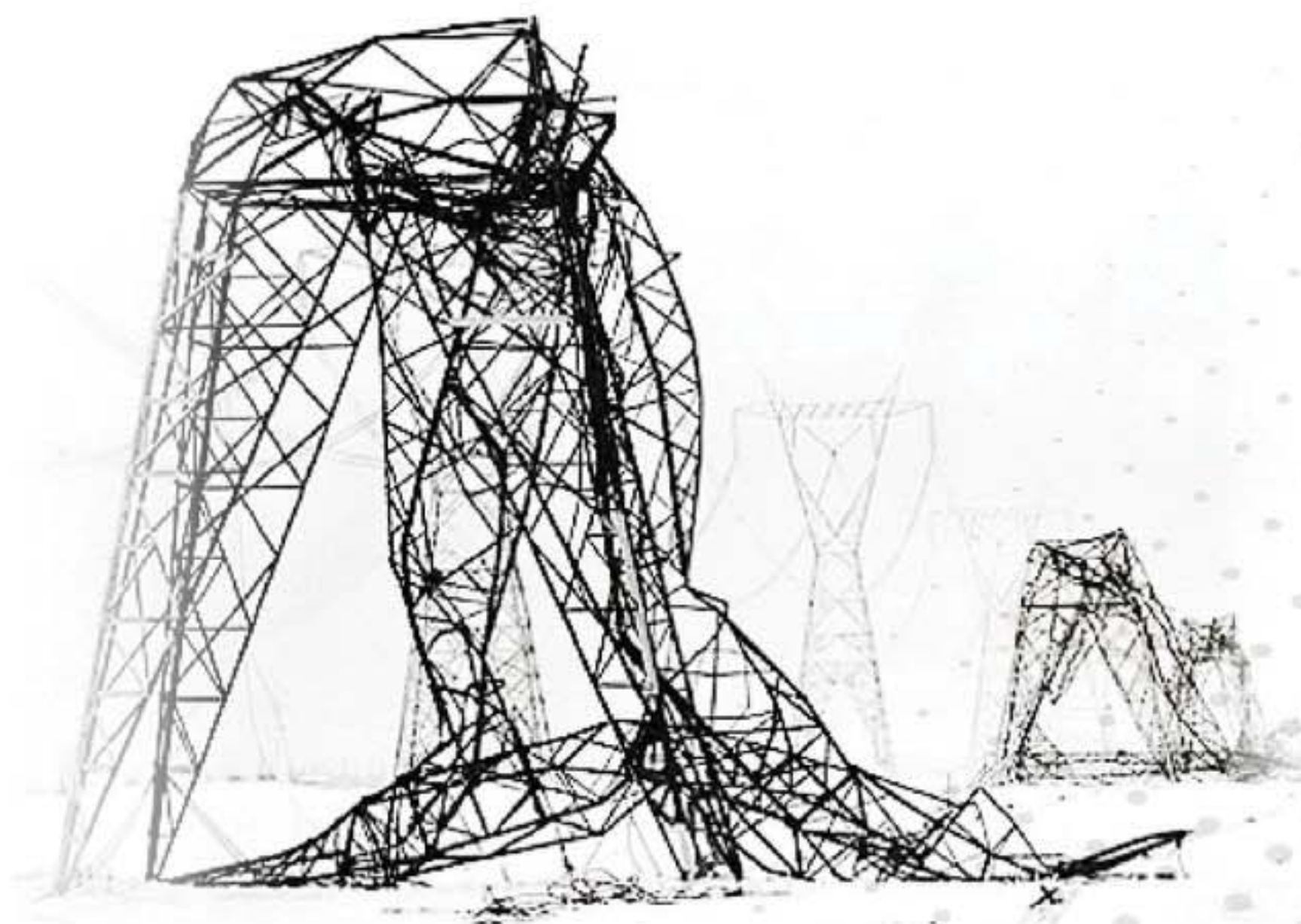




*Под редакцией В. В. Тура, А. Б. Шурина*

# **ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДАНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ЕВРОКОДОВ**



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Под редакцией В. В. Тура, А. Б. Шурина**

**ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДАНИЯ В  
СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ  
ЕВРОКОДОВ**

*Рекомендовано Советом  
Брестского государственного технического университета*

**Брест 2020**

УДК 624.011/.014(035)  
ББК 38.54я 2  
В64

**Рецензенты:**

Директор РУП «Институт БелНИИС»–  
Научно-технический центр, д.т.н., доцент **В. Н. Деркач**  
Главный инженер ОАО «Брестжилпроект» **Н. Л. Морилова**

**В64** **ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДАНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С  
ТРЕБОВАНИЯМИ ЕВРОКОДОВ / В.В. Тур [и др.] ; под ред.  
В.В. Тура, А.Б. Шурина. – Брест: Издательство БрГТУ, 2020. – 81 с.**  
**ISBN 978-985-493-486-0**

Настоящее пособие разработано специалистами Брестского государственного технического университета в соответствии с требованиями Европейских стандартов (ЕВРОКОДОВ), действующих на территории Республики Беларусь по состоянию на 01 февраля 2020 года.

Пособие предназначено для использования студентами при выполнении курсового и дипломного проектирования по дисциплинам «Металлические конструкции», «Железобетонные и каменные конструкции» и «Конструкции из дерева и пластмасс», а также проектировщиками и научными работниками, занимающимися проектированием и обследованием конструкций зданий и сооружений.

УДК 624.011/.014(035)  
ББК 38.5 я 2

ISBN 978-985-493-486-0

© Коллектив авторов, 2020  
© Издательство БрГТУ, 2020

# Оглавление

	<u>Стр.</u>
<b>Введение</b>	4
<b>Термины и определения</b>	6
<b>Обозначения</b>	8
<b>Глава 1. Основы проектирования строительных конструкций</b>	9
1.1 Основные требования	9
1.2 Принципы проверок предельных состояний	9
1.3 Свойства материалов и изделий	10
1.4 Воздействия на строительные конструкции	10
1.4.1 Собственный вес	14
1.4.2 Функциональные нагрузки	15
1.4.3 Снеговые нагрузки	18
1.4.4 Ветровые воздействия	22
1.5 Предельные состояния эксплуатационной пригодности	33
<b>Глава 2. Примеры подсчёта нагрузок на здания</b>	35
2.1 Пример подсчёта нагрузок на одноэтажное производственное здание	35
2.1.1 Исходные данные	35
2.1.2 Определение нагрузок на раму	36
2.1.2.1 Постоянная нагрузка	36
2.1.2.2 Снеговая нагрузка	36
2.1.2.3 Ветровая нагрузка	38
2.1.3 Коэффициенты сочетаний расчетных усилий	47
2.1.3.1 Предельные состояния несущей способности	47
2.1.3.2 Предельные состояния эксплуатационной пригодности	48
2.2 Пример подсчёта нагрузок на арочное сельскохозяйственное здание	49
2.2.1 Исходные данные	49
2.2.2 Определение нагрузок на арку	49
2.2.2.1 Постоянная нагрузка	49
2.2.2.2 Снеговая нагрузка	49
2.2.2.3 Ветровая нагрузка	54
2.2.3 Коэффициенты сочетаний расчетных усилий	60
2.2.3.1 Предельные состояния несущей способности	60
2.2.3.2 Предельные состояния эксплуатационной пригодности	63
2.3 Пример подсчёта нагрузок на двухпролётное сельскохозяйственное здание	64
2.3.1 Исходные данные	64
2.3.2 Определение нагрузок на раму	64
2.3.2.1 Постоянная нагрузка	64
2.3.2.2 Снеговая нагрузка	66
2.3.2.3 Ветровая нагрузка	67
2.3.3 Коэффициенты сочетаний расчетных усилий	76
2.3.3.1 Предельные состояния несущей способности	76
2.3.3.2 Предельные состояния эксплуатационной пригодности	77
<b>Приложение А</b> Дополнительные схемы распределения снеговых нагрузок (рекомендуемое)	78
<b>Список использованных источников</b>	79

## Введение

В соответствии с приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 10.12.2014 № 340 с 1 июля 2015 года проектирование зданий и сооружений на территории Республики Беларусь осуществляется в соответствии с Техническими кодексами установившейся практики (ТКП EN), разработанными на основе европейских стандартов. Европейские стандарты ТКП EN 1990 «Основы проектирования несущих конструкций» и ТКП EN 1991 «Воздействия на конструкции» приняты за основу настоящего Пособия, разработанного в соответствии с техническими требованиями по состоянию на 1 февраля 2020 года специалистами Брестского государственного технического университета.

