-0.60	-0.80
	$C_{e3-1}$	-	-	-0.30	-	+0.25
	$C_{e3-2}$	-	-	-0.60	-	-0.60
90	$C_{el}$	-	-	-0.80	-	-0.80
	$C_{e2}$	-	-	-0.80	-	-0.80
	$C_{e3-1}$	-	-	-0.60	-	-0.60
	$C_{e3-2}$	-	-	-0.60	-	-0.60

## 8. ПОКРЫТИЯ ЗДАНИЙ НА ПРЯМОУГОЛЬНОМ ОСНОВАНИИ

**Таблица 8-7 Коэффициенты  $C_e$  светоаэрационного фонаря при  $l/L = 0.50$**

$\beta^0$	$C_e$	$h/H$			
		0.22	0.27	0.40	0.60
0	$C_{e1}$	-1.0	-1.20	-1.20	-0.80
	$C_{e2}$	-0.45	-0.50	-0.50	-0.60
	$C_{e3-1}$	-0.60	-0.30	-0.05	+0.50
	$C_{e3-2}$	-0.30	-0.30	-0.30	-0.45
30 – 60	$C_{e1}$	-1.10	-1.25	-1.25	-1.50
	$C_{e2}$	-0.70	-0.70	-0.60	-0.80
	$C_{e3-1}$	-0.80	-0.80	-0.40	+0.35
	$C_{e3-2}$	-0.80	-0.80	-0.70	-0.60
90	$C_{e1}$	-0.50	-0.50	-0.50	-0.80
	$C_{e2}$	-0.50	-0.50	-0.50	-0.80
	$C_{e3-1}$	-0.20	-0.15	-0.25	-0.25
	$C_{e3-2}$	-0.20	-0.15	-0.25	-0.25

### 8.9.3. Ряд зданий равной высоты [3, 9]



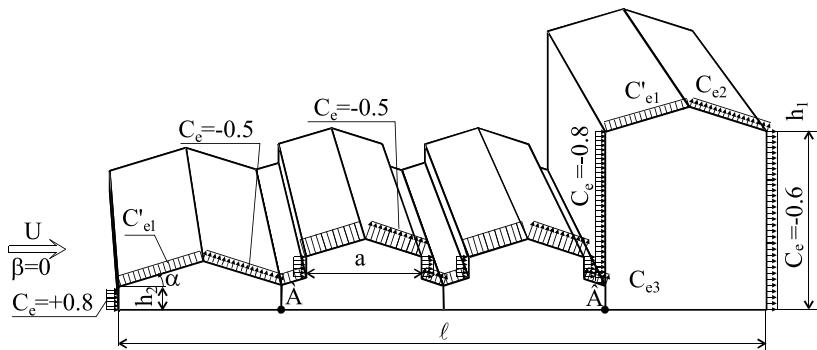
$C_e$  для покрытия на участке AB, а также наветренной, подветренной и боковых стен определяются в соответствии с п.п. 8.9.1, 8.9.2.

$C_e$  для остальных покрытий участка BC:  $C_e = -0.5$

$C_x$  каждого фонаря на участке BC:

$C_x = 0.2$  при  $\lambda \leq 2$ ;  $C_x = 0.1\lambda$  при  $2 \leq \lambda \leq 8$ ;  $C_x = 0.8$  при  $\lambda > 8$ . Здесь  $\lambda = a/(h_1 - h_2)$

## 8.9.4. Ряд зданий различной высоты. [3, 9]



$C_{el}^I$ ,  $C_{el}^{II}$ ,  $C_{e2}$  (При определении  $C_{el}$  принимать за  $h_1$  высоту наветренной грани призмы) определяются в соответствии с п.п. 8.9.1, 8.9.2.

$C_x$  каждого фонаря на участке АВ ( $h_1-h_2$  высота фонаря):

$C_x=0.2$  при  $\lambda \leq 2$ ;

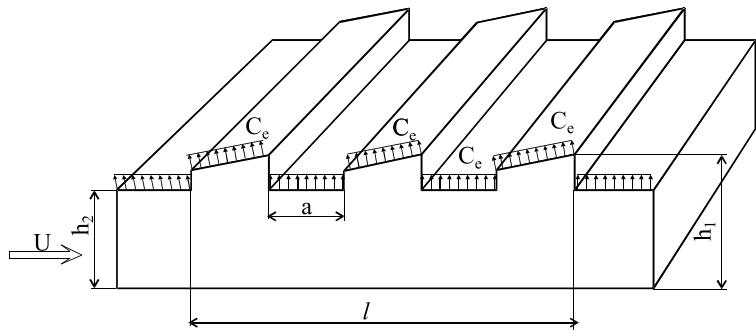
$C_x=0.1\cdot\lambda$  при  $2 \leq \lambda \leq 8$ ;

$C_x=0.8$  при  $\lambda > 8$ .

Здесь  $\lambda=a/(h_1-h_2)$ .

Коэффициенты  $C_e$  для остальных покрытий участка АВ:  $C_e=-0.5$ .

### 8.9.5. Здания с зенитными фонарями. [3; 9]



Для наветренного фонаря  $C_e$  определяются в соответствии с п.п. 8.9.1, 8.9.2.

