

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>
Введение	4
Термины и определения	6
Обозначения	8
Глава 1. Основы проектирования строительных конструкций	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
Глава 2. Примеры подсчёта нагрузок на здания	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
Приложение А Дополнительные схемы распределения снеговых нагрузок (рекомендуемое)	78
Список использованных источников	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 превышения 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 ψQ_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 ψF_k [5].

расчетное значение воздействия F_d (design value of an action): Значение, полученное в результате умножения репрезентативного значения на частный коэффициент γ_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;
- γ – частный коэффициент (безопасности или эксплуатационной пригодности);
- γ_{df} – предельное значение ускорения колебаний пролетных строений моста для непосредственно закрепленного пути;
- γ_{Gset} – частный коэффициент для постоянных воздействий, связанных с осадкой, учитывающий также неопределенности модели;
- γ_F – частный коэффициент для воздействий, учитывающий неопределенность расчетной модели и отклонения от заданных размеров;
- γ_G – частный коэффициент для постоянных воздействий, учитывающий неопределенность расчетной модели и отклонения от заданных размеров;
- γ_m – частный коэффициент для характеристики свойства материала;
- γ_M – частный коэффициент для характеристики свойства материала, учитывающий неопределенность расчетной модели и отклонения от заданных размеров;
- γ_q – частный коэффициент для переменных воздействий, учитывающий возможность неблагоприятных отклонений значений воздействий от репрезентативных значений;
- γ_Q – частный коэффициент для переменных воздействий, учитывающий неопределенность расчетной модели и отклонения от заданных размеров;
- $\gamma_{Q,i}$ – частный коэффициент для переменного воздействия i ;
- γ_{Rd} – частный коэффициент, учитывающий неопределенность расчетной модели сопротивления;
- γ_{Sd} – частный коэффициент, учитывающий неопределенность расчетной модели воздействия и/или эффекта воздействия;
- ψ_0 – коэффициент, учитывающий комбинационное значение переменного воздействия;
- ψ_1 – коэффициент, учитывающий частоту повторения переменного воздействия;
- ψ_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 ¹⁾
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

¹⁾ 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;

б) переходные расчетные ситуации, относящиеся к временным условиям, применимым к конструкции, например, в процессе возведения или ремонта;

с) особые расчетные ситуации, относящиеся к исключительным условиям, применимым к конструкции или условиям окружающей среды, например: пожар, ударное воздействие или последствия местного разрушения;

д) сейсмические расчетные ситуации, относящиеся к условиям, применимым к конструкции, подвергающейся сейсмическим воздействиям.

(4) Предельные состояния, касающиеся:

а) безопасности людей и/или

б) безопасности конструкций,

классифицируются как **предельные состояния несущей способности** (п. 3.3(1)P [5]).

(5) Предельные состояния, относящиеся к:

а) функционированию конструкции или элементов конструкции при нормальных условиях эксплуатации;

б) комфорту пользователей;

с) внешнему виду строительных объектов,

классифицируются как **предельные состояния эксплуатационной пригодности** (п. 3.4(1)P [5]).

1.3 Свойства материалов и изделий

(1) Свойства материалов (включая грунты и скальные породы) или изделий следует описывать их характеристическими значениями (п. 4.2(1) [5]).

(2) Если в EN 1991 – EN 1999 не установлено другое, то (п. 4.2(3) [5]):

а) когда нижнее значение характеристики свойства материала или изделия является неблагоприятным, характеристическое значение следует определять как 5 %-й квантиль;

б) когда верхнее значение характеристики свойства материала или изделия является неблагоприятным, характеристическое значение следует определять как 95 %-й квантиль.

(3) Значения характеристик свойств материала следует определять, используя стандартные методы испытаний, выполняемые в определенных условиях. Если это необходимо, следует применять коэффициент преобразования для приведения результатов испытаний к значениям, которые могут считаться репрезентативными для достаточно достоверного описания поведения материала или изделия в конструкции или основании (п. 4.2(4)P [5]).

1.4 Воздействия на строительные конструкции

(1) Воздействия в зависимости от их изменения во времени классифицируются следующим образом (п. 4.1.1 [5]):

а) постоянные воздействия G (собственный вес конструкций, стационарного оборудования, дорожного покрытия и др.);

б) переменные воздействия Q (функциональные нагрузки на перекрытия зданий, ветровые воздействия и снеговые нагрузки);

с) особые воздействия A (взрывы или удары транспортных средств в элементах конструкций зданий и сооружений).

(2) Расчетное значение F_d воздействия в общем случае может быть представлено выражением (п. 6.3.1(1) [5]):

$$F_d = \gamma_f \cdot F_{rep} \text{ при } F_{rep} = \psi \cdot F_k, \quad (1.1)$$

где F_k – характеристическое значение воздействия;

F_{rep} – соответствующее репрезентативное значение воздействия;

γ_f – частный коэффициент для воздействия, учитывающий возможность неблагоприятных отклонений значений воздействий от репрезентативных значений;

ψ – коэффициент, равный 1,0 или ψ_0 , ψ_1 или ψ_2 (таблица 1.4).

(3) Следует выполнять проверку следующих предельных состояний несущей способности (ULS) (п. 6.4.1(1)P [5]):

а) EQU: потеря статического равновесия конструкции или любой ее части, рассматриваемой как жесткое тело;

б) STR: внутреннее разрушение или чрезмерные деформации конструкции или элементов конструкции, включая фундаменты, сваи, подпорные стенки и т. д., для которых прочность материалов имеет определяющее значение;

в) GEO: разрушение или чрезмерные деформации основания, для которых прочность основания или скальной породы имеет определяющее значение для обеспечения несущей способности конструкции;

г) FAT: усталостное разрушение конструкции или элементов конструкции.

(4) Расчетные значения воздействий (эффектов воздействий) при проверках предельных состояний несущей способности в постоянных и переходных расчетных ситуациях (выражения (1.2) – (1.2б)) следует принимать в соответствии с таблицами 1.4(A) – 4.1(C) [5].

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}, \quad (1.2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}, \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}, \end{array} \right. \quad (1.2a) / (1.2b)$$

где "+" – обозначает: «следует учитывать в сочетании с»;

Σ – обозначает: «суммарный эффект»;

G_k – характеристическое значение постоянного воздействия;

P – определяющее репрезентативное значение усилия предварительного напряжения;

Q_k – характеристическое значение отдельного временного воздействия;

$Q_{k,1}$ – характеристическое значение ведущего временного воздействия 1;

γ – частный коэффициент;

ξ – понижающий коэффициент.

Предельные состояния несущей способности при потере статического равновесия (EQU) зданий рекомендуется проверять, используя расчетные значения воздействий, приведенные в таблице 1.2(A). Расчеты элементов конструкций (STR), не учитывающие геотехнические воздействия, рекомендуется производить, используя расчетные значения воздействий, приведенные в таблице 1.2(B). Расчет элементов конструкции (фундаменты, сваи, стены подвалов и т. д.) (STR), учитывающих геотехнические воздействия и сопротивление грунта (GEO), рекомендуется производить, используя один из следующих подходов:

а) подход 1: расчетные значения согласно таблице 1.2(C) и расчетные значения согласно таблице 1.2(B) применяются в отдельных расчетах как для геотехнических воздействий, так и для других воздействий на конструкцию или для воздействий, создаваемых конструкцией. Как правило, размеры фундаментов определяют на основе таблицы 1.2(C), а несущую способность конструкции – на основе таблицы 1.2(B);

б) подход 2: расчетные значения согласно таблице 1.2(C) применяют как для геотехнических воздействий, так и для других воздействий.

Таблица 1.2(A) (т. А1.2(A) [5]) – Расчетные значения воздействий EQU (группа А)

Постоянная и временная расчетные ситуации	Постоянные воздействия		Доминирующее воздействие ^{а)}	Сопутствующие воздействия ^{а)}	
	неблагоприятные	благоприятные		главное (при наличии)	другое
Выражение (1.2)	$k_{FI} \gamma_{G,j, sup} G_{kj, sup}$	$k_{FI} \gamma_{G,j, inf} G_{kj, inf}$	$k_{FI} \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	–	$k_{FI} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Окончание таблицы 1.2(A)

Примечание 1 – Рекомендуемые значения частных коэффициентов:

$$\gamma_{Gj,sup} = 1,10;$$

$$\gamma_{Gj,inf} = 0,90;$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии);}$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии).}$$

Примечание 2 – Для случая, когда расчет статического равновесия включает также сопротивление элементов конструкции, альтернативно к двум отдельным расчетам по таблицам 1.2(A) и 1.2(B) допускается выполнение комбинированного расчета, основывающегося на таблице 1.2(A), причем рекомендуется применять следующие значения частных коэффициентов безопасности:

$$\gamma_{Gj,sup} = 1,35;$$

$$\gamma_{Gj,inf} = 1,15;$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии);}$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии).}$$

При условии, что применение коэффициента $\gamma_{Gj,inf} = 1,0$ для неблагоприятно и благоприятно действующих компонентов постоянного воздействия будет оказывать более неблагоприятный эффект.