Еврокоды – это европейские технические стандарты для проектирования зданий и сооружений гражданского назначения, разрабатываемые Европейской организацией по стандартизации (European Committee for Standardisation) на протяжении последних 30 лет, в их состав которых входят требования к строительным объектам всех типов конструктивных систем. Согласно ТКП EN 1990 [5], конструкции следует проектировать и изготавливать таким образом, чтобы они в течение предусмотренного срока эксплуатации с требуемым уровнем надежности и без необоснованных экономических затрат воспринимали все нагрузки и воздействия, появление которых имеет наибольшую вероятность, при этом бы полностью сохраняли свою пригодность к нормальной эксплуатации в соответствии с функциональным назначением. Решение данной задачи требует от проектировщика адекватного комплексного учета различных нагрузок и воздействий на конструкцию.

Еврокоды имеют статус добровольного применения, однако стандарты не могут применяться напрямую – в соответствии с принятым регламентом введения европейских норм в качестве национальных технических нормативно-правовых актов предполагается, что каждое государство-участник процесса составляет к идентичному тексту перевод (ITD) Еврокода Национальное приложение (NA), в котором приводятся значения национально установленных параметров (National Determined Parameters – NDP), выбор которых допускают соответствующие разделы базового текста европейских норм. На первоначальных этапах введения Еврокодов большинство стран (включая Республику Беларусь) принимали рекомендуемые значения национально установленных параметров. Однако следует отметить, что рекомендуемые значения являются усредненными и могут приводить к неэкономичным решениям. Так, применительно к рассматриваемым в пособии частям ТКП EN 1991 Еврокод 1, следует применять национальные параметры по 24 пунктам при составлении приложения к ТКП EN 1991-1-3 [7] и по 54 пунктам соответственно при составлении Национального приложения к ТКП EN 1991-1-4 [8]. В соответствии с действующими в строительстве ТНПА, при проектировании зданий и сооружений выполнение расчета строительных конструкций на климатические воздействия является обязательным, верные интерпретация и учет карт районирования и базовых характеристических значений воздействий применительно к географическим и климатическим территориальным условиям государства являются «актуальной» задачей обеспечения безопасности в условиях экономической оптимизации.



В частности, механическая идеализация ветрового воздействия (аэродинамической нагрузки) на здания или сооружения в соответствии с ТКП EN 1991-1-4 [8] может быть представлена нагрузкой, уравновешенной внутренними силами упругости, вязкого сопротивления и инерционными силами. При этом внутренняя сила упругости может быть рассмотрена как эквивалентная статическая нагрузка, вызывающая такую же реакцию сооружения, как от порывистого ветра, однако не требующая при проектировании здания уточненных динамических параметров. Идеализация, устанавливающая в качестве нормируемого параметра значение скорости ветра, позволяет учесть действительную работу различных конструктивных элементов от ветровых воздействий.

Квазистатическая модель определения ветровых нагрузок, реализованная в рамках данного подхода, базируется на определении пикового значения скоростного напора, включающего средние и пульсационные изменения скорости ветра. Мультипликативная модель, положенная в основу применения квазистатического подхода, предполагает также учет значений конструкционного коэффициента от параметров расчетной поверхности для основных строительных материалов конструктивных элементов зданий и типов местности, величин сезонного коэффициента и коэффициента, учитывающего направление ветра, которые относятся к основным национально устанавливаемым параметрам к ТКП EN 1991-1-4-2009 [8].

Настоящее пособие разработано специалистами Брестского государственного технического университета в соответствии требованиями Европейских стандартов (ЕВРОКОДОВ).

Пособие предназначено для использования студентами при выполнении курсового и дипломного проектирования по дисциплинам «Металлические конструкции», «Железобетонные и каменные конструкции» и «Конструкции из дерева и пластмасс», а также проектировщиками и научными работниками, занимающимися проектированием и обследованием конструкций зданий и сооружений.

Пособие состоит из двух частей. Первая часть посвящена основам проектирования строительных конструкций в соответствии с требованиями ТКП EN 1990 [5] и содержит основные принципы проверок предельных состояний, значения функциональных нагрузок на перекрытия, снеговых и ветровых воздействий.

Во второй части приведены примеры подсчета нагрузок на одноэтажное производственное здание, на однопролетное арочное и двухпролетное сельскохозяйственные здания.

## Термины и определения

В настоящем пособии применяются термины и определения:

**воздействие F** (action): а) Совокупность сил (нагрузок), приложенных к конструкции (прямое воздействие); б) совокупность вынужденных деформаций или ускорений, вызванных, например, изменениями температуры и влажности, неравномерной осадкой опор или землетрясениями (косвенное воздействие) [5].

**эффект воздействия E** (effect of action): Результат воздействия(-ий) на элементы конструкции (например, внутреннее усилие, момент, напряжение, деформация) или на конструкцию в целом (например, прогиб, поворот) [5].

**постоянное воздействие G** (permanent action): Воздействие, вероятность в течение заданного базового периода времени и величина которого изменяются во времени незначительно по сравнению со средним значением или изменения которого всегда происходят в одном и том же направлении (монотонно) до достижения некоторого граничного значения [5].

**переменное воздействие Q** (variable action): Воздействие, для которого отклонения во времени от среднего значения значительны и не являются монотонными [5].

**особое воздействие A** (accidental action): Значительное по величине, но непродолжительное воздействие, которое является маловероятным в течение проектного срока эксплуатации для данной конструкции [5].

*Примечание 1* — Особое воздействие во многих случаях может привести к значительным последствиям, если не будут приняты соответствующие меры.

*Примечание 2* — Ударное, снеговое, ветровое и сейсмическое воздействия могут рассматриваться как переменные или как особые воздействия, в зависимости от имеющейся информации об их статическом распределении.

**характеристическое значение воздействия  $F_k$**  (characteristic value of an action): Основное репрезентативное значение воздействия [5].

*Примечание* — Если характеристическое значение может быть установлено на основе статистических данных, его следует устанавливать таким образом, чтобы оно соответствовало заданной вероятности непревышения с неблагоприятной точки зрения своего значения в течение базового периода с учетом проектного срока эксплуатации конструкции и продолжительности расчетной ситуации.

**комбинационное значение переменного воздействия  $\psi_0 Q_k$**  (combination value of a variable action): Значение, выбранное на основе статистических данных так, что вероятность превышения эффектов от сочетания воздействий будет приблизительно такой же, как и вероятность превышения характеристического значения отдельного воздействия. Значение может быть выражено как определенная часть характеристического значения при использовании коэффициента  $\psi_0 \leq 1$  [5].

**частое значение переменного воздействия  $\psi_1 Q_k$**  (frequent value of a variable action): Значение, установленное на основе статистических данных так, что или общее время в пределах базового периода, в течение которого оно превышает, является только малой заданной частью базового периода, или частота его превышения ограничивается заранее заданным значением. Значение может быть выражено как определенная часть характеристического значения с использованием коэффициента  $\psi_1 \leq 1$  [5].