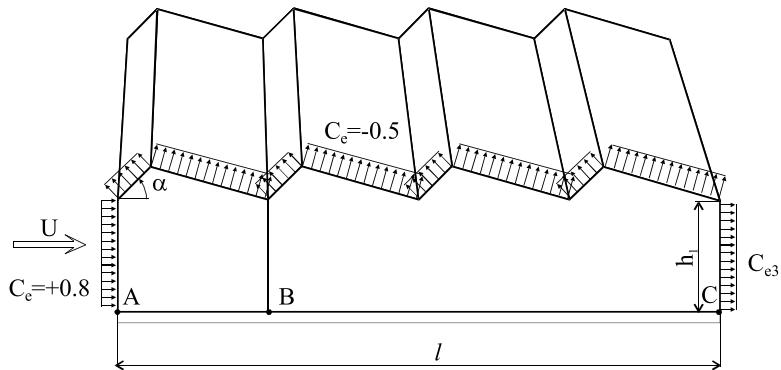
Для остальных покрытий участка  $C_e=-0.5$ .

$C_x$  каждого фонаря:

$C_x=0.2$  при  $\lambda \leq 2$ ;  $C_x=0.1 \cdot \lambda$  при  $2 \leq \lambda \leq 8$ ;  $C_x=0.8$  при  $\lambda > 8$ .

Здесь  $\lambda=a/(h_1-h_2)$ .

### 8.9.6. Здания с шедовыми покрытиями [3, 9]



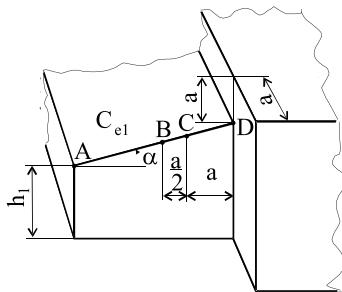
Для участка АВ  $C_e$  определяется в соответствии с п.п. 8.9.1, 8.9.2.

Для участка ВС  $C_e=-0.5$ .

### 8.9.7. Уступы зданий при $\alpha < 15^\circ$ . [3, 9]

Участок CD :  $C_e = +0.7$ .

$C_e$  для участка АВ определяются в соответствии с п. 8.1.



Участок BC: Коэффициенты  $C_e$  определяются линейной интерполяцией значений, принимаемых в точках В и С.



---

## 9. ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ

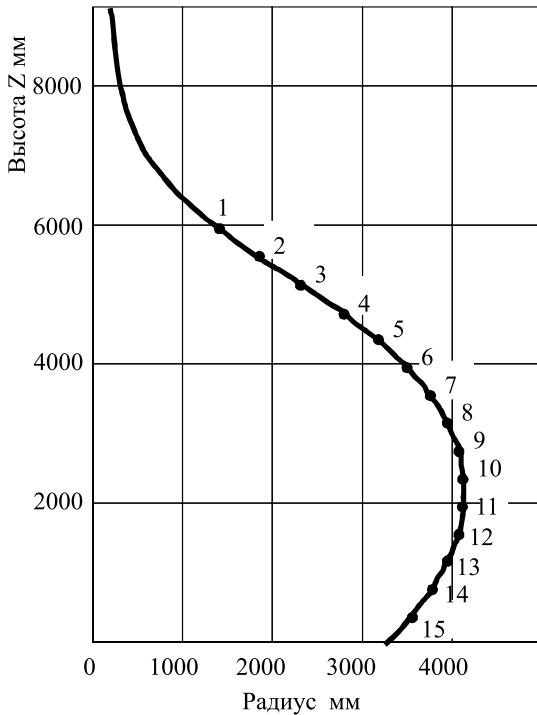
### 9.1. Одиночная крыша центрального барабана [21]

$Re=Ud_{max}/v=5.4 \cdot 10^5$ .  $\epsilon=1.8\%$  . Поверхность крыши гладкая

$$S=\pi d_{max}^2/4$$

$C_x=Q/(qS)$ . ( $C_x$  купол+шаровой элемент+крест).  $C_x=0.67$ .