Примечание 3 – Для соответствующих классов надежности численные значения коэффициентов k_{FI} следует принимать для класса:

$$RC3 - k_{FI} = 1,1;$$

$$RC2 - k_{FI} = 1,0;$$

$$RC1 - k_{FI} = 0,9.$$

Классы надежности RC связаны с соответствующими классами последствий CC1, CC2, CC3 и приведены в таблице 1.3.

^{a)} Переменные воздействия указаны в таблице 1.4.

Таблица 1.2(B) (т. А1.2(B) [5]) – Расчетные значения воздействий STR/GEO (группа В)

Постоянная и временная расчетные ситуации	Постоянные воздействия		Доминирующее воздействие ^{a)}	Сопутствующие воздействия ^{a)}	
	неблагоприятные	благоприятные		главное (при наличии)	другое
Выражение (1.2a)	$k_{FI} \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$k_{FI} \gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	–	$k_{FI} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	$k_{FI} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
Выражение (1.2b)	$k_{FI} \xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$k_{FI} \gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$k_{FI} \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$	–	$k_{FI} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Примечание 1 – В общем случае рекомендуемые значения γ и ξ при применении формул (6.10a) и (6.10b):

$$\gamma_{Gj,sup} = 1,35;$$

$$\gamma_{Gj,inf} = 1,00;$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ – при неблагоприятных воздействиях (0 – при благоприятных воздействиях);}$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ – при неблагоприятных воздействиях (0 – при благоприятных воздействиях);}$$

$$\xi = 0,85 \text{ (следовательно } \xi \gamma_{Gj,sup} = 0,85 \times 1,35 \cong 1,15).$$

Частные коэффициенты γ для вынужденных деформаций приведены в EN 1991– EN 1999.

Примечание 2 – Характеристические значения всех постоянных воздействий одинакового происхождения умножают на $\gamma_{G,sup}$, если их общее влияние является неблагоприятным, и на $\gamma_{G,inf}$, если их общее влияние является благоприятным. Например, все воздействия от собственного веса конструкций могут рассматриваться как имеющие одно происхождение. Это правило действует и при применении различных материалов в одной конструкции.

Примечание 3 – В отдельных случаях значения γ_G и γ_Q допускается разделять на коэффициенты γ_g и γ_q соответственно и коэффициент γ_{sd} , учитывающий погрешности расчетной модели. Значение коэффициента γ_{sd} может изменяться от 1,05 до 1,15.

Примечание 5 – В расчетах стальных и железобетонных конструкций, при сертифицированной системе контроля качества, допускается принимать в формулах (1.2a) и (1.2b) следующие значения частных коэффициентов:

– для постоянного воздействия:

$$\text{от собственного веса конструкций, выполняемых в заводских условиях, } \gamma_{G,sup} = 1,2;$$

$$\text{от собственного веса конструкций, выполняемых на строительной площадке, } \gamma_{G,sup} = 1,3;$$

$$\text{для других постоянных воздействий } \gamma_{G,sup} = 1,3;$$

$$- \xi = 0,85.$$

Окончание таблицы 1.2(В)

<p>– для постоянного воздействия $\gamma_{G,inf} = 0,9$;</p> <p>– для функциональной нагрузки $\gamma_Q = 1,4$;</p> <p>– для снеговой нагрузки $\gamma_Q = 1,6$ при отношении характеристического значения снеговой нагрузки к полной нагрузке на элемент конструкции, включая нагрузку от его собственного веса, более 0,5, и $\gamma_Q = 1,5$ – в других случаях;</p> <p>– для ветрового воздействия $\gamma_Q = 1,5$.</p> <p><i>Примечание 6</i> – Для соответствующих классов надежности численные значения коэффициентов k_{FI} следует принимать для класса:</p> <p>RC3 – $k_{FI} = 1,1$;</p> <p>RC2 – $k_{FI} = 1,0$;</p> <p>RC1 – $k_{FI} = 0,9$.</p> <p>Классы надежности RC связаны с соответствующими классами последствий CC 1, CC 2, CC 3 и приведены в таблице 1.3.</p>
<p>а) Переменные воздействия указаны в таблице 1.4.</p>

Таблица 1.2(С) (т. А1.2(С) [5]) – Расчетные значения воздействий SRT/GEO (группа С)

Постоянная и временная расчетные ситуации	Постоянные воздействия		Доминирующее воздействие а)	Сопутствующие воздействия а)	
	неблагоприятные	благоприятные		главное (при наличии)	другое
Выражение (1.2)	$k_{FI} \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$k_{FI} \gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$k_{FI} \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$k_{FI} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	–
<p><i>Примечание 1</i> – Рекомендуются следующие значения частных коэффициентов:</p> <p>$\gamma_{G,sup} = 1,00$;</p> <p>$\gamma_{G,inf} = 1,00$;</p> <p>$\gamma_{Q,1} = 1,30$ – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии);</p> <p>$\gamma_{Q,i} = 1,30$ – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии).</p> <p><i>Примечание 2</i> – Для соответствующих классов надежности численные значения коэффициентов k_{FI} следует принимать для класса:</p> <p>RC3 – $k_{FI} = 1,1$;</p> <p>RC2 – $k_{FI} = 1,0$;</p> <p>RC1 – $k_{FI} = 0,9$.</p> <p>Классы надежности RC связаны с соответствующими классами последствий CC 1, CC 2, CC 3 и приведены в таблице 1.3.</p>					
<p>а) Переменные воздействия указаны в таблице 1.4.</p>					

Таблица 1.3 (т. В1 [5]) – Определение классов последствий

Классы последствий	Описание	Примеры зданий и инженерных сооружений
1	2	3
CC 3	Тяжелые последствия для жизни людей или очень большие экономические, социальные или экологические последствия	Трибуны, общественные здания с тяжелыми последствиями при разрушении (например, концертный зал)
CC 2	Средние последствия для жизни людей, значительные экономические, социальные или экологические последствия	Жилые и офисные здания, общественные здания со средними последствиями при разрушении (например, офисное здание)
CC 1	Незначительные последствия для жизни людей и небольшие или несущественные экономические, социальные или экологические последствия	Сельскохозяйственные здания, в которых, как правило, не находятся люди (например, амбары, теплицы)

Таблица 1.4 (т. А1.1(В) [5], т. А.2 [7]) – Рекомендуемые значения коэффициентов ψ

Воздействие	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Переменные функциональные нагрузки для зданий			
Категория А: жилые помещения	0,7	0,5	0,3
Категория В: офисные помещения	0,7	0,5	0,3
Категория С: площади со значительным скоплением людей	0,7	0,7	0,6
Категория D: торговые помещения	0,7	0,7	0,6
Категория Е: складские помещения	1,0	0,9	0,8
Категория F: места с движением транспорта весом (массой) до 30 кН включ.	0,7	0,7	0,6
Категория G: места с движением транспорта весом (массой) св. 30 кН до 160 кН включ.	0,7	0,5	0,3
Категория H: кровли	0,0	0,0	0,0
Снеговые нагрузки на здания	0,6	0,5	0,0
Ветровые воздействия	0,6	0,2	0,0
Температурные нагрузки (исключая пожары)	0,6	0,5	0,0
Один кран или групповые нагрузки, вызванные кранами	1,0	0,9	отношение между постоянным и суммарным воздействием крана

(5) Для каждой расчетной ситуации должны быть определены значения собственного веса и функциональных нагрузок.

(6) Полный собственный вес конструктивных и неконструктивных элементов должен учитываться в сочетании воздействий как одно воздействие.

1.4.1 Собственный вес

(1) Собственный вес конструкции следует классифицировать как постоянное фиксированное (стационарное) воздействие, см. EN 1990 (1.5.3 и 4.1.1) [5].

(2) Номинальные значения объёмных весов строительных материалов и номинальные значения объёмных весов и углов естественного откоса для складированных материалов принимать по приложению А EN 1991-1-1 [6] или по таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Номинальные значения объёмных весов строительных материалов

Строительные материалы	Объёмный вес γ , кН/м ³
Легкий бетон: класс по плотности LC 1,0	9,0–10,0 ^{a),b)}
то же LC 1,2	10,0–12,0 ^{a),b)}
« LC 1,4	12,0–14,0 ^{a),b)}
« LC 1,6	14,0–16,0 ^{a),b)}
« LC 1,8	16,0–18,0 ^{a),b)}
« LC 2,0	18,0–20,0 ^{a),b)}
Нормальный бетон	24,0 ^{a),b)}
Тяжелый бетон	>24,0 ^{a),b)}
Раствор	
Цементный раствор	19,0–23,0
Известково-цементный раствор	18,0–20,0
Известковый раствор	12,0–18,0

^{a)} Увеличить на 1 кН/м³ при нормальном проценте армирования в железобетонных и предварительно напряженных конструкциях
^{b)} Увеличить на 1 кН/м³ для свежеложенного бетона.

Окончание таблицы 1.5

Строительные материалы	Объемный вес γ , кН/м ³
Фанера из древесины мягкой породы	5,0
Фанера из березы	7,0
Ламинат и столярные плиты	4,5
Древесностружечные плиты плоские	От 7,0 до 8,0
Цементностружечные плиты	12,0
С ориентированными волокнами OSB, слоистые	7,0
Древесноволокнистые плиты	
Древесноволокнистая плита, стандартная и упрочненная	10,0
Полутвёрдая (средней плотности)	8,0
Мягкие	4,0
Другие материалы	
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; спальные 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.).