**практически постоянное значение переменного воздействия  $\psi_2 Q_k$**  (quasi-permanent value of a variable action): Значение, установленное таким образом, чтобы суммарный период времени, в течение которого оно будет превышено, составлял значительную часть базового периода. Значение может быть выражено как определенная часть характеристического значения с использованием коэффициента  $\psi_2 \leq 1$  [5].

**сопутствующее значение переменного воздействия  $\psi Q_k$**  (accompanying value of a variable action): Значение переменного воздействия, которое рассматривается в одном сочетании с доминирующим воздействием.

*Примечание* — Сопутствующим значением переменного воздействия может быть комбинационное, частое или практически постоянное значение.

**репрезентативное значение воздействия  $F_{rep}$**  (representative value of an action): Значение, принимаемое для проверки предельного состояния; может быть характеристическим  $F_k$  или сопутствующим  $\psi F_k$  [5].

**расчетное значение воздействия  $F_d$**  (design value of an action): Значение, полученное в результате умножения репрезентативного значения на частный коэффициент  $\gamma_f$  [5].

*Примечание* — Результат умножения репрезентативного значения на частный коэффициент  $\gamma_F = \gamma_{sd}\gamma_f$  также можно рассматривать как расчетное значение воздействия (6.3.2) [5].

**сочетание воздействий** (combination of actions): Совокупность расчетных значений, используемых при проверке надежности конструкции, когда в рассматриваемом предельном состоянии различные воздействия действуют одновременно [5].

**характеристическое (нормативное) значение снеговой нагрузки на грунт** (characteristic value of snow load on the ground): Снеговая нагрузка на грунт, определенная с годовой вероятностью превышения 0,02, за исключением чрезвычайных снеговых нагрузок [7].

**характеристическое (нормативное) значение снеговой нагрузки на покрытие (кровлю)** (characteristic value of snow load on the roof): Характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт, умноженное на соответствующие коэффициенты [7].

*Примечание* — Эти коэффициенты следует назначать таким образом, чтобы вероятность появления рассчитанной нагрузки от снега на покрытие (кровлю) не превышала вероятности появления характеристических значений снеговой нагрузки на грунте.

**коэффициент формы снеговой нагрузки на покрытии** (roof snow load shape coefficient): Отношение снеговой нагрузки на покрытии к снеговой нагрузке без заносов на грунте, определенное без учета влияния окружающей среды и температуры [7].

**температурный коэффициент** (thermal coefficient): Коэффициент, определяющий уменьшение снеговой нагрузки на покрытии в зависимости от теплового потока через покрытие, вызывающего таяние снега [7].

**коэффициент окружающей среды** (exposure coefficient): Коэффициент, определяющий уменьшение или увеличение нагрузки на покрытие неотапливаемого здания как части характеристической снеговой нагрузки на грунт [7].

**основное значение базовой скорости ветра** (fundamental basic wind velocity): Скорость ветра на уровне 10 м над поверхностью земли для открытого типа местности с учетом высоты над уровнем моря (если требуется), соответствующая 10-минутному интервалу осреднения независимо от направления ветра, с вероятностью превышения 0.02 [8].

**базовое значение скорости ветра** (basic wind velocity): Приведенное основное значение базовой скорости ветра с учетом направления ветра и сезонности [8].

**средняя скорость ветра** (mean wind velocity): Базовое значение скорости ветра, приведенное с учетом показателей шероховатости местности и орографии [8].



## Обозначения

В настоящем пособии применяются следующие обозначения:

- $A$  – особое воздействие;
- $A_d$  – расчетное значение особого воздействия
- $F$  – воздействие;
- $F_d$  – расчетное значение воздействия;
- $F_k$  – нормативное значение воздействия;
- $F_w$  – ветровое воздействие (общее обозначение);
- $F_{wk}$  – характеристическое значение ветрового воздействия;
- $G$  – постоянное воздействие;
- $G_d$  – расчетное значение постоянного воздействия;
- $G_k$  – характеристическое значение постоянного воздействия;
- $P$  – определяющее репрезентативное значение усилия предварительного напряжения (см. EN 1992 – EN 1996 и EN 1998 – EN 1999);
- $Q$  – временное воздействие;
- $Q_d$  – расчетное значение временного воздействия;
- $Q_k$  – характеристическое значение отдельного временного воздействия;
- $\gamma$  – частный коэффициент (безопасности или эксплуатационной пригодности);
- $\gamma_{df}$  – предельное значение ускорения колебаний пролетных строений моста для непосредственно закрепленного пути;
- $\gamma_{Gset}$  – частный коэффициент для постоянных воздействий, связанных с осадкой, учитывающий также неопределенности модели;
- $\gamma_F$  – частный коэффициент для воздействий, учитывающий неопределенность расчетной модели и отклонения от заданных размеров;
- $\gamma_G$  – частный коэффициент для постоянных воздействий, учитывающий неопределенность расчетной модели и отклонения от заданных размеров;
- $\gamma_m$  – частный коэффициент для характеристики свойства материала;
- $\gamma_M$  – частный коэффициент для характеристики свойства материала, учитывающий неопределенность расчетной модели и отклонения от заданных размеров;
- $\gamma_q$  – частный коэффициент для переменных воздействий, учитывающий возможность неблагоприятных отклонений значений воздействий от репрезентативных значений;
- $\gamma_Q$  – частный коэффициент для переменных воздействий, учитывающий неопределенность расчетной модели и отклонения от заданных размеров;
- $\gamma_{Q,i}$  – частный коэффициент для переменного воздействия  $i$ ;
- $\gamma_{Rd}$  – частный коэффициент, учитывающий неопределенность расчетной модели сопротивления;
- $\gamma_{Sd}$  – частный коэффициент, учитывающий неопределенность расчетной модели воздействия и/или эффекта воздействия;
- $\psi_0$  – коэффициент, учитывающий комбинационное значение переменного воздействия;
- $\psi_1$  – коэффициент, учитывающий частоту повторения переменного воздействия;
- $\psi_2$  – коэффициент, учитывающий практически постоянное значение переменного воздействия.

# Глава 1. Основы проектирования строительных конструкций

## 1.1 Основные требования

(1) Конструкции следует проектировать и изготавливать таким образом, чтобы они в течение предусмотренного срока эксплуатации с требуемым уровнем надежности и без необоснованных экономических затрат (п. 2.1(1)Р [5]):

- а) воспринимали все воздействия и влияния, появление которых, по всей вероятности, следует ожидать в процессе возведения и эксплуатации;
- б) удовлетворяли установленным требованиям эксплуатационной пригодности конструкции или элемента конструкции.

(2) Конструкции следует проектировать так, чтобы были обеспечены необходимые (п. 2.1(2)Р [5]):

- а) несущая способность;
- б) эксплуатационная пригодность;
- с) долговечность.

(3) Конструкции следует проектировать и возводить таким образом, чтобы при наступлении таких событий, как:

- а) взрыв;
- б) удар;
- с) последствия совершенных человеком ошибок,

они не получали повреждений, размеры которых будут непропорционально большими по отношению к начальной причине (п. 2.1(4)Р [5]).

(4) Следует устанавливать проектный срок эксплуатации конструкции (п. 2.3(1) [5]).

Таблица 1.1 (т. 2.1 (ВУ) [5]) – Ориентировочный проектный срок эксплуатации

Категория расчетного срока эксплуатации	Ориентировочный срок эксплуатации, лет	Примеры
1	10	Временные сооружения, имеющие ограниченный срок эксплуатации <sup>1)</sup>
2	10–25	Заменяемые элементы конструкций зданий и сооружений, например, подкрановые балки, опоры
3	15–30	Сельскохозяйственные и подобные им конструкции
4	50	Конструкции зданий и прочие сооружения массового строительства в обычных условиях эксплуатации, за исключением отнесенных в настоящей таблице к другим категориям
5	100	Конструкции монументальных и уникальных зданий, мосты и другие инженерные сооружения, выполненные из долговечных строительных материалов

<sup>1)</sup> Конструкции или части конструкций, демонтируемые с целью повторного применения, не рассматриваются как временные.