$\phi_0$  – угол направления потока



## 9. ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ

---



---

**Таблица 9-1** Коэффициенты  $C_e$  кровли

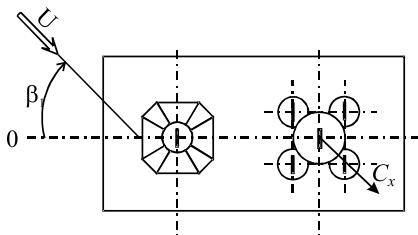
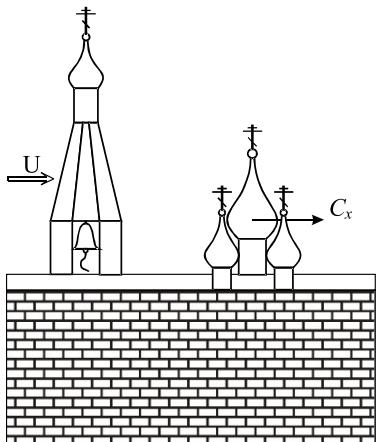
$\Phi^0$	Точки измерения														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	-0.06	-0.07	-0.04	-0.11	0.06	0.10	0.36	0.48	0.54	0.74	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94
10	-0.14	-0.12	-0.05	-0.15	-0.01	0.07	0.31	0.44	0.48	0.69	0.93	0.98	0.97	0.96	0.89
20	-0.31	-0.24	-0.16	-0.29	-0.13	-0.08	0.17	0.32	0.30	0.55	0.74	0.78	0.75	0.76	0.71
30	-0.65	-0.47	-0.39	-0.55	-0.37	-0.31	-0.10	0.07	-0.05	0.30	0.39	0.46	0.40	0.44	0.37
40	-1.02	-0.77	-0.68	-0.84	-0.68	-0.58	-0.38	-0.18	-0.40	-0.01	0.01	0.08	-0.04	0.03	-0.03
50	-1.46	-1.09	-0.99	-1.14	-1.02	-0.88	-0.69	-0.47	-0.79	-0.33	-0.43	-0.32	-0.46	-0.35	-0.42
60	-1.82	-1.38	-1.30	-1.41	-1.30	-1.11	-0.93	-0.71	-1.11	-0.61	-0.80	-0.66	-0.81	-0.69	-0.72
70	-2.12	-1.61	-1.56	-1.60	-1.52	-1.32	-1.12	-0.90	-1.34	-0.84	-1.06	-0.91	-1.07	-0.91	-0.92
80	-2.23	-1.74	-1.73	-1.73	-1.67	-1.47	-1.23	-1.01	-1.39	-0.95	-1.19	-1.03	-1.16	-0.95	-0.97
90	-2.10	-1.79	-1.77	-1.83	-1.68	-1.50	-1.27	-1.03	-1.32	-1.05	-1.13	-0.97	-1.03	-0.85	-0.79
100	-1.85	-1.70	-1.78	-1.75	-1.60	-1.36	-1.15	-0.92	-1.11	-0.81	-0.92	-0.77	-0.74	-0.63	-0.61
110	-1.52	-1.38	-1.47	-1.46	-1.36	-1.16	-0.96	-0.72	-0.81	-0.60	-0.65	-0.62	-0.61	-0.52	-0.54
120	-0.96	-0.97	-1.05	-1.06	-1.00	-0.83	-0.66	-0.53	-0.57	-0.57	-0.60	-0.54	-0.49	-0.49	-0.51
130	-1.00	-0.91	-0.80	-0.71	-0.65	-0.55	-0.48	-0.48	-0.62	-0.59	-0.55	-0.49	-0.49	-0.49	-0.49
140	-1.09	-0.96	-0.82	-0.68	-0.59	-0.49	-0.48	-0.52	-0.64	-0.59	-0.58	-0.54	-0.53	-0.54	-0.54
150	-1.00	-0.91	-0.83	-0.73	-0.60	-0.52	-0.55	-0.61	-0.68	-0.63	-0.63	-0.60	-0.57	-0.57	-0.56
160	-1.04	-0.93	-0.81	-0.71	-0.60	-0.54	-0.56	-0.63	-0.68	-0.64	-0.64	-0.63	-0.60	-0.58	-0.56
170	-1.03	-0.88	-0.74	-0.64	-0.58	-0.57	-0.59	-0.64	-0.68	-0.66	-0.64	-0.62	-0.59	-0.56	-0.53
180	-1.00	-0.85	-0.72	-0.61	-0.53	-0.51	-0.53	-0.57	-0.65	-0.65	-0.64	-0.61	-0.58	-0.57	-0.53

## 9.2. Ребристая крыша центрального барабана в комплексе здания

[21]

Поток равномерный

$$\varepsilon = 1.8 \%$$



**Таблица 9-2 Коэффициент  $C_x$  крыши центрального барабана**

$Re$	$2.75 \cdot 10^5$	$4.1 \cdot 10^5$	$5.3 \cdot 10^5$
$C_x$ при $\beta_1=0$	0.35	0.40	0.36
$C_x$ при $\beta_1=15^\circ$	0.70	0.64	0.63
$C_x$ при $\beta_1=30^\circ$	0.75	0.75	0.74
$C_x$ при $\beta_1=45^\circ$	0.73	0.77	0.77

## 9.3. Гладкая крыша центрального барабана в комплексе здания [21]

Поток равномерный.  $\varepsilon = 1.8 \%$

**Таблица 9-3 Коэффициент  $C_x$  крыши центрального барабана**

$Re$	$2.75 \cdot 10^5$	$4.1 \cdot 10^5$	$5.3 \cdot 10^5$
$C_x$ при $\beta_1=0$	-0.11	0.23	0.29
$C_x$ при $\beta_1=15^\circ$	0.56	0.52	0.52
$C_x$ при $\beta_1=30^\circ$	0.61	0.62	0.62
$C_x$ при $\beta_1=45^\circ$	0.72	0.72	0.72

9.4. Крыша центрального барабана в комплексе здания [21]

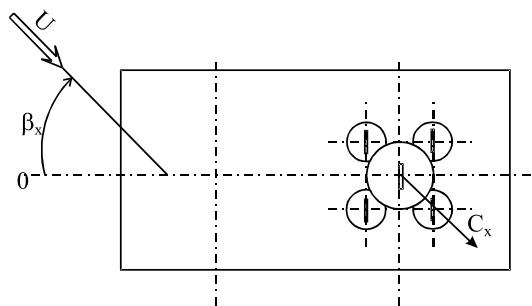
$$Re = U \cdot d_{\max} / v$$

$$Re = (2.7 - 5.2) \cdot 10^5.$$

$$\varepsilon = 1.8 \text{ \%}.$$

$$S = \pi d_{\max}^2 / 4.$$

$$C_x = Q / ((\rho U^2 / 2) \cdot S).$$



Вариант 1.

Колокольня отсутствует

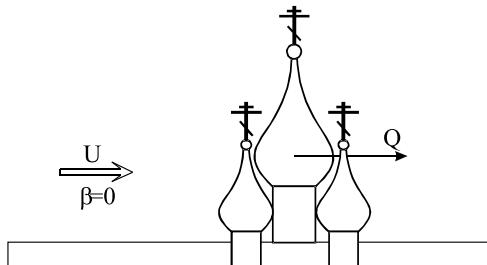
$$(\beta = 0 - 45^\circ).$$

Поверхность гладкая:

$$C_x = 0.68;$$

Поверхность ребристая:

$$C_x = 0.75.$$



Вариант 2.