Окончание таблицы 1.6

1	2	3
В	Офисные площади, площади в бытовых и технических помещениях	В3: Технические помещения жилых и общественных зданий высотой менее 75 м, подвальные помещения В4: Вестибюли, фойе, коридоры, лестницы (с относящимися к ним проходами), примыкающие к помещениям, указанным в позициях В1, В2, В3.
С	Площади с возможным скоплением людей (за исключением площадей, определенных категориями А, В и D) ¹⁾	С1: Площади со столами и т. д. С1.1 Классные помещения учреждений образования, приемные, регистратуры. С1.2 Читальные залы библиотек. С1.3 Обеденные, например, в кафе, ресторанах, столовых (обеденных залах). С1.4 Вестибюли, фойе, коридоры, лестницы (с относящимися к ним проходами), примыкающие к помещениям, указанным в позициях С1.1-С1.3. С2: Площади со стационарно закрепленными сидениями. С2.1 Помещения театров и кинотеатров, церквей, конференц-залы, лекционные залы, залы собраний, залы ожидания, залы ожидания вокзалов. С2.2 Вестибюли, фойе, коридоры, лестницы (с относящимися к ним проходами), примыкающие к помещениям, указанным в позициях С2.1. С3: Площади без преград, препятствующих перемещению людей, например, площади в музеях, выставочных залах, площади общего доступа в административных зданиях, гостиницах, больницах, перроны железнодорожных станций. С4: Площади с возможностью использования их для физической активности, например: танцевальные залы, спортивные (гимнастические) залы, фитнес-центры, бильярдные, сцены и примыкающие к ним вестибюли, фойе, коридоры, лестницы (с относящимися к ним проходами). С5: Площади, на которых допускается большое скопление людей, например, в зданиях для общественных мероприятий, таких как: концертные залы, спортивные залы с трибунами, террасы, зоны доступа и железнодорожные платформы.
Д	Торговые площади	Д1: Площади в магазинах розничной торговли. Д2: Площади в торговых домах-маркетах.
¹⁾ Независимо от классификации площадей, следует учитывать динамические эффекты (см. EN 1990) в случаях, в которых предполагается, что появление значительных динамических эффектов вызвано способом эксплуатации здания, в частности, в отношении категорий С4 и С5. В случае категории Е см. таблицу 1.8.		
Примечание 1 – В зависимости от предполагаемого применения, площади категории С2, С3, С4 могут быть отнесены к категории С5 на основании решения заказчика.		

(3) При проектировании следует применять характеристические значения q_k (равномерно распределенная нагрузка) и Q_k (сосредоточенная нагрузка) для категорий использования площади, указанных в таблице 1.7.

Таблица 1.7 (т. НП 6.2 [6]) – Функциональные нагрузки на перекрытия, балконы и лестницы в зданиях

Категория нагруженных площадей	q_k , кН/м ²	Q_k , кН
Категория А		
A1		
перекрытия	1,5	2,0
балконы, лоджии	3,0	3,0
A2	3,0	3,0
Категория В		
V1		
перекрытия	2,0	2,0
балконы, лоджии	2,5	2,5
V2		
перекрытия	не менее 2,0	не менее 3,0
балконы, лоджии	2,5	2,5
V3	не менее 2,0	не менее 2,0
V4	3,0	4,5
Категория С		
C1		
C1.1	2,0	3,0
C1.2	2,0	3,0
C1.3	3,0	4,0
C1.4	4,0	4,0
C2		
C2.1	4,0	4,0
C2.2	4,0	5,0
C3	не менее 4,0	5,0
C4	4,0	7,0
C5	5,0	7,0
Категория D		
D1	4,0	4,0
D2	не менее 4,0	7,0

Таблица 1.8 (т. НП 6.4 [6]) – Функциональные нагрузки на перекрытия от складирования

Категория нагружаемой площади	q_k , кН/м ²	Q_k , кН
Категория E1		
E1.1: книгохранилища и архивы	7,5	7,0
E1.2: торговые склады	2,4 на каждый метр высоты складирования, но не менее 6,5	7,0
E1.3: производственные и промышленные складские помещения	не менее 6,0	7,0
E1.4: другие хранилища (без указания конкретного назначения)	по техническому заданию на проектирование, но не менее 7,5	7,0
E1.5: архивы, помещения для хранения бумаг в офисных зданиях	5,0	4,5
E1.6: холодильники	5,0 на каждый метр высоты складирования, но не менее 15	9,0

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 μ_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])

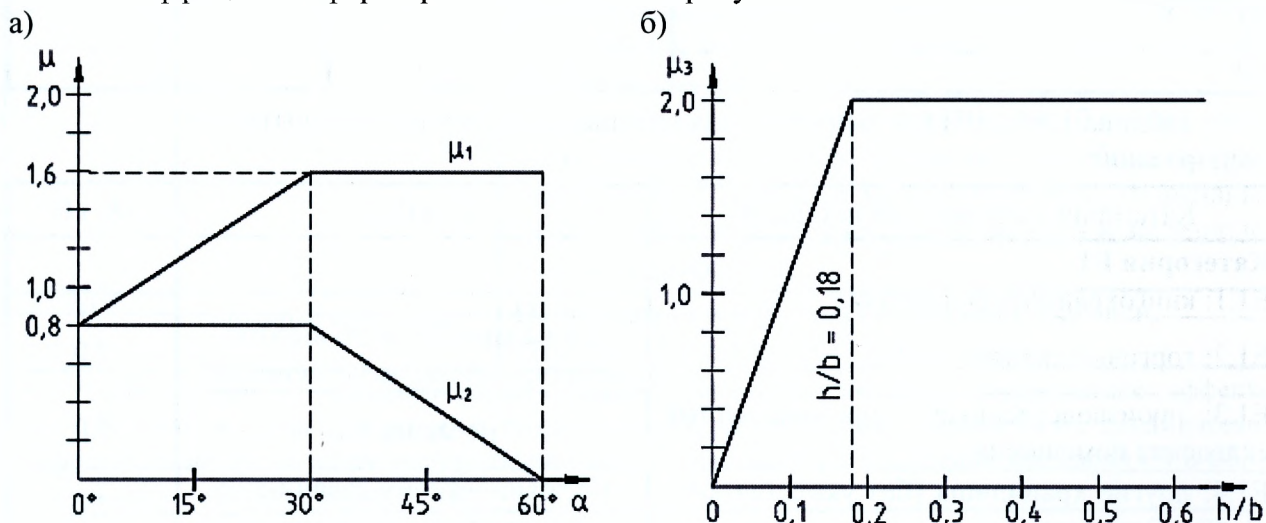
Условия местности	C_e
Не защищенные от ветра: плоские, открытые со всех сторон территории или поверхности, которые незначительно защищены, а также высокие здания или деревья	0,8*
Обычные: территории, на которых не наблюдается существенного перемещения по покрытию сооружения снега при действии ветра, а также с других зданий, сооружений или деревьев	1,0
Закрытые: 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 многопролетных двускатных покрытий;

б – для цилиндрических покрытий

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

(5) Таблица 1.10 (т. НП.1 [7]) – Характеристические значения снеговой нагрузки на грунт в зависимости от высоты местности над уровнем моря A в метрах

Номер снегового района	Подрайон	Снеговая нагрузка s_k , кПа, для местности с высотой над уровнем моря A , м
1	1 а	$s_k = 1,35^*$
	1 б	$s_k = 1,35 + 2,20 \cdot (A - 155) / 100$
	1 в	$s_k = 1,35 + 0,38 \cdot (A - 140) / 100$
2	2 а	$s_k = 1,45 + 0,60 \cdot (A - 125) / 100$
	2 б	$s_k = 1,45 + 0,60 \cdot (A - 150) / 100$
	2 в	$s_k = 1,45 + 0,60 \cdot (A - 210) / 100, s_k \geq 1,00$
3	3	$s_k = 1,55^*$

* Характеристическое значение нагрузки s_k в данном подрайоне (районе) принимается постоянным.

(6) Карта снеговых районов, смотреть совместно с таблицей 1.10.