## 1.2 Принципы проверок предельных состояний

(1) Различают предельные состояния несущей способности и эксплуатационной пригодности (п. 3.1(1)Р [5]).

(2) Проверку предельных состояний следует относить к расчетным ситуациям (п. 3.1(3)Р [5]).

(3) Расчетные ситуации классифицируются следующим образом:

- а) постоянные расчетные ситуации, относящиеся к обычным условиям эксплуатации;

## Окончание таблицы 1.5

Строительные материалы	Объемный вес $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>
<b>Фанера</b> из древесины мягкой породы	5,0
Фанера из березы	7,0
Ламинат и столярные плиты	4,5
<b>Древесностружечные плиты</b> плоские	От 7,0 до 8,0
Цементностружечные плиты	12,0
С ориентированными волокнами OSB, слоистые	7,0
<b>Древесноволокнистые плиты</b>	
Древесноволокнистая плита, стандартная и упрочненная	10,0
Полутвёрдая (средней плотности)	8,0
Мягкие	4,0
<b>Другие материалы</b>	
Алюминий	27,0
Сталь	78,5
Стекло листовое	25,0
Полистирол вспененный и гранулированный	0,3
Шифер	28

### 1.4.2 Функциональные нагрузки

(1) Функциональные нагрузки следует классифицировать как переменные свободные (нестационарные) воздействия, если другое не установлено, см. EN 1990 (1.5.3 и 4.1.1) [5].

(2) При учете функциональных нагрузок, площади в жилых, общественных, коммерческих и административных зданиях должны быть разделены на категории в соответствии со спецификой их использования.

Таблица 1.6 (т. НП 6.1 [6]) – Категории использования

Категория	Функциональное использование	Примеры
1	2	3
А	Жилые площади	А1: Квартиры жилых зданий; спальня помещения дошкольных учреждений и школ-интернатов; жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц; спальни, палаты и приемные покои больниц и санаториев, кухни и туалеты. А2: Вестибюли, фойе, коридоры, лестницы (с относящимися к ним проходами), примыкающие к помещениям, указанным в позиции А1.
В	Офисные площади, площади в бытовых и технических помещениях	В1: Служебные помещения административного, инженерно-технического, научного персонала, организаций и учреждений; бытовые помещения (гардеробные, душевые, умывальные, туалеты) промышленных предприятий и общественных зданий. В2: Кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения, лаборатории образовательных учреждений, научные лаборатории; кухни общественных зданий; помещения учреждений бытового обслуживания населения (парикмахерские, ателье и т. п.).

### 1.4.3 Снеговые нагрузки

(1) Для постоянных/переходных расчетных ситуаций характеристические значения снеговых нагрузок на покрытия следует определять по формуле (п. 5.2(3)Р [7]):

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k, \quad (1.3)$$

где  $\mu_i$  – коэффициент формы снеговых нагрузок (см. п.1.4.3(4), таблица 1.11);  
 $s_k$  – характеристическое значение снеговых нагрузок на грунт (таблица 1.10);  
 $C_e$  – коэффициент окружающей среды (см. п.1.4.3(2), таблица 1.9);  
 $C_t$  – температурный коэффициент (см. п.1.4.3(3)).

(2) Значения коэффициента  $C_e$  для различных условий местности.

Таблица 1.9 (т. НП.3 [7])

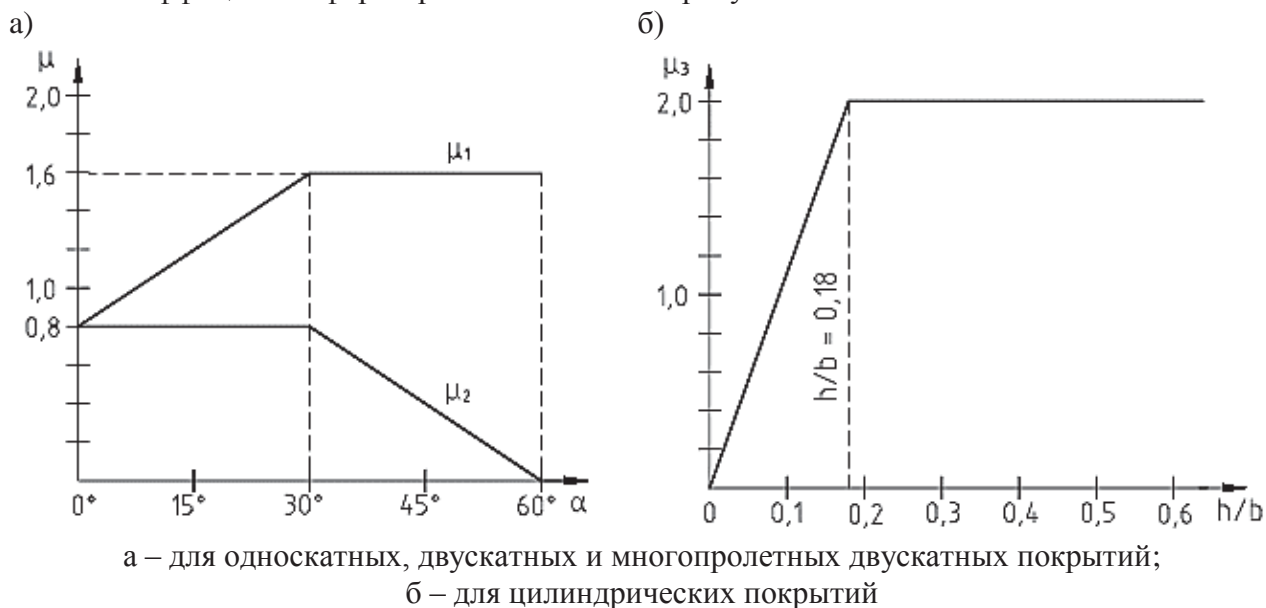
Условия местности	$C_e$
<b>Не защищенные от ветра:</b> плоские, открытые со всех сторон территории или поверхности, которые незначительно защищены, а также высокие здания или деревья	0,8*
<b>Обычные:</b> территории, на которых не наблюдается существенного перемещения по покрытию сооружения снега при действии ветра, а также с других зданий, сооружений или деревьев	1,0
<b>Закрытые:</b> территории, на которых рассматриваемые сооружения значительно ниже окружающей местности, или конструкции, окруженные высокими деревьями и/или другими высокими сооружениями	1,0

\* Для покрытий с наименьшим горизонтальным размером более чем 50 м коэффициент  $C_e = 1,0$ .

(3) Значение коэффициента  $C_t$  допускается снижать на основании более точных исследований в случае незначительной тепловой изоляции конструкции покрытия. При определении снеговых нагрузок для неутепленных покрытий цехов с повышенными тепловыделениями при уклонах кровли свыше 3% и обеспечении надлежащего отвода талой воды допускается вводить понижающий коэффициент  $C_t = 0,8$ . В остальных случаях  $C_t = 1,0$ . При этом нагрузка  $s_k$  должна составлять минимум 0,5 кПа (п. 5.2(8) [7]).

(4) Особое внимание следует придавать коэффициентам формы для снеговых нагрузок в случаях, когда внешняя геометрия кровли способствует существенному увеличению снеговой нагрузки по сравнению с прямолинейной формой (п. 5.3.1(2) [7]).

Коэффициенты форм кровли показаны на рисунке 1.1.