Колокольня

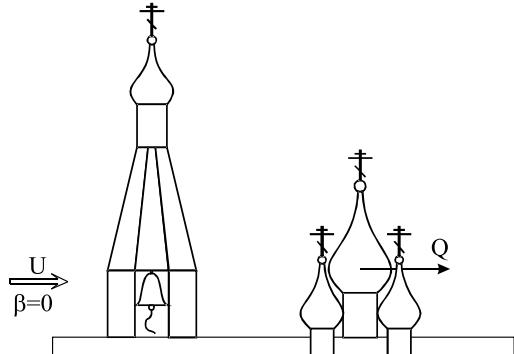
присутствует  
( $\beta = 0 - 45^\circ$ ).

Поверхность гладкая:

$$C_x = 0.72;$$

Поверхность ребристая:

$$C_x = 0.77.$$



## 9.5. Колокольня [21]

$$Re = v \cdot U / \nu = (1.5-4) \cdot 10^5;$$

$\varepsilon = 1.8\%$ ;

$$C_x = (Q_1 + Q_2 + Q_3) / \{(\rho U^2 / 2) \cdot S_{uu}\}$$

$$C_x = 1.50$$

$$S_{uu} = h_{uu} \cdot (b+d)/2.$$

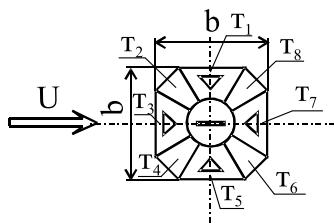
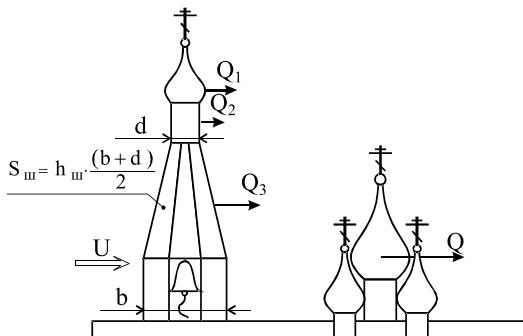
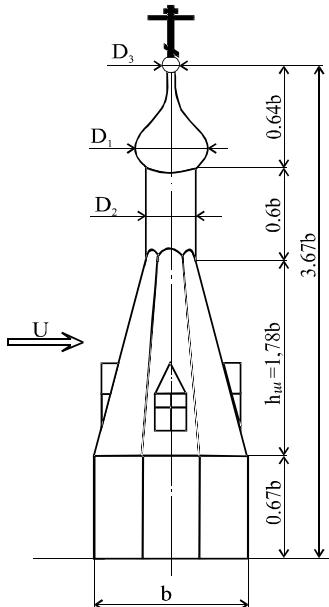


Таблица 9-4 Коеффициенты  $C_e$  штиля колокольни.  $\beta=0$

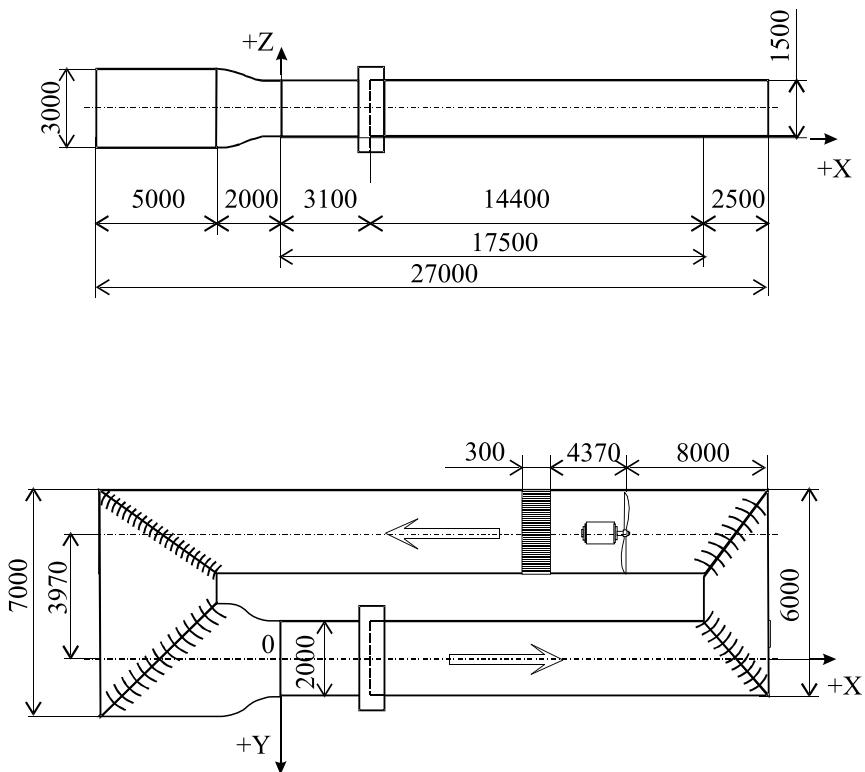
Точка №	$C_e$
1	-0.80
2	-0.20
3	+0.66
4	-0.20
5	-0.80
6	-0.70
7	-0.70
8	-0.70





## ПРИЛОЖЕНИЕ

**АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ ТРУБА 3 - АТ - 17,5/3  
ФИРМЫ "УНИКОН" ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО  
СЛОЯ АТМОСФЕРЫ**