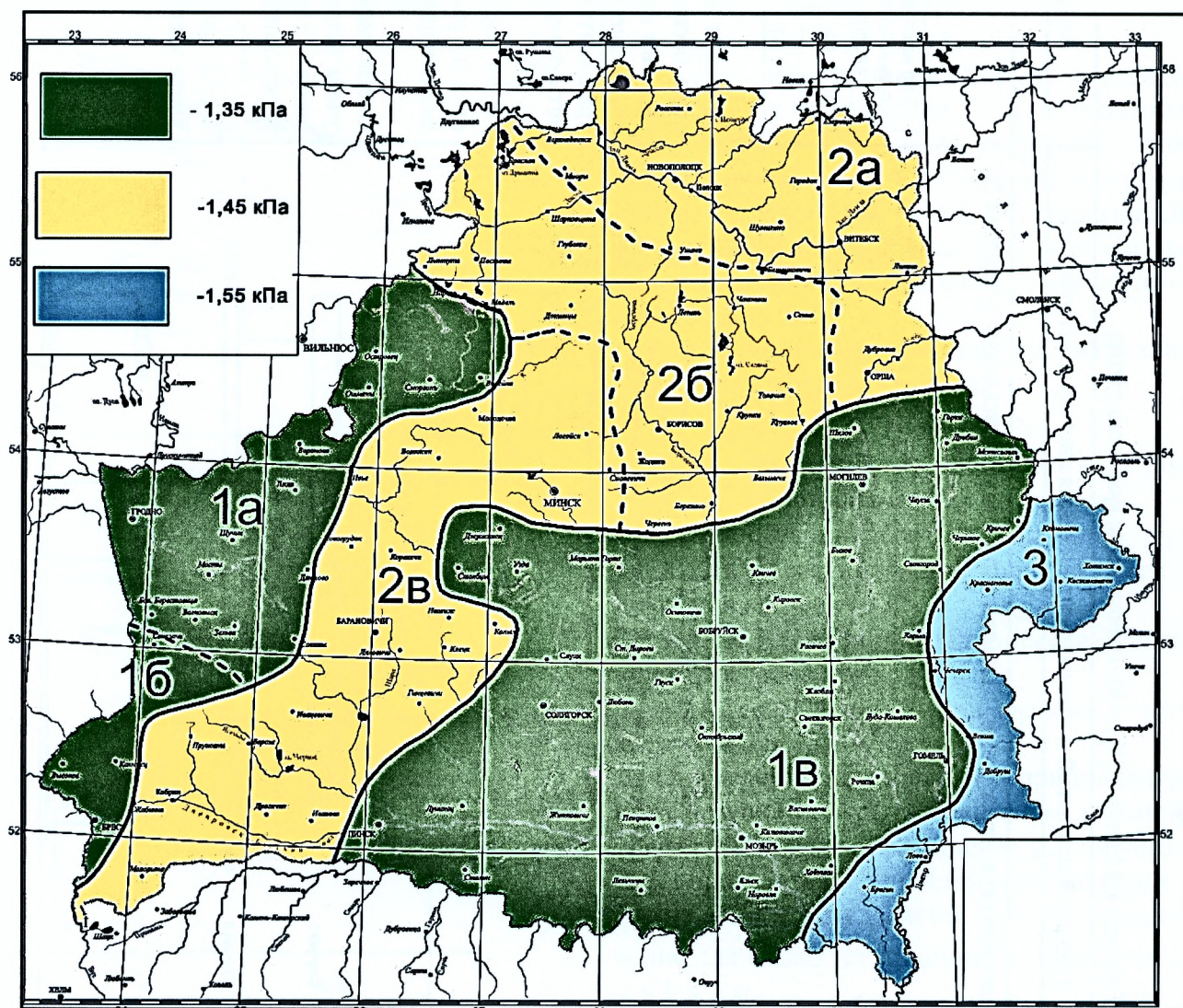
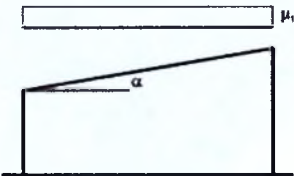
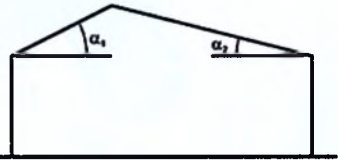



Рисунок 1.2 (рис. НП.1 [7]) – Карта снеговых районов

Таблица 1.11 (п. 5.3 [7]) – Коэффициенты форм покрытий

Профили покрытий и схемы распределения снеговых нагрузок	Коэффициенты μ и область применения схем															
1	2															
Односкатные (а) и двускатные (б) и многопролетные двускатные покрытия (в)																
<p>а)</p>  <p>б)</p> <p>Случай I $\mu_1(\alpha_1)$  $\mu_1(\alpha_1)$</p> <p>Случай II $0,5\mu_1(\alpha_1)$  $\mu_1(\alpha_1)$</p> <p>Случай III $\mu_1(\alpha_1)$  $0,5\mu_1(\alpha_1)$</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1299 427 1496 507">Угол наклона α односкатной кровли</th> <th data-bbox="1496 427 1720 507">$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$</th> <th data-bbox="1720 427 1935 507">$30^\circ < \alpha < 60^\circ$</th> <th data-bbox="1935 427 2056 507">$\alpha \geq 60^\circ$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1299 507 1496 560">μ_1</td> <td data-bbox="1496 507 1720 560">0,8</td> <td data-bbox="1720 507 1935 560">$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$</td> <td data-bbox="1935 507 2056 560">0,0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1299 560 1496 606">μ_2</td> <td data-bbox="1496 560 1720 606">$0,8 + 0,8 \cdot \alpha / 30$</td> <td data-bbox="1720 560 1935 606">1,6</td> <td data-bbox="1935 560 2056 606">–</td> </tr> </tbody> </table>				Угол наклона α односкатной кровли	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$	μ_1	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0	μ_2	$0,8 + 0,8 \cdot \alpha / 30$	1,6	–
Угол наклона α односкатной кровли	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$													
μ_1	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0													
μ_2	$0,8 + 0,8 \cdot \alpha / 30$	1,6	–													
<p>в)</p> <p>Случай I $\mu_1(\alpha_1)$  $\mu_1(\alpha_2)$ $\mu_1(\alpha_1)$ $\mu_1(\alpha_2)$</p> <p>Случай II $\mu_1(\alpha_1)$  $\mu_1(\alpha_2)$</p> 	<p>Значения коэффициентов μ_i применимы в случае, когда снег беспрепятственно соскальзывает с покрытия. При наличии на кровле снегоудерживающих заграждений, других элементов кровельных сооружений или когда нижний край ската покрытия заканчивается парапетом, коэффициент формы должен быть не менее 0,8.</p> <p>Схема распределения нагрузок (профиль а) распространяется на распределения (схемы приложения) нагрузки как без снеговых заносов, так и со снеговыми заносами.</p> <p>Схема распределения снеговых нагрузок (профиль б) без учета заноса снега соответствует случаю i, с учетом заноса снега – случаям ii и iii, кроме установленных для локальных условий.</p> <p>Схема распределения снеговых нагрузок (профиль в) без учета заноса снега соответствует случаю i, с учетом заноса снега – случаю ii.</p>															


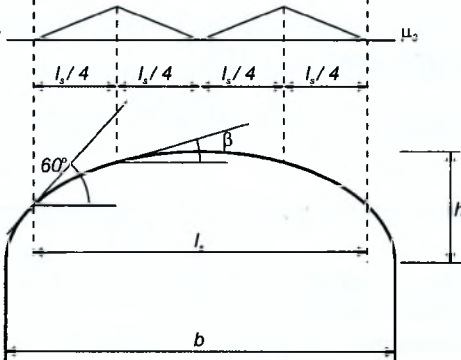


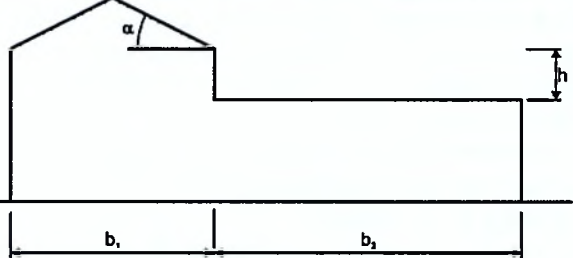
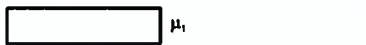
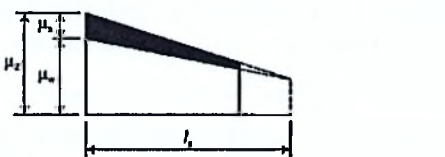
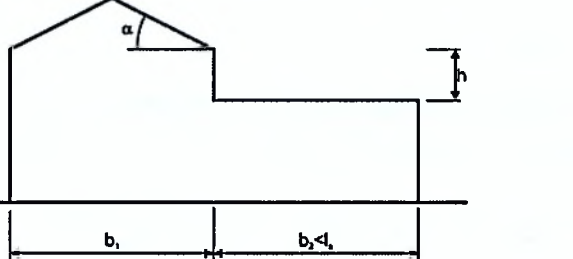
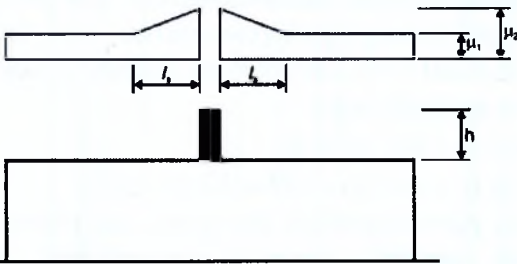
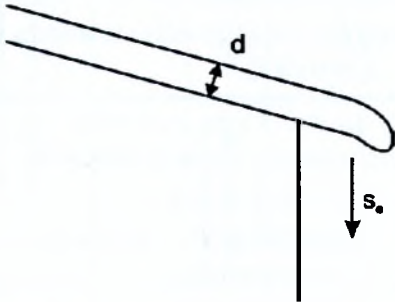
1	2
<p>Цилиндрические покрытия</p> <p>Случай I </p> <p>Случай II </p>	<p>Коэффициенты формы снеговых нагрузок, которые должны использоваться для цилиндрических покрытий (сводчатых или близких к ним) при отсутствии снегоудерживающих заграждений:</p> <p>для $\beta > 60^\circ$ $\mu_3 = 0$; для $\beta \leq 60^\circ$ $\mu_3 = 0,2 + 10 h/b \leq 2,0$.</p> <p>Схема распределения нагрузок без учета заносов, которую следует использовать при расчетах – случай I.</p> <p>Схема распределения нагрузок с учетом заносов, которую следует использовать при расчетах – случай II.</p>
<p>Покрытие здания, примыкающего к более высокому сооружению (покрытия зданий с перепадами высот)</p> <p>Случай I </p> <p>Случай II </p> <p></p> <p>Случай I </p> <p>Случай II </p> <p></p>	<p>$\mu_1 = 0,8$ при условии, что нижняя кровля плоская;</p> <p>$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$,</p> <p>где μ_s – коэффициент формы снеговой нагрузки, учитывающий соскальзывание (снос) снега с более высокого покрытия: для $\alpha \leq 15^\circ$, $\mu_s = 0$; для $\alpha > 15^\circ$ μ_s определяют из дополнительной нагрузки, составляющей 50% от максимальной снеговой нагрузки, на уклоне верхней поверхности кровли согласно профилю б;</p> <p>μ_w – коэффициент формы снеговой нагрузки, учитывающей влияние ветра:</p> $\mu_w = (b_1 + b_2) / 2h \leq \gamma h / s_k,$ <p>здесь γ – удельный вес снега, который допускается принимать 2 кН/м^2.</p> <p>Диапазон значений коэффициента μ_w: $0,8 \leq \mu_w \leq 2,5$, если площадь нижележащего покрытия не менее 6 м^2; $0,8 \leq \mu_w \leq 1,5$, если площадь нижележащего покрытия равна 2 м^2; $\mu_w = 0,8$, если площадь нижележащего покрытия не более 1 м^2.</p> <p>Для промежуточных площадей при площади нижележащего покрытия менее 6 м^2 верхний предел значения коэффициента μ_w допускается определять по линейной интерполяции. Длина заноса определяется $l_s = 2h$. Ограничение для l_s следует принимать в пределах $2 \text{ м} \leq l_s \leq 6 \text{ м}$.</p> <p>Схема распределения снеговых нагрузок без учета заноса снега соответствует случаю I, с учетом заноса снега – случаю II, кроме установленных для локальных условий.</p>