а – для односкатных, двускатных и многоскатных двускатных покрытий;  
 б – для цилиндрических покрытий

Рисунок 1.1 (рис. 5.1 и 5.5 [7]) – Коэффициенты формы снеговых нагрузок

## Глава 2 Примеры подсчёта нагрузок на здания

### 2.1 Пример подсчёта нагрузок на одноэтажное производственное здание

#### 2.1.1 Исходные данные

Выполнить подсчет нагрузок на стальной каркас одноэтажного однопролетного производственного здания при исходных данных, приведенных в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Исходные данные

Класс последствий отказа здания (таблица 1.3)	СС2
Класс надежности здания (таблица 1.2В)	RC2, $k_{FI} = 1,0$
Пролет здания $L$ , м	30
Длина здания, м	108
Шаг колонн $B$ , м	6
Площадка строительства	г. Береза
Отметка планировки над уровнем моря $A$ , м	+153,32
Условие местности (таблица 1.9)	Обычные
Тип местности (таблица 1.13)	II

Схема поперечной рамы показана на рисунке 2.1.

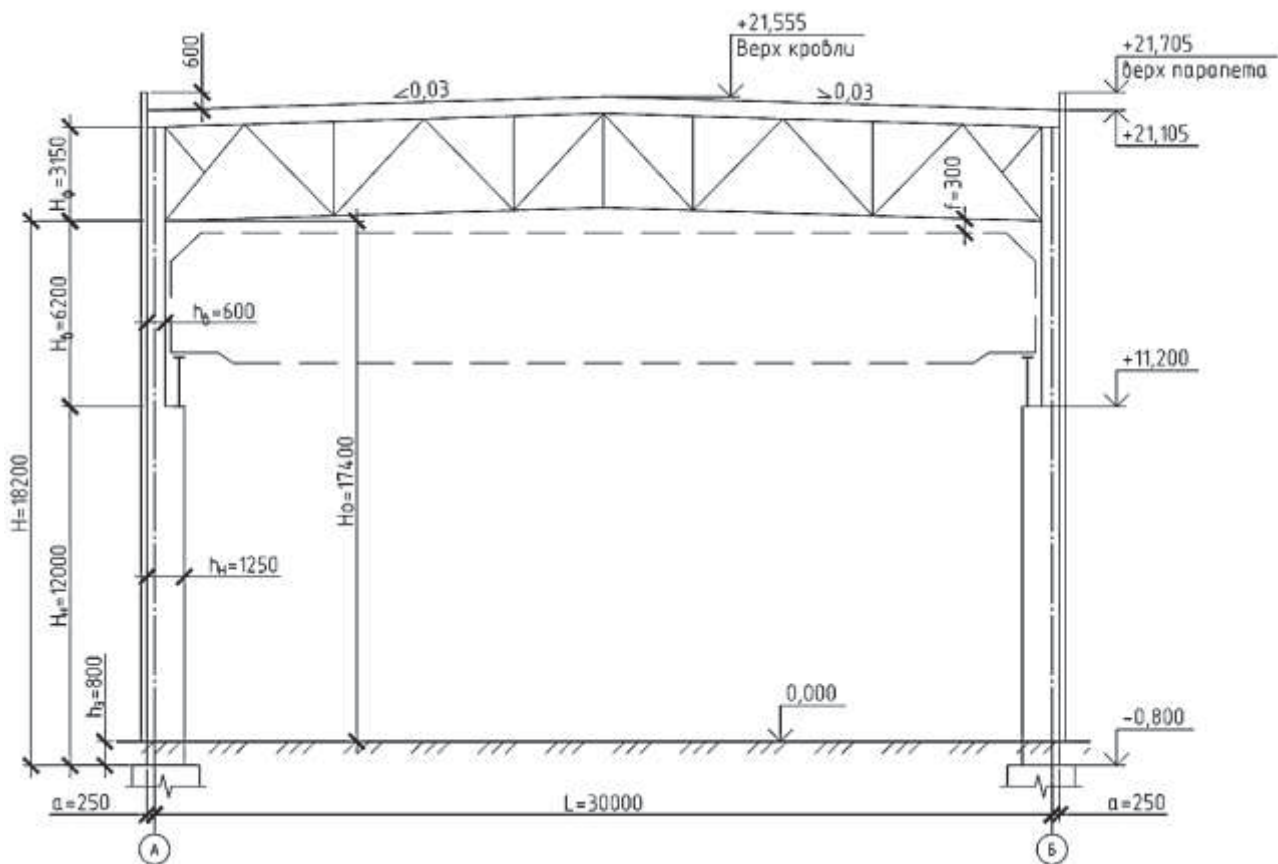


Рисунок 2.1 – Схема поперечной рамы



где  $c_o(z) = 1,0$ , т. к. средний уклон местности с наветренной стороны менее  $3^\circ$ .

Интенсивность турбулентности

$$I_v(21,555) = \frac{k_i}{c_o(21,555) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(21,555/0,05)} = 0,1648,$$

при  $z_{\min} = 5 \text{ м} \leq z = 21,555 \text{ м} \leq z_{\max} = 200 \text{ м}$ .

Пиковое значение скоростного напора  $q_p(z)$  по формуле

$$q_p(21,555) = [1 + 7I_v(21,555)] \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot v_m^2(21,555) =$$

$$= [1 + 7 \cdot 0,1648] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 19,14^2 = 493 \text{ Н / м}^2 = 0,493 \text{ кПа}.$$

Для наветренных стен прямоугольных в плане зданий наружные давления по высоте здания допускается устанавливать дифференцированно согласно рисунку 1.8. Т. к.  $h = 21,555 \text{ м} < b = 30 \text{ м}$  (рисунок 2.5) значение  $q_b(z_e)$  в зоне D одинаково по всей высоте стены.

Значение аэродинамического коэффициента внешнего давления для вертикальных стен прямоугольных в плане зданий  $c_{pe}$ , определяется по таблице 1.15.

Таблица 2.5 – Значение коэффициента  $c_{pe,10}$  для вертикальных стен

$h/d$	зона D	зона E
$h/d = 21,555/30,9 = 0,697$	$c_{pe,10} = +0,76$	$c_{pe,10} = -0,5$

Параметр  $e = \min(b; 2h) = \min(108; 2 \cdot 21,555) = 43,11 \text{ м}$ .

Распределение давления для плоских покрытий (имеющих уклон менее  $5^\circ$ ) в соответствии с таблицей 1.15, а также значения аэродинамических коэффициентов внешнего давления для рассматриваемой поперечной рамы промышленного здания представлены на рисунке 2.6 и рисунке 2.7 соответственно.

Базовую высоту применяем равной  $z_e = h = 21,555 \text{ м}$ .

При параметре  $e = \min(b, 2h) = 43,11 \text{ м}$  значение коэффициента  $c_{pe,10}$  определяется по таблице 1.15.