*Рис. 1. Схема аэродинамической трубы 3-АТ-17.5/3*

## ПРИЛОЖЕНИЕ

---

**Таблица 1** Коэффициенты поля потока  $\mu$  в поперечном сечении

$X=230$  мм открытого участка рабочей части

Y мм	Z (мм)																		
	900	800	700	600	500	400	300	200	100	0	-100	-200	-300	-400	-500	-600	-700	-800	-900
760	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
660	1.02	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.96	0.96	0.94	0.96	0.96	0.96	1.0	0.96	1.02	
560	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.96	0.96	0.94	0.96	0.96	0.96	1.0	1.0	1.02	
460	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.94	0.96	0.96	0.96	1.0	1.0	1.02	
360	1.0	1.0	1.0	1.0	0.96	0.96	1.0	1.0	1.0	0.96	0.96	0.94	0.96	0.96	0.96	1.0	1.0	1.02	
260	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.02	0.96	0.96	1.0	0.96	1.0	1.0	1.0	1.02	1.0	1.0	
160	1.02	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	0.96	0.96	1.02	0.96	1.0		
60	1.0	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.02	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.02	1.02	1.0	1.02	
-40	1.02	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
-140	1.0	1.0	1.0	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	1.0	1.0	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
-240	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.96	1.0	1.0	1.0	1.02	1.0	1.0	1.02	1.04	1.04	1.04	1.02	
-340	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.0	1.0	1.02	1.0	1.02	1.02	1.04	1.06	1.06	1.06	1.06	1.02
-440	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.02	1.02	1.02	1.06	1.06	1.06	1.06	1.02	
-540	1.02	1.02	1.0	1.02	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.02	1.02	1.02	1.04	1.06	1.06	1.06	1.02	
-640	1.0	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.96	1.0	1.0	1.0	1.02	1.02	1.02	1.04	1.02	1.06	1.06	1.02
-740	0.57	0.67	0.67	0.67	0.68	0.62	0.6	0.62	0.57	0.56	0.57	0.64	0.65	0.64	0.62	0.57	0.54	0.57	0.43

**Таблица 2** Коэффициенты поля потока  $\mu$  в поперечном сечении

$X=1450$  мм открытого участка рабочей части

Y мм	Z (мм)																		
	900	800	700	600	500	400	300	200	100	0	-100	-200	-300	-400	-500	-600	-700	-800	-900
760	0.43	0.46	0.45	0.49	0.56	0.59	0.5	0.6	0.64	0.56	0.53	0.56	0.64	0.53	0.49	0.46	0.36	0.32	0.28
660	0.75	0.96	0.94	0.94	0.94	0.9	0.92	0.9	0.98	0.98	0.96	0.94	0.94	0.96	0.92	0.92	0.88	0.9	0.75
560	0.82	1.0	0.98	0.98	0.98	0.92	0.92	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.92	0.98	1.0	1.0	0.82
460	0.94	1.0	0.98	1.0	1.0	0.9	0.98	1.0	0.98	1.0	0.98	1.0	0.98	1.0	0.98	1.0	1.0	1.0	0.92
360	0.94	0.98	0.96	0.96	0.92	0.92	1.0	1.0	0.98	0.96	0.96	0.98	0.96	0.96	0.98	0.98	0.98	0.98	0.92
260	0.92	1.0	0.98	0.98	0.96	0.96	0.98	1.0	1.0	1.02	1.0	1.0	0.98	0.98	1.0	1.0	0.98	0.98	0.82
160	0.92	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.94
60	0.94	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.02	1.0	1.0	0.98	0.92
-40	0.98	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.98	1.0	1.0	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.92
-140	1	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.0	0.92
-240	1.02	1.02	1.0	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.02	1.0	1.02	1.0	0.92
-340	1.06	1.02	1.02	1.0	1.0	1.02	1.02	1.02	1.0	1.0	1.0	1.02	1.02	1.02	1.06	1.06	1.06	1.06	0.92
-440	1.02	1.02	1.02	1.0	1.02	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.02	1.02	1.02	1.06	1.06	1.02	0.9	
-540	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.02	1.02	1.06	1.06	1.06	1.02	0.79	
-640	0.79	1.0	1.02	1.02	1.0	1.02	1.0	1.0	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	1.0	1.02	1.02	1.02	1.06	0.94
-740	0.49	0.67	0.64	0.64	0.57	0.56	0.56	0.57	0.57	0.54	0.57	0.56	0.57	0.6	0.56	0.56	0.43	0.31	

**Таблица 3 Коэффициенты поля потока  $\mu$  в поперечном сечении  
 $X=2020$  мм открытого участка рабочей части**

Y мм	Z (мм)																		
	900	800	700	600	500	400	300	200	100	0	-100	-200	-300	-400	-500	-600	-700	-800	-900
760	0.49	0.49	0.49	0.53	0.59	0.56	0.56	0.6	0.65	0.65	0.62	0.64	0.67	0.6	0.5	0.44	0.39	0.31	0.31
660	0.75	0.92	0.92	0.9	0.9	0.77	0.77	0.86	0.94	0.98	0.96	0.96	0.94	0.94	0.86	0.84	0.77	0.75	0.64
560	0.86	1.02	1.02	1.02	0.98	0.94	0.96	1.0	1.0	1.02	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.02	0.98	0.86
460	0.92	1.02	1.0	1.0	0.94	0.94	1.0	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.98	0.86
360	0.92	1.0	1.0	1.0	0.92	0.98	1.0	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
260	0.9	1.0	1.0	1.0	0.94	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.96
160	0.82	1.0	0.98	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.92
60	0.81	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.98	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
-40	0.84	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.98	0.98	0.96	0.96	0.98	0.98	1.0	1.0	0.96	0.96	0.92	0.84
-140	0.94	1.0	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.98	0.98	1.0	1.0	1.02	1.02	1.02	1.02	0.98	0.86
-240	0.94	1.0	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.98	1.0	1.0	1.0	1.02	1.02	1.02	1.02	0.98	0.86
-340	0.98	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.0	1.0	1.0	1.02	1.02	1.04	1.04	1.04	1.04	1.02	0.9
-440	0.98	1.02	1.02	1.02	1.0	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.02	1.04	1.02	1.04	1.04	1.0	0.82
-540	0.92	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	0.94	0.81
-640	0.75	0.92	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.96	0.98	0.96	0.98	0.98	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.59
-740	0.46	0.56	0.56	0.6	0.62	0.59	0.56	0.56	0.59	0.57	0.59	0.53	0.6	0.59	0.59	0.56	0.56	0.53	0.4

**1. Назначение:**

изучение окружающей среды.