Таблица 1.12 (п. 6 [7]) – Локальные эффекты

Наименование локального эффекта и схемы распределения снеговых нагрузок	Коэффициенты μ и область применения схем
<p>Скопление снега у надстроек и заграждений</p> 	<p>$\mu_1 = 0,8;$ $\mu_2 = \gamma \cdot h / s_k$, с ограничением $0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$, здесь γ – удельный вес снега, который допускается принимать 2 кН/м^3. $l_s = 2h$, ограничение для l_s следует принимать в пределах $2 \text{ м} \leq l_s \leq 6 \text{ м}$.</p>
<p>Нависание снега на краю ската покрытия</p> 	<p>$s_e = k \cdot s^2 / \gamma$, где s_e – снеговые нагрузки на метр длины, вызванные свисанием снега; s – снеговые нагрузки на кровлю; γ – удельный вес снега, который для данного расчета допускается принимать равным $3,0 \text{ кН/м}^3$; k – коэффициент, учитывающий неравномерность формы свисания снега. Значение коэффициента k следует принимать $k = 3/d$, но $k \leq d\gamma$, где d – толщина снежного слоя на крыше в метрах.</p>
<p>Снеговые нагрузки на снегоудерживающих заграждениях и других преградах</p>	<p>$F_s = s \cdot b \cdot \sin \alpha$, где s – снеговые нагрузки на кровлю при самом неблагоприятном расчетном случае снеговых нагрузок без учета заноса, который может возникнуть на поверхности кровли, с которой происходит обрушение снега; b – горизонтальное расстояние от снегоудерживающей решетки или надстройки до следующей решетки или до конька; α – уклон кровли, измеренный относительно горизонтали.</p>

1.4.4 Ветровые воздействия

(1) Характеристическое значение ветрового усилия F_w , действующего на конструкцию или конструктивный элемент, может быть определено по формуле (п. 5.3(2) [8]):

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad (1.4)$$

или векторным сложением (суммированием) ветровых усилий, действующих на отдельные конструктивные элементы:

$$F_{w,j} = c_s c_d \cdot \sum_{\text{элементы}} c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad (1.5)$$

Ветровое усилие F_w также может быть определено векторным сложением сил $F_{w,e}$, действующих на внешнюю (наружную) поверхность здания, $F_{w,i}$, действующих на внутреннюю поверхность здания, и силы трения F_{fr} .

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot \sum_{\text{поверхность}} w_e A_{ref}; \quad F_{w,i} = \sum_{\text{поверхность}} w_i \cdot A_{ref}; \quad F_{fr,i} = c_{fr,i} \cdot q_p(z_e)_i \cdot A_{ref}, \quad (1.6)$$

где $c_s c_d$ – конструкционный коэффициент, допускается определять:

– для здания высотой $h < 15 \text{ м}$ допускается принимать $c_s c_d = 1$;

– для фасадов и элементов покрытия, имеющих собственную частоту колебаний более 5 Гц , допускается принимать $c_s c_d = 1$;

– для каркасных зданий, которые имеют несущие стены, и высота которых менее 100 м и не превышает четырехкратного размера здания по нормали к направлению действия ветра, допускается принимать $c_s c_d = 1$;

– по п. 1.4.4(3) или в соответствии с требованиями п. 6.2 [8];

w_e, w_i – ветровое давление, приложенное к внешним (наружным) и внутренним поверхностям конструкций зданий соответственно:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}, \quad w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}, \quad (1.7)$$

здесь c_{pe}, c_{pi} – аэродинамический коэффициент внешнего и внутреннего давления;

z_e, z_i – базовая высота для внешнего и внутреннего давления;

c_f – аэродинамический коэффициент усилия для конструкции или конструктивного элемента;

A_{ref} – базовая площадь конструкции или конструктивного элемента, к которым приложено ветровое давление;

$q_p(z_e)$ – пиковое значение скоростного напора на базовой высоте z :

$$q_p(z_e) = c_e(z) \cdot q_b,$$

где $c_e(z)$ – коэффициент экспозиции, учитывающий изменение скоростного напора по высоте, который допускается определять по графику на рисунке 1.3;

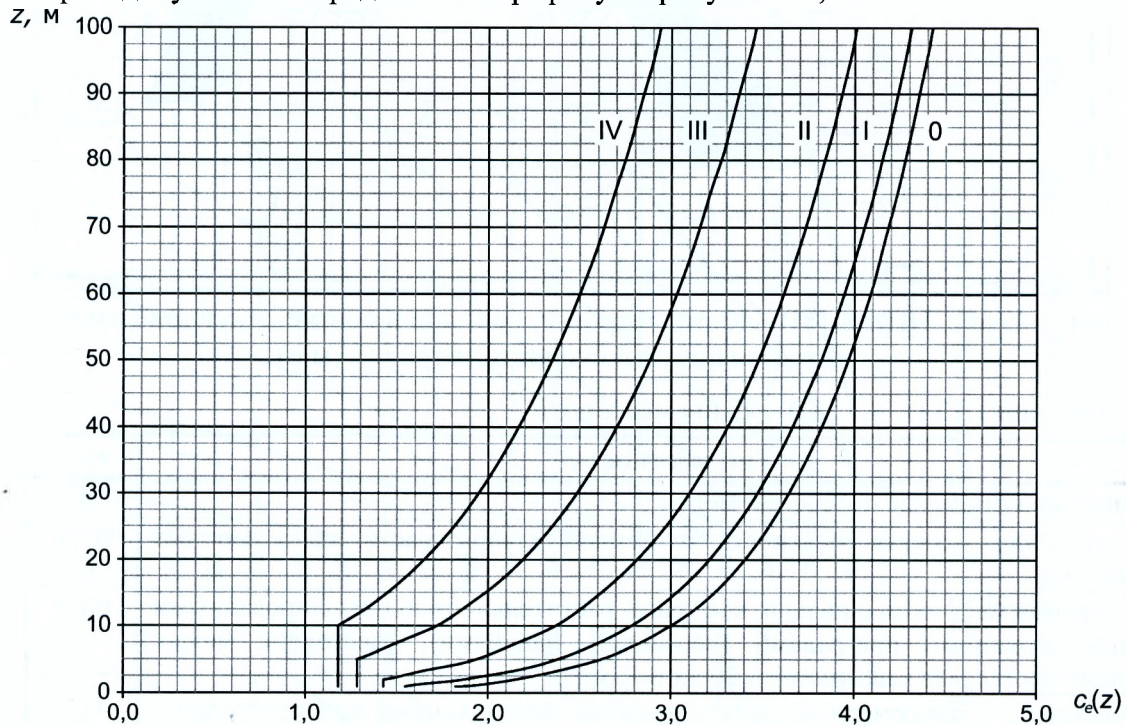


Рисунок 1.3 (рис. 4.2 [8]) – Графическое представление коэффициента экспозиции $c_e(z)$

q_b – базовое значение скоростного напора ветра, определяемое по формуле:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2, \quad (1.8)$$

ρ – плотность воздуха, определяемая в зависимости от высотной отметки местности, температуры и барометрического давления в соответствующем регионе при штормовом ветре (рекомендуемое значение $\rho = 1,25 \text{ кг} / \text{м}^3$).