Таблица 2.6 – Значение коэффициента  $c_{pe,10}$  для покрытия здания

зона F	зона G	зона H	зона I
$c_{pe,10} = -1,8$	$c_{pe,10} = -1,2$	$c_{pe,10} = -0,7$	$c_{pe,10} = -0,2, c_{pe,10} = +0,2$

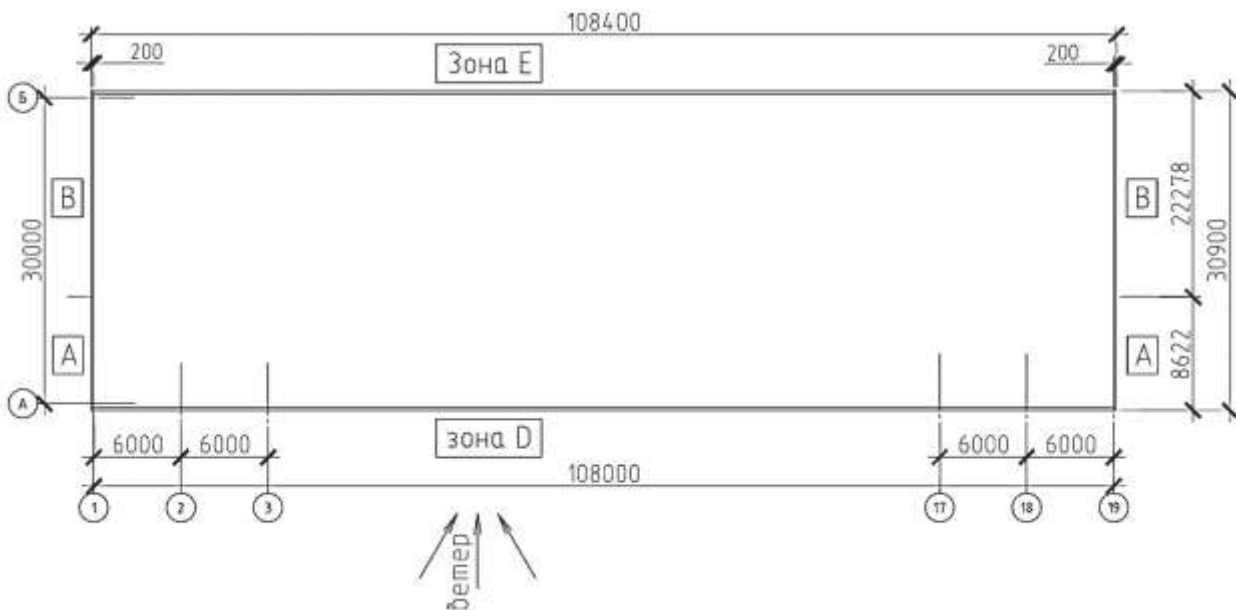
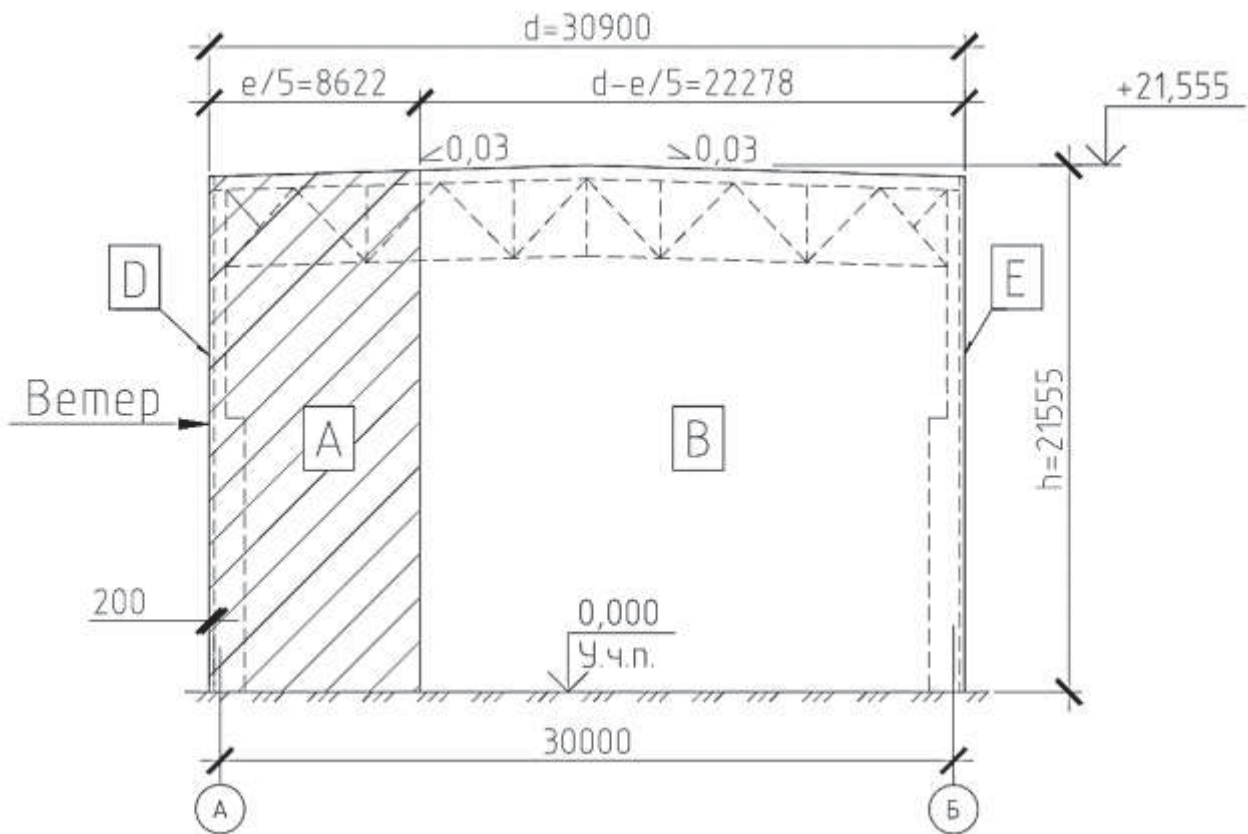


Рисунок 2.4 – Распределение ветрового давления на вертикальные стены



для зоны А  $c_{pe,10} = -1,2$ ; для зоны В  $c_{pe,10} = -0,8$

Рисунок 2.5 – Распределение ветрового давления на боковые вертикальные стены

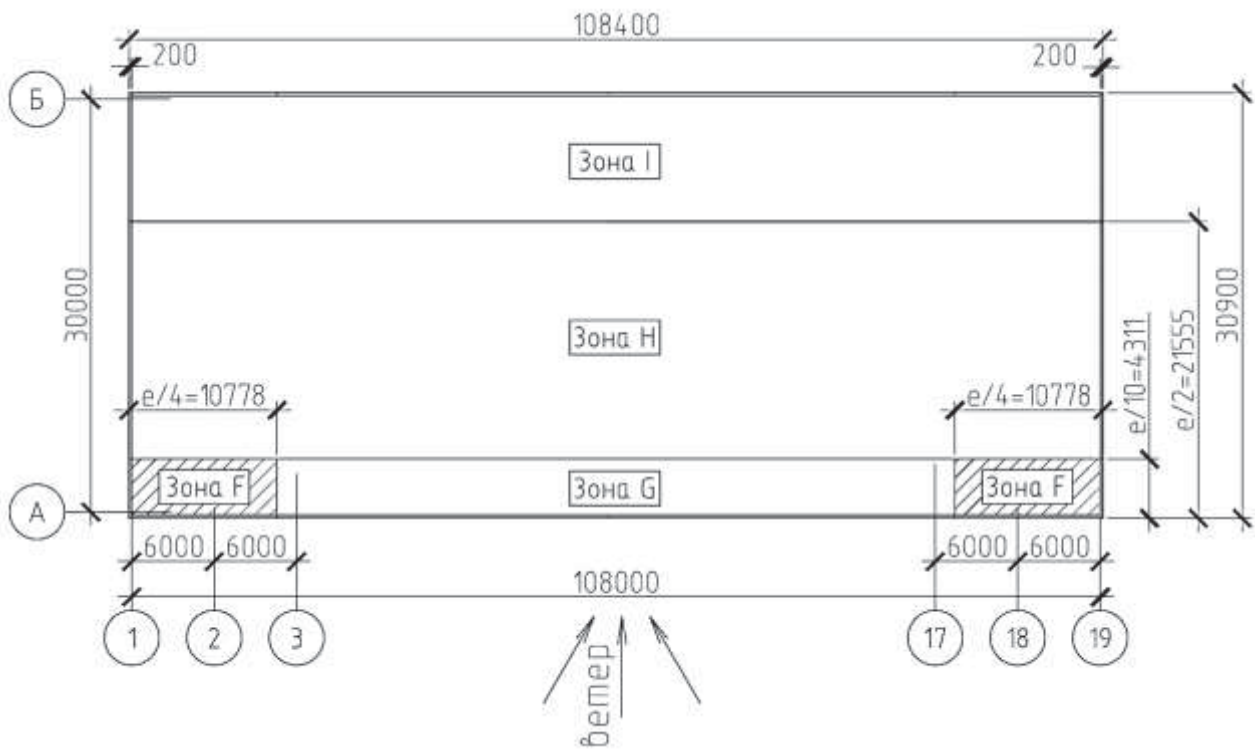


Рисунок 2.6 – Зоны распределение ветрового давления на покрытие здания

## 2.2 Пример подсчёта нагрузок на арочное сельскохозяйственное здание

### 2.2.1 Исходные данные

Выполнить подсчет нагрузок на стальной каркас арочного сельскохозяйственного здания при исходных данных, приведенных в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Исходные данные