**2. Тип:**

замкнутая с одним обратным каналом.

**3. Составные части:** Форкамера, сопло, открытый участок рабочей части, закрытый участок рабочей части, четыре поворотных колена, обратный канал, вентилятор с электроприводом, хонейкомб.

**3.1. Форкамера:**

Ширина	3500 мм,
Высота	3000 мм.

**3.2. Сопло:**

Длина	2000 мм.
Входное сечение:	ширина 3500 мм,

Высота	3000 мм.
Выходное сечение:	ширина 2000 мм,

Высота	1500 мм.
--------	----------

Образующая сопла: по формуле Витошинского.

**3.3. Открытый участок рабочей части:**

форма	прямоугольник,
ширина	2000 мм,
высота	1500 мм,

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

---

---

Длина 3100 мм.

### **3.4. Закрытый участок рабочей части:**

форма	прямоугольник,
ширина	2000 мм,
высота	1500 мм,
длина	14400 мм.

### **3.5. Поворотные колена:**

первое	-	8 поворотных лопаток,
второе	-	10 поворотных лопаток,
третье	-	12 поворотных лопаток,
четвертое	-	20 поворотных лопаток.

**3.6. Обратный канал** - шахта прямоугольного поперечного сечения, расширяющаяся от второго к третьему поворотному колену. На расстоянии 8000 мм от наружной стены второго поворотного колена в обратном канале установлена круглая обечайка диаметром 2620 мм для размещения вентилятора.

### **3.7. Вентилятор изменяемого шага лопастей:**

четырехлопастной, изменяемого шага лопастей, диаметр вентилятора 2600 мм, Электродвигатель АО 102-12-8-6-4, заводской № 160490.

Скорость вращения:

n = 450 об/мин,

n = 750 об/мин,

n = 950 об/мин.

75 кВА.

Мощность

**3.8. Хонейкомб:** металлический, сотовой конструкции.

Форма соты шестиугольник,

диаметр описанной окружности 70 мм.

Глубина хонейкомба 300 мм.

Хонейкомб установлен в обратном канале на расстоянии 4370 мм от плоскости вращения вентилятора.

### **4. Скорость воздушного потока в рабочей части.**

**4.1.** На оси рабочей части на срезе сопла изменяется от 1 м/с до 22 м/с. Изменение скорости обеспечивается путем сочетания угла установки лопастей вентилятора и скорости вращения электродвигателя.

**4.2.** Площадь поперечного сечения ядра потока на расстоянии X=1400 мм от среза сопла равна 84% площади поперечного сечения рабочей части. Скорость потока в пограничном слое на нижней стенке рабочей части изменяется по высоте над стенкой по степенному закону. Толщина пограничного слоя возрастает по длине рабочей части на  $\Delta\delta=22.4$  мм на каждом метре длины.

### **5. Уровень турбулентных пульсаций скорости воздушного потока.**

**5.1.** В открытом участке рабочей части: уровень турбулентности  $\varepsilon=1.8 \%$ .

**5.2.** В закрытом участке рабочей части:

В пограничном слое уровень турбулентности  $\varepsilon$  изменяется от 14...15 % вблизи стенки до 2...5 % на границе пограничного слоя.

---

---

## ЛИТЕРАТУРА

1. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения / Пер. с англ. Б. Е. Маслова, А. В. Швецовой; Под ред. Б. Е. Маслова. - М.: Стройиздат, 1984. - 360 с., ил. - Перевод. изд.: Wind Effects on Structures / E. Simiu, R. Scanlan (1978).
2. Горлин С. М. Экспериментальная аэромеханика. Учебное пособие для ВУЗов. - М.: Высшая школа, 1970. - 423 с. с илл.
3. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра. - М.: Стройиздат, 1978. / Центральный научно-исследовательский ин-т строительных конструкций им. В. А. Кучеренко.
4. Девнин С. И. Аэрогидромеханика плохообтекаемых конструкций: Справочник. - Л.: Судостроение, 1983. - 320 с., ил. (S. I. Dievnin. Aerohydromechanics of poor-streamlined constructions. L., Sudostroenie, 1983, 320 pp.).
5. Кутателадзе С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 367 с.: ил.
6. HUTTE des Ingenieurs Taschenbuch. Herausgegeben von Akademischen Verein HUTTE, E. V. in Berlin. 28. Neubearbeitete Auflage. Theoretische Grundlagen. - Berlin, 1955. - Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn. - mit 1409 Bildern.
7. Fluid - Dynamic Drag. Practical Information on Aerodynamic Drag and Hydrodynamic Resistance by Sighard F. Hoerner, Dr. - Ing. Published by the Autor, 1965.
8. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М. О. Штейнберга. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1992. - 672 с.: ил.
9. СНиП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия / Минстрой России.- М.: ГП ЦПП, 1996. - 44 с.
10. Бирюлин А. П., Бургдорф В. В., Махлин Б. Ю. Ветровые нагрузки воздушных линий / Электрические станции, N 5, М. -Л., Госэнергоиздат, 1976.
11. Солодарь и др. Металлические конструкции вытяжных башен. -Л.: , 1975.
12. Ergebnisse der Aerodynamischen Versuchsanstalt zu Gottingen. (angegliedert dem Kaiser Wilhelm-Institut fur Stromungsforschung) . Herausgegeben von Dr.-Ing. e. h. Dr. phil. L. Prandtl, o. Professor an der Universitat Gottingen, und Dipl. Ing. phil. A. Betz, a. o. Professor an der Universitat Gottingen. III. Lieferung, Munchen und Berlin, 1927. - Druck und Verlag von R. Oldenbourg. - Mit 149 Abbildungen im Text.
13. Графский И. Ю., Казакевич М. И. Аэродинамика плохообтекаемых тел: Учебное пособие. - Днепропетровск: ДГУ, 1983. - 116 с.
14. Исследования по экспериментальной аэrodинамике / Научные труды МГУ им. Ломоносова ;,-под ред. Горлина С. М., N 12, М. - 1971., с. 76.
15. Бирюлин А. П. Аэродинамические характеристики стержней и решетчатых ферм / Труды ВНИИПТМаш, N 11 (53), - М., 1963.