Базовое значение скорости ветра v_b определяется по формуле:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}, \quad (1.9)$$

где c_{dir} – коэффициент, учитывающий направление ветра (см. п.1.4.4(2) и таблицу 1.14);

c_{season} – сезонный коэффициент, рекомендуемое значение $c_{season} = 1,0$. Значение c_{season} для климатических условий Республики Беларусь допускается принимать по НП.2.6 [8];

$v_{b,0}$ – основное значение базовой скорости ветра (рисунок 1.4).

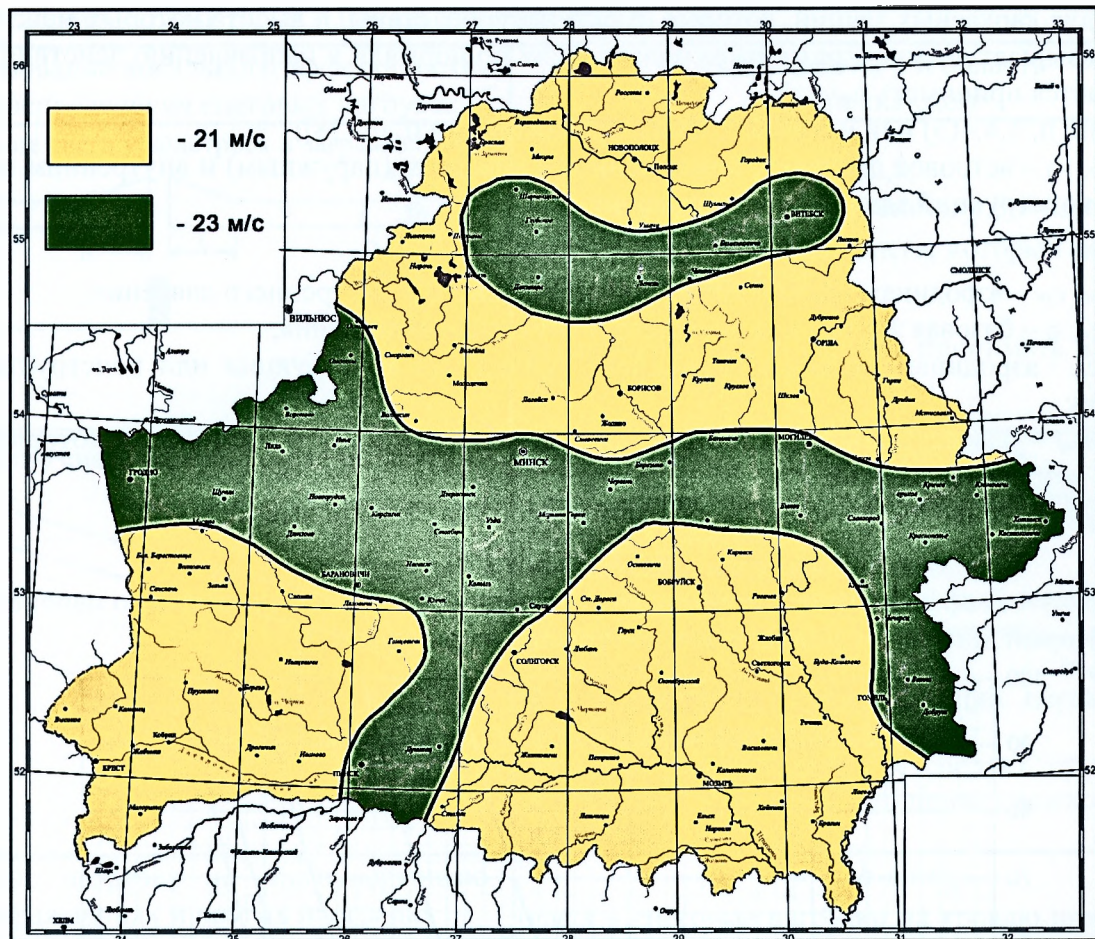


Рисунок 1.4 (рис. НП.2.1 [8]) – Карта ветровых районов и соответствующие им основные значения базовой скорости ветра $v_{b,0}$ (м/с).

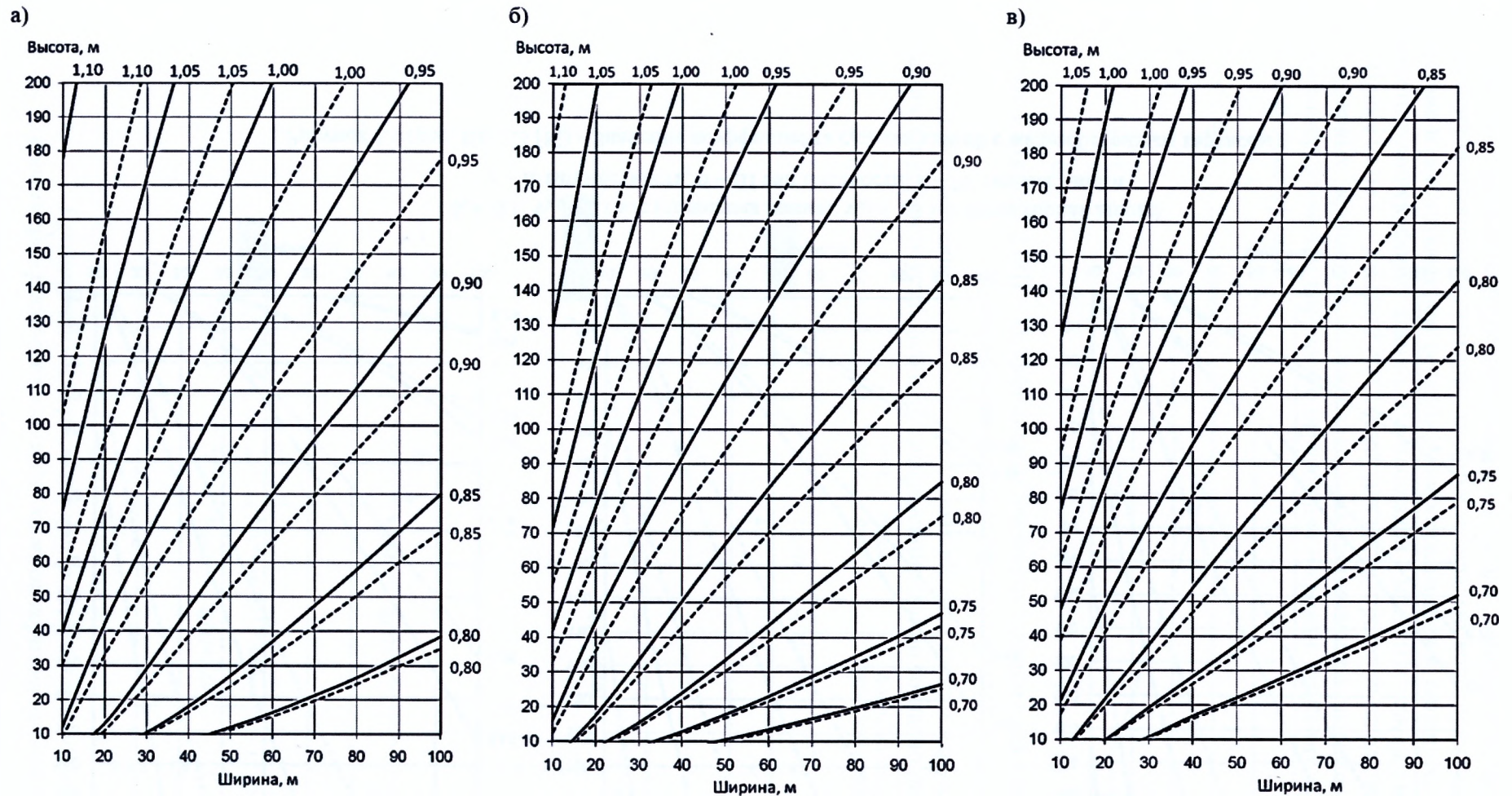
Таблица 1.13 (т. 4.1 [8]) – Типы местности

Тип местности	Z_0, M	Z_{min}, M
0 моря или открытые побережья морей	0,003	1
I озера или плоская местность с незначительной растительностью без препятствий	0,01	1
II открытая местность с низкой, как трава, растительностью и изолированными отдельно стоящими преградами (деревьями, зданиями), расстояние между которыми составляет как минимум 20 их высот	0,05	2
III местность с равномерной растительностью или зданиями или преградами, расстояние между которыми не превышает 20 их высот (типа деревень, пригородных зон, протяженных лесных массивов)	0,3	3
IV территорий, в пределах которых, по крайней мере, 15% поверхности покрыто зданиями, высота которых превышает 15 м	1	10

(2) Таблица 1.14 (т. НП.2.1 [8]) – Значения коэффициента, учитывающего направление ветра c_{dir} для климатических условий Республики Беларусь

Сектор	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Направление, град.	346-15	16-45	46-75	76-105	106-135	136-165	166-195	196-225	226-255	256-285	286-315	316-345
c_{dir}^I	0,80	0,71	0,78	0,78	0,79	0,84	0,76	0,77	0,95	1,00	0,94	0,96