Класс последствий отказа здания (таблица 1.3)	СС1
Класс надежности здания (таблица 1.2В)	RC1, $k_{FI} = 0,9$
Пролет арки в осях $L$ , м	17,6
Длина здания, м	45
Шаг арок $B$ , м	3
Площадка строительства	г. Пинск
Отметка планировки над уровнем моря $A$ , м	+145,0
Условие местности (таблица 1.9)	Обычные
Тип местности (таблица 1.13)	II

Схема арки показана на рисунке 2.10.

### 2.2.2 Определение нагрузок на арку

#### 2.2.2.1 Постоянная нагрузка

Нагрузки на  $1 \text{ м}^2$  кровли представлены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Поверхностная распределенная нагрузка от кровли здания

№ п/п	Состав покрытия	Характеристическое значение $g_k$ , кПа	Частный коэффициент $\gamma_G$	Расчетное значение $g_d$ , кПа
1	Стальной профилированный настил С15-1000-0.7 ГОСТ 24045	0,074	1,2	0,089
2	Минеральная вата $\gamma = 1,5 \text{ кН/м}^3$ , $t = 100 \text{ мм}$	0,15	1,35	0,203
3	Стальной профилированный настил С15-1000-0.7 ГОСТ 24045	0,074		0,1
4	Деревянные прогоны $\gamma = 5 \text{ кН/м}^3$ , 70x100, шаг 630 мм	0,056		0,076
	<b>Итого:</b>	<b>0,354</b>	–	<b>0,468</b>

Собственный вес металлоконструкций учитывается при статическом расчете автоматически с  $\gamma_G = 1,2$ .

Расчетная погонная равномерно распределенная постоянная нагрузка на арку

$$q = g_d \cdot k_{FI} \cdot B = 0,468 \cdot 0,9 \cdot 3 = 1,26 \text{ кН/м.}$$

#### 2.2.2.2 Снеговая нагрузка

В соответствии с рисунком 1.2 г. Пинск относится к снеговому району 1в. Тогда, в соответствии с таблицей 1.10, характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт

$$s_k = 1,35 + 0,38 \cdot (A - 140) / 100 = 1,35 + 0,38 \cdot (145 - 140) / 100 = 1,37 \text{ кПа,}$$

где  $A = 145 \text{ м}$  – отметка планировки над уровнем моря (см. таблицу 2.12).

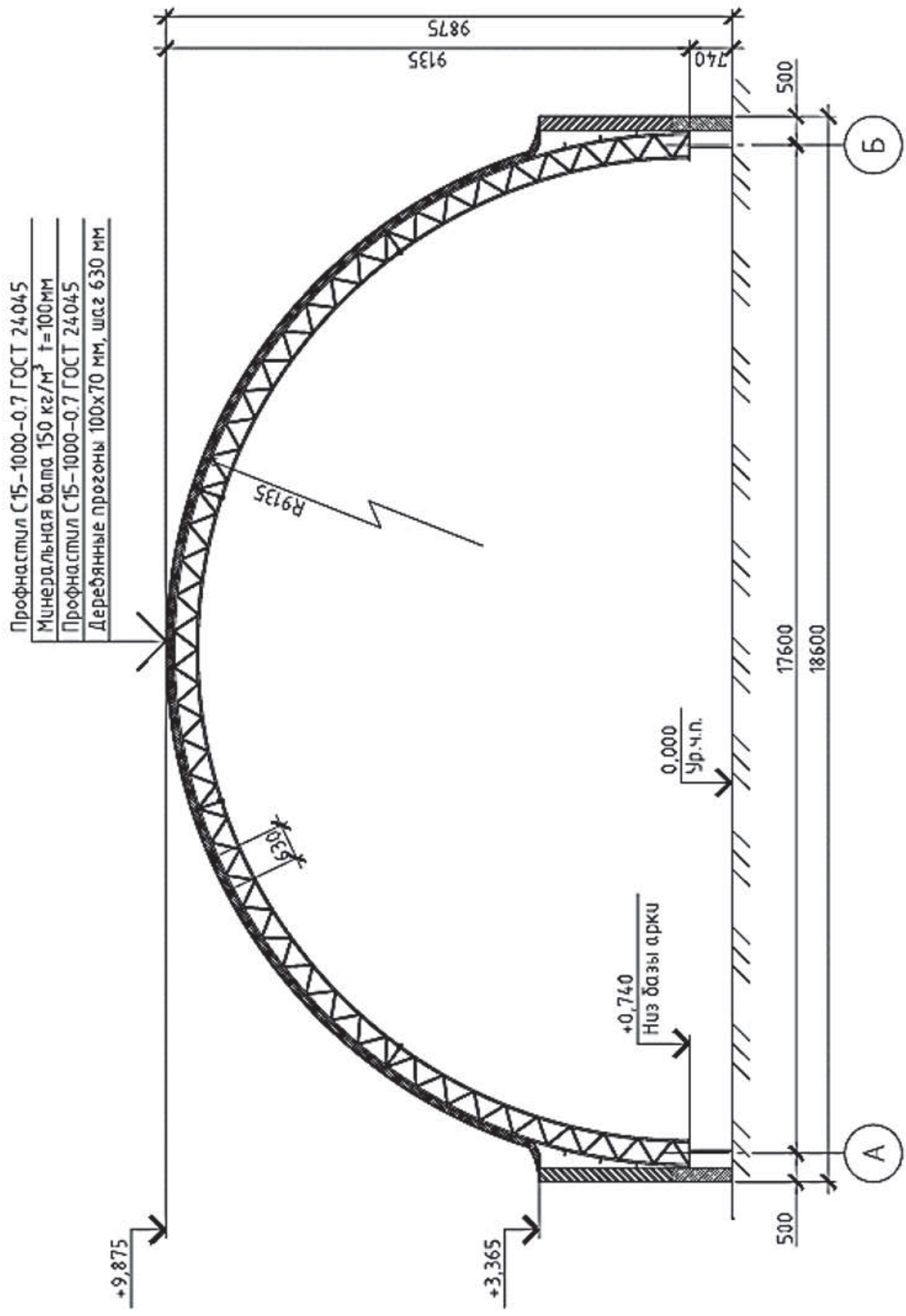


Рисунок 2.10.— Поперечная схема арки

## 2.3. Пример подсчёта нагрузок на двухпролётное сельскохозяйственное здание

### 2.3.1 Исходные данные

Выполнить подсчет нагрузок на поперечную раму одноэтажного двухпролетного сельскохозяйственного здания при исходных данных, приведенных в таблице 2.20.

Таблица 2.20 – Исходные данные

Категория расчетного срока эксплуатации (таблица. 1.1)	3 (15-30 лет)
Класс последствий здания (таблица. 1.3)	СС1
Класс надежности здания (таблица. 1.2В)	RC1, $k_{FI} = 0,9$
Пролет здания L, м	18 и 21
Шаг рам B, м	6
Длина здания, м	108
Площадка строительства	п. Беловежский
Отметка планировки над уровнем моря A, м	166
Условие местности (таблица. 1.9)	Обычные
Тип местности (таблица. 1.13)	II
Класс бетона	C25/30
Класс арматуры	S500

Схема поперечной рамы сельскохозяйственного здания показана на рисунке 2.17.