## ЛИТЕРАТУРА

---

---

16. Хохлов В. А. Некоторые особенности проектирования энергетических объектов на Крайнем Севере. Сборник докладов всесоюзного научно-технического совещания "Проблемы энергетики Крайнего Севера". ЯФСО АН СССР. - Якутск, 1975. - с. 136-147.
17. Dutt A. J. Wind pressure distribution on a multiple hyperbolic paraboloid shell roof building. // Space Structures. - 1986/87. - Vol. 2.- N 1. - P. 49-54. (Распределение ветрового давления по поверхности покрытия в виде пересекающихся гиперболических параболоидов (Сингапур)). Экспресс-информация "Строительство и архитектура", сер. 10 "Инженерно-теоретические основы строительства". Вып. 10. М., ВНИИС Госстроя СССР. 1987. - с. 2-4.
18. Axinte Elena, Radu Adrian. Wind tunnel tests concerning a shelter structure damager by storms. // East European Conf. on Wind Engineering (EECWE'94), 4-8 July 1994. Warsaw, Poland. - p. 19-26.
19. Березин М.А. Ветровые нагрузки на подвесные изоляторы./Научные труды ЭНИН им. Кржижановского "Создание конструкций высоковольтных электропередач", Подред. Чунчина В.А.-М.; Изд. ЭНИН, 1982. - с. 96...101.
20. Евтушенко В.А., Чунчина А.А. Подвесные разъединители.- М.: Энергоатомиздат, 1984.-144 с., ил.
21. Березин М. А. Экспериментальные исследования 1980...2002 г.г. аэродинамических характеристик строительных конструкций методом моделирования в специализированной аэrodинамической трубе 3-АТ-17.5/3.



Фирма УНИКОН специализируется в исследованиях, проектировании, поставках и монтаже зданий из металлических конструкций.

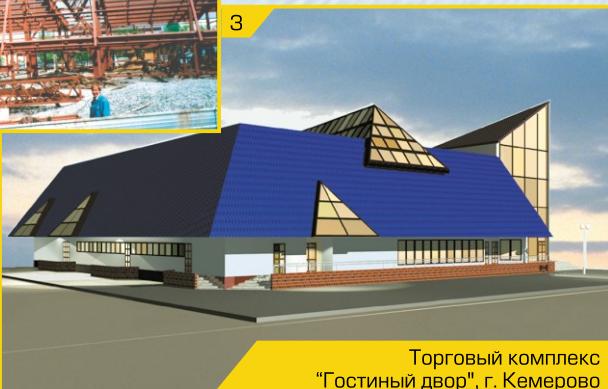
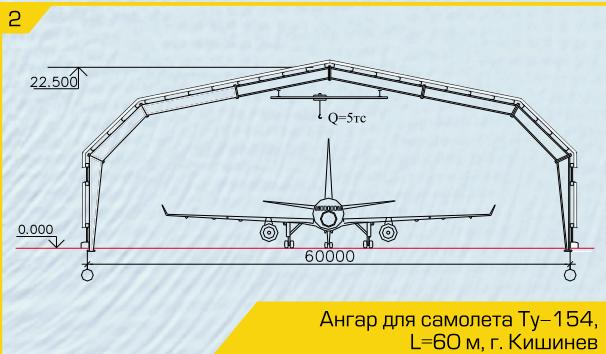
Принципом работы фирмы является точное выполнение требований заказчика, гибкость при назначении параметров здания, низкая материалоемкость и конечная стоимость здания.

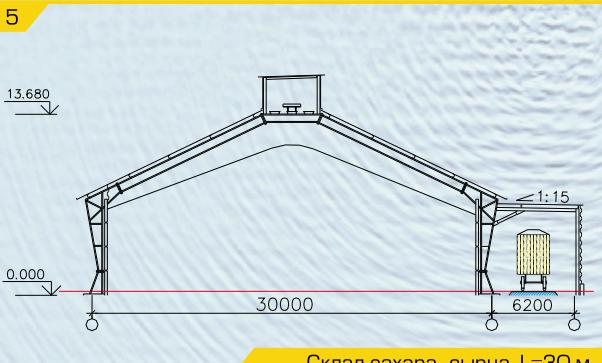
Отличительная черта зданий фирмы УНИКОН – применение несущих каркасов из сварных РАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ. Здания с такими каркасами обладают превосходными экономическими показателями, архитектурной выразительностью, гибкостью объемно-планировочных решений (Рис. 1).