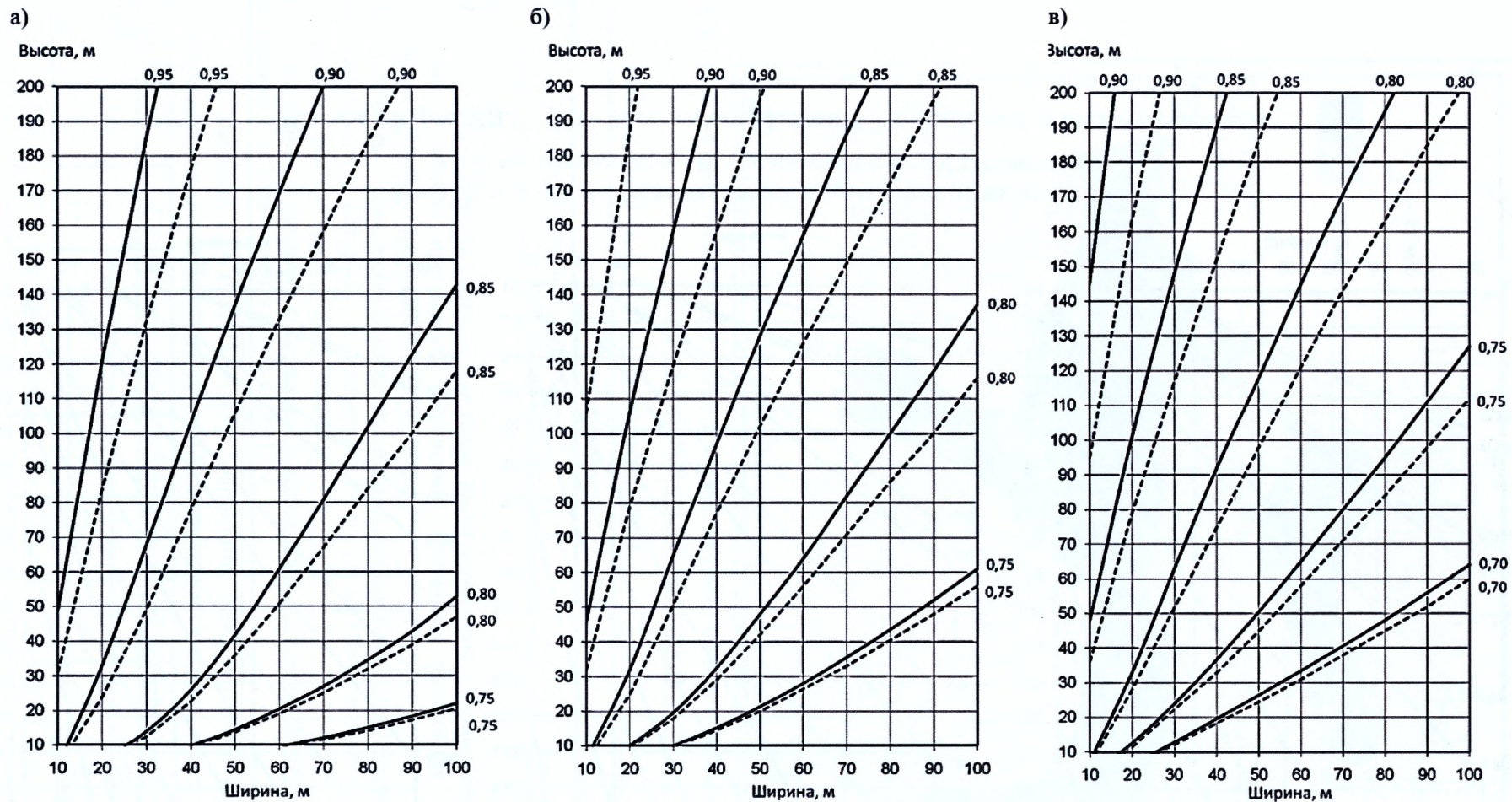
(3) Значение конструкционного коэффициента c_{sca} следует принимать по графикам, приведенным на рисунках 1.5 и 1.6 для криволинейной зависимости, соответствующей ближайшему большему значению коэффициента.



$\delta_s = 0,05$; $v_{b,0} = 21$ м/с (сплошная линия); $v_{b,0} = 23$ м/с (пунктирная линия)

а – II тип местности; б – III тип местности; в – IV тип местности

Рисунок 1.5 (рис. НП.2.2 [8]) – Значения коэффициента $c_s c_d$ для зданий со стальным каркасом



$\delta_s = 0,1$; $v_{b,0} = 21$ м/с (сплошная линия); $v_{b,0} = 23$ м/с (пунктирная линия)

а – II тип местности; б – III тип местности; в – IV тип местности

Рисунок 1.6 (рис. НП.2.3 [8]) – Значения коэффициента $c_s c_d$ для зданий с железобетонным каркасом

и их анкерных креплений с площадью, воспринимающей нагрузку, не превышающей 1 м^2 , например, элементы наружного ограждения и кровли. Значения $C_{pe,10}$ используются для расчета всей конструкции.

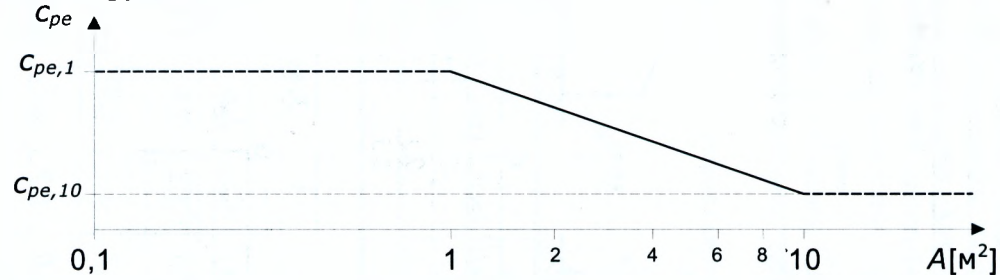
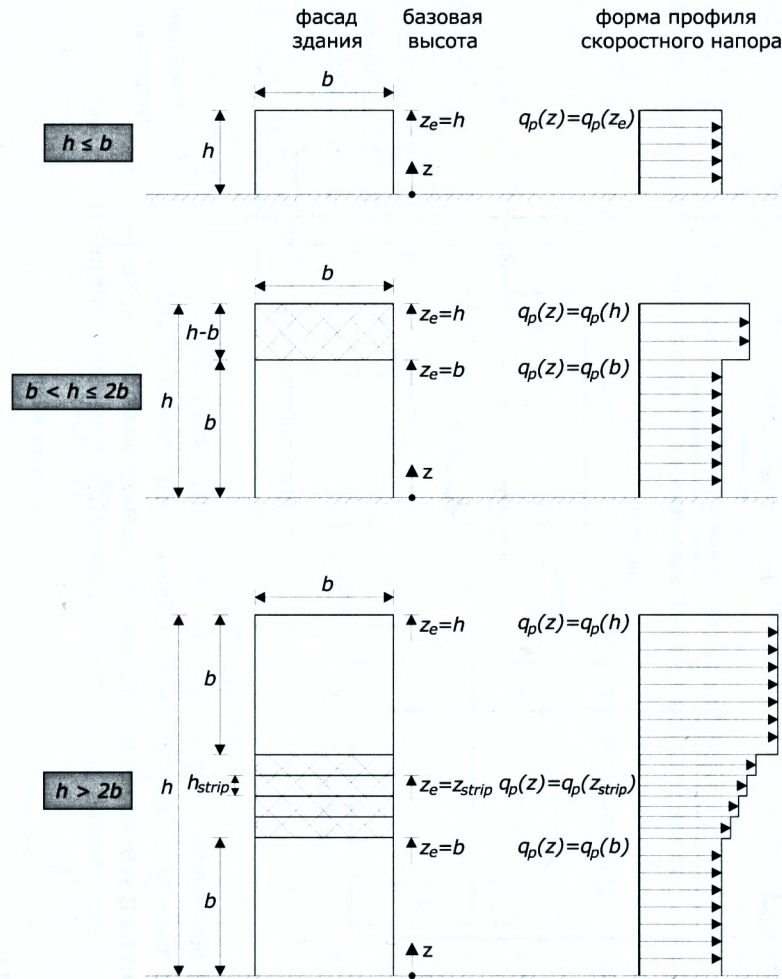


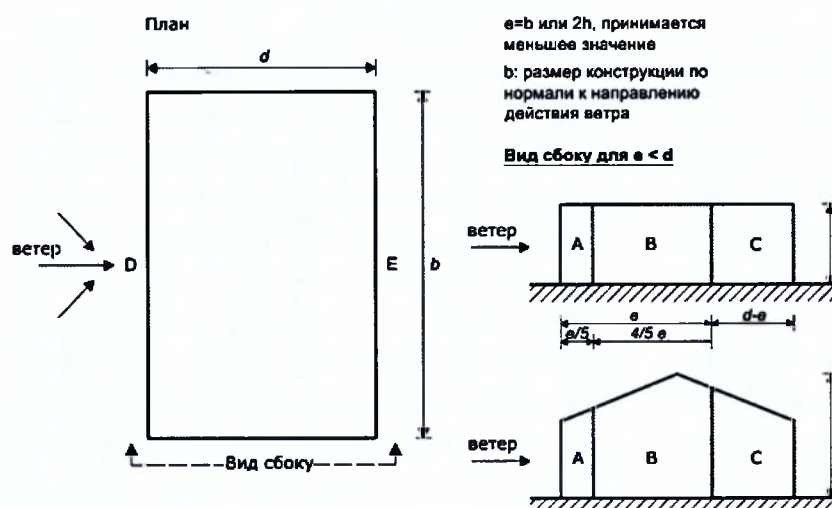
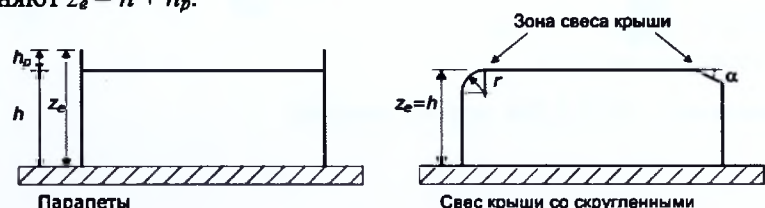
Рисунок 1.7 (рис. 7.2 [8]) – Коэффициенты внешнего давления для зданий в зависимости от воспринимающей нагрузки площади A

(1) Для наветренных стен прямоугольных в плане зданий наружные давления по высоте здания допускается устанавливать дифференцированно согласно рисунку 1.8.