### 2.3.2 Определение нагрузок на раму

#### 2.3.2.1 Постоянная нагрузка

Нагрузки на  $1 \text{ м}^2$  кровли представлены в таблице 2.21.

Все виды равномерно распределенных нагрузок, находящихся на плитах покрытия, передаются на ригель полурам в виде сосредоточенных сил, приложенных в местах опирания продольных ребер ребристых плит. Допускается заменять сосредоточенную нагрузку равномерно распределенной, если число действующих сил в пролете четыре и более. Следует отметить, что нагрузки, передаваемые через стойки фонаря, нагрузки от подвешенного транспорта, подвесных грузов и т. д. рассматриваются как сосредоточенные грузы.

Таблица 2.21 – Поверхностная распределенная нагрузка от покрытия

№ п/п	Состав покрытия	Характеристическое значение $g_k$ , кПа	Частный коэффициент $\gamma_G$	Расчетное значение $g_d$ , кПа
1	"Сэндвич-панель" (полиизоциануратная пена), $h=100$ мм	0,04	1,35	0,054
2	Железобетонные ребристые плиты $1,5 \times 6$ м (с заливкой швов), $h=250$ мм	1,35	1,2	1,62
	<b>Итого:</b>	<b>1,39</b>	–	<b>1,674</b>



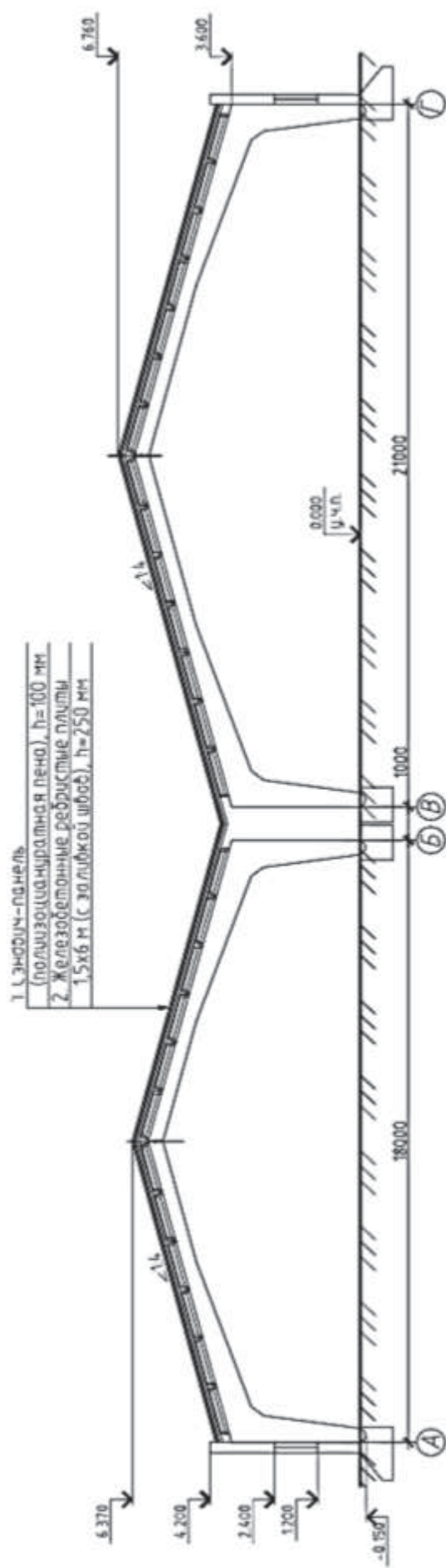


Рисунок 2.17 – Поперечная рама сельскохозяйственного здания

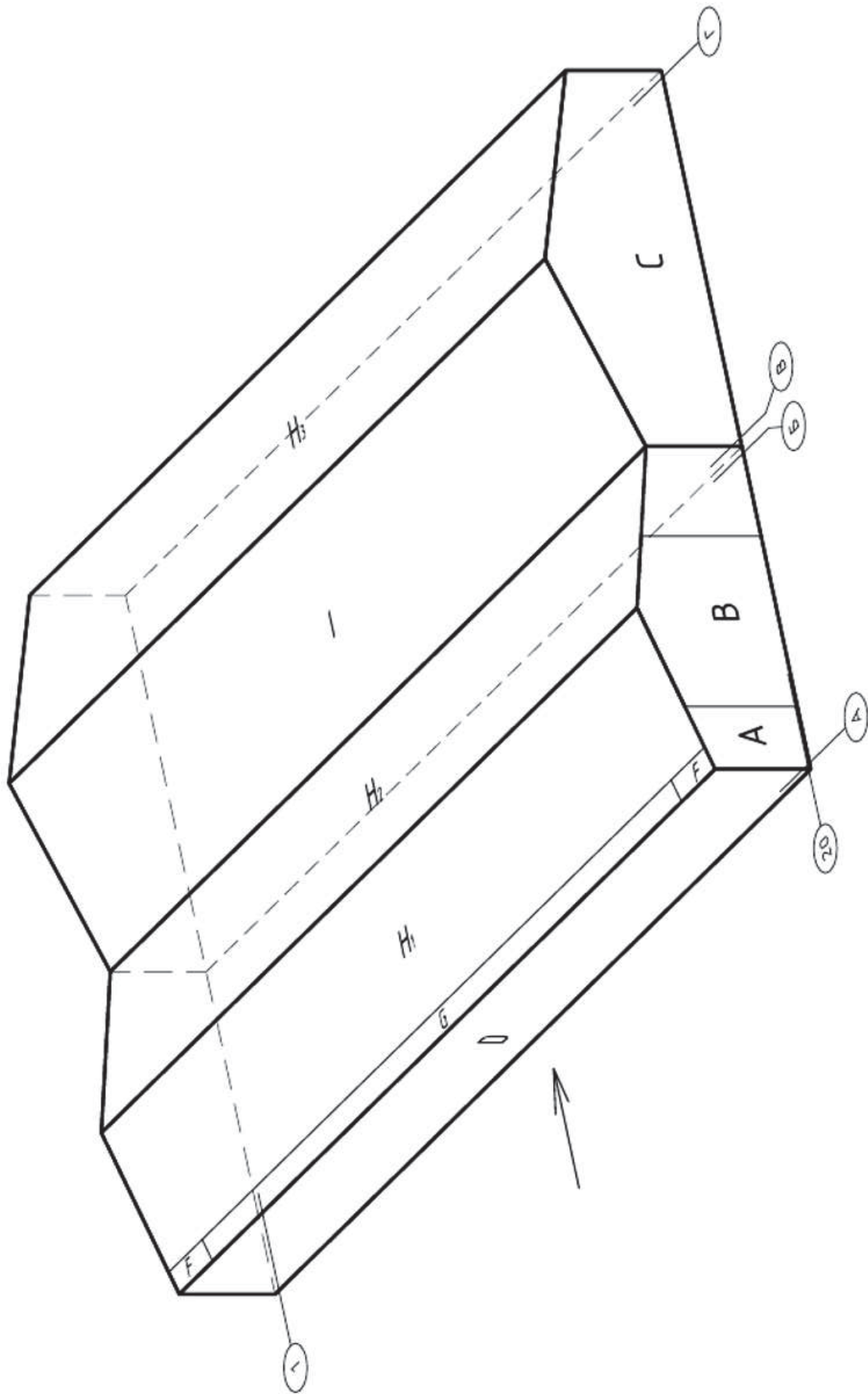


Рисунок 2.24 – Зоны распределения ветрового давления на здании