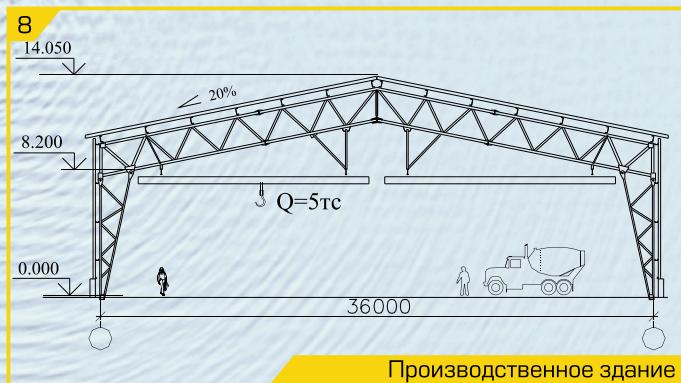


Фирмой УНИКОН были спроектированы и построены более 200 зданий и сооружений общей площадью свыше 1,0 млн. М<sup>2</sup>, в которых использованы рамные конструкции переменного сечения, в т.ч.:

- ангары для самолетов и вертолетов с пролетами от 36 до 72 м (Рис. 2),
- здания соцкультбыта с пролетами до 56 м (Рис. 3 и 4),
- производственные и складские здания с пролетами от 18 до 42 м (Рис. 5),
- сооружения различного назначения, в частности, переходы теплотрассы с пролетами до 65 м в Кемерово (Рис. 6),
- башни для сотовой и радиорелейной связи (Рис. 7).







Производственное здание  
(система УНИТЕК), г. Сургут

Значительный объем работ фирма выполняет по РЕКОНСТРУКЦИИ зданий, увеличению их площади и этажности за счет возведения стальных каркасов вокруг существующих зданий.

Кроме индивидуальных проектов, фирмой разработаны СЕРИЙНЫЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ с различными пролетами, высотами и нагрузками. Из них можно отметить систему РКС, разработанную взамен серии "Канск", а также строительную систему УНИТЕК, конструкции которой выполнены из прямоугольных труб (Рис. 8).

Для обеспечения надежности и экономичности зданий и сооружений фирмой постоянно ведется НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА в области:

- строительных конструкций,
- разработки программных средств для проектирования конструкций,
- аэродинамических исследований зданий и сооружений.

Аэродинамическая труба, которой располагает фирма, является единственной в России, способной решать сложные задачи, связанные со строительством и экологией. Подробную информацию об аэродинамической трубе фирмы УНИКОН можно прочитать на странице 125.

Фирма УНИКОН ПРЕДЛАГАЕТ спектр услуг, который охватывает весь инвестиционный строительный цикл: от ПРОЕКТИРОВАНИЯ до ПОСТАВОК и МОНТАЖА.

Мы готовы работать как самостоятельно, так и в сотрудничестве с проектными и строительными организациями.

Президент фирмы УНИКОН  
В. В. Катюшин

Адрес фирмы: 650620, Россия,  
г. Кемерово, пр. Советский, 60.  
тел./факс: 8-3842-58-23-09  
тел.: 8-3842-58-36-91  
E-mail: unicon\_st@kuzbass.net  
<http://www.uniconst.ru>

# Фирма УНИКОН

## Отдел Архитектурно – Строительной Аэродинамики

Специализированная аэродинамическая труба З-АТ-17.5/3 для исследований аэродинамических характеристик зданий и сооружений в приземном слое атмосферы, а также задач экологии построена и запущена в эксплуатацию в 1970 году.

Параметры трубы (сечение рабочей части 1.5x2м при длине 17.5 м) позволяют проводить широкий спектр аэродинамических исследований, в том числе с учетом пограничного слоя.

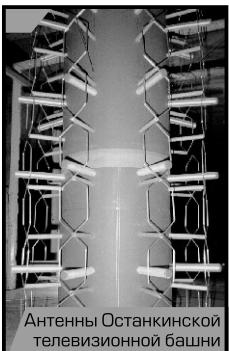
Выбором схемы и строительством трубы руководил зав. лаборатории аэродинамики объектов энергетики Сибирского научно-исследовательского института к. т. н. Хохлов В.А.

Активное участие в проектировании трубы, конструкции формирующих поток устройств принимали ЦАГИ им. Н. Е. Жуковского; Научно-исследовательский институт механики МГУ им. М. В.

Ломоносова, Институт Теоретической и Прикладной Механики (ИТПМ) СО АН СССР. Технический проект разработан новосибирским отделением ВНИИПИИ ТЕПЛОПРОЕКТ.



Элементы церковных зданий



Антенны Останкинской телевизионной башни



Светопрозрачное покрытие  
Старого Гостиного двора в Москве

Аэродинамическая труба З-АТ-17.5/3 активно использовалась при оценке взаимодействия метелей и объектов энергетики Сахалинской области и Камчатки, Казахстана (высоковольтные преобразовательные комплексы, тепловые электростанции, линии электропередачи).

На аэродинамической трубе З-АТ-17.5/3 проведены модельные исследования ветровых нагрузок для конструкций электропередачи 1.15 миллиона вольт новосибирских ТЭЦ №5 и №6, Березовской ГРЭС №1, Экибастузских ГРЭС №2 и №3 и других тепловых электростанций.

В последнее время на трубе выполнены модельные исследования аэродинамических и снеговых нагрузок для широкого ряда зданий и сооружений гражданского назначения, среди них: Гостиный двор (г. Москва); Аквапарк в Лужниках, Останкинская телевизионная башня; стадион и мемориал в Кемеровской области; ангары для обслуживания самолетов ИЛ-96, ТУ-204, а также многоэтажные жилые дома и иные объекты.



Вантовый пешеходный мост  
через р.Искитимку в г.Кемерово



Опора линии эл.передачи  
Ультравысокого напряжения ВЛ 1150 кВольт