Примечание. Скоростной напор следует принимать

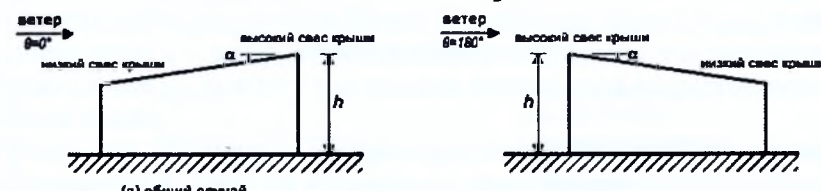
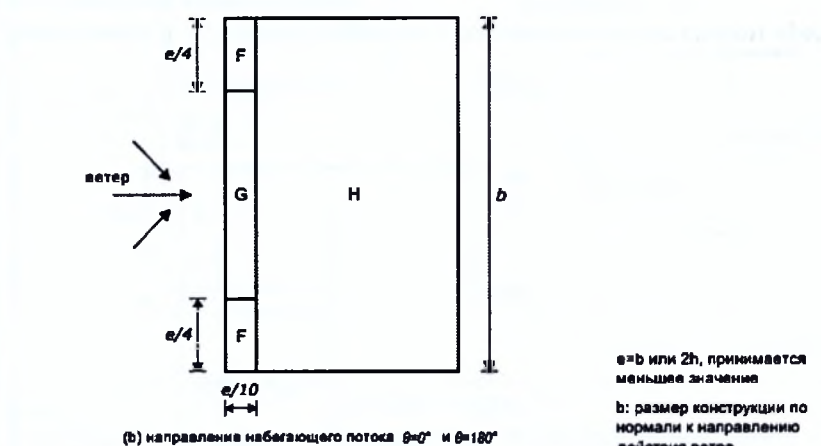
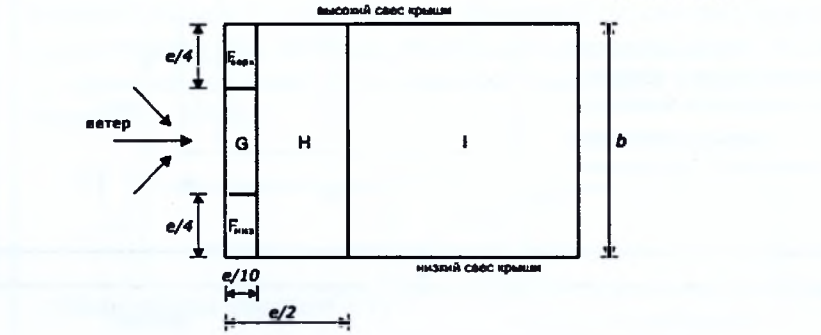
Таблица 1.15 (п. 5.3 [8]) – Аэродинамические коэффициенты давления для зданий

Схемы зданий, сооружений, элементов конструкций и распределения ветровых нагрузок	Коэффициенты наружного давления $C_{pe,10}$ и $C_{pe,1}$																																																																							
1	2																																																																							
<p style="text-align: center;">Вертикальные стены</p>  <p>План</p> <p>d</p> <p>b</p> <p>$e = b$ или $2h$, принимается меньшее значение</p> <p>b: размер конструкции по нормали к направлению действия ветра</p> <p>Вид сбоку для $e < d$</p> <p>Вид сбоку для $e \geq d$</p> <p>Вид сбоку для $e \geq 5d$</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Зона</th> <th colspan="2">A</th> <th colspan="2">B</th> <th colspan="2">C</th> <th colspan="2">D</th> <th colspan="2">E</th> </tr> <tr> <th>h/d</th> <th>$C_{pe,10}$</th> <th>$C_{pe,1}$</th> <th>$C_{pe,10}$</th> <th>$C_{pe,1}$</th> <th>$C_{pe,10}$</th> <th>$C_{pe,1}$</th> <th>$C_{pe,10}$</th> <th>$C_{pe,1}$</th> <th>$C_{pe,10}$</th> <th>$C_{pe,1}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>-1,2</td> <td>-1,4</td> <td>-0,8</td> <td>-1,1</td> <td>-0,5</td> <td>+0,8</td> <td>+1,0</td> <td>-0,7</td> <td>-0,7</td> <td>-0,5</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>-1,2</td> <td>-1,4</td> <td>-0,8</td> <td>-1,1</td> <td>-0,5</td> <td>+0,8</td> <td>+1,0</td> <td>-0,5</td> <td>-0,5</td> <td>-0,5</td> </tr> <tr> <td>$\leq 0,25$</td> <td>-1,2</td> <td>-1,4</td> <td>-0,8</td> <td>-1,1</td> <td>-0,5</td> <td>+0,7</td> <td>+1,0</td> <td>-0,5</td> <td>-0,5</td> <td>-0,5</td> </tr> </tbody> </table>										Зона	A		B		C		D		E		h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,8	+1,0	-0,7	-0,7	-0,5	1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,8	+1,0	-0,5	-0,5	-0,5	$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,7	+1,0	-0,5	-0,5	-0,5							
Зона	A		B		C		D		E																																																															
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$																																																														
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,8	+1,0	-0,7	-0,7	-0,5																																																														
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,8	+1,0	-0,5	-0,5	-0,5																																																														
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,7	+1,0	-0,5	-0,5	-0,5																																																														
<p style="text-align: center;">Плоские покрытия</p> <p>Плоские покрытия – это покрытия, имеющие уклон менее $\pm 5^\circ$. Базовую высоту z_e для плоских покрытий со свесом крыши со скругленными или острыми углами или мансардным свесом крыши применяют равной h, для плоских покрытий с парапетом применяют $z_e = h + h_p$.</p>  <p>Парапеты</p> <p>Свес крыши со скругленными или острыми углами</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Тип покрытия (крыши)</th> <th colspan="8">Зона</th> </tr> <tr> <th colspan="2">F</th> <th colspan="2">G</th> <th colspan="2">H</th> <th colspan="2">I</th> </tr> <tr> <th>$C_{pe,10}$</th> <th>$C_{pe,1}$</th> <th>$C_{pe,10}$</th> <th>$C_{pe,1}$</th> <th>$C_{pe,10}$</th> <th>$C_{pe,1}$</th> <th>$C_{pe,10}$</th> <th>$C_{pe,1}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Свес крыши с острыми углами</td> <td>-1,8</td> <td>-2,5</td> <td>-1,2</td> <td>-2,0</td> <td>-0,7</td> <td>-1,2</td> <td>+0,2</td> <td>-0,2</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">С парапетом</td> <td>$h_p/h=0,025$</td> <td>-1,6</td> <td>-2,2</td> <td>-1,1</td> <td>-1,8</td> <td>-0,7</td> <td>-1,2</td> <td>+0,2</td> <td>-0,2</td> </tr> <tr> <td>$h_p/h=0,05$</td> <td>-1,4</td> <td>-2,0</td> <td>-0,9</td> <td>-1,6</td> <td>-0,7</td> <td>-1,2</td> <td>+0,2</td> <td>-0,2</td> </tr> <tr> <td>$h_p/h=0,10$</td> <td>-1,2</td> <td>-1,8</td> <td>-0,8</td> <td>-1,4</td> <td>-0,7</td> <td>-1,2</td> <td>+0,2</td> <td>-0,2</td> </tr> </tbody> </table>										Тип покрытия (крыши)	Зона								F		G		H		I		$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	Свес крыши с острыми углами	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	С парапетом	$h_p/h=0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	$h_p/h=0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	$h_p/h=0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
Тип покрытия (крыши)	Зона																																																																							
	F		G		H		I																																																																	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$																																																																
Свес крыши с острыми углами	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2																																																																
С парапетом	$h_p/h=0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2																																																															
	$h_p/h=0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2																																																															
	$h_p/h=0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2																																																															

Продолжение таблицы 1.15

1		2																																																																																																							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="3">Тип покрытия (крыши)</th> <th colspan="8">Зона</th> </tr> <tr> <th colspan="2">F</th> <th colspan="2">G</th> <th colspan="2">H</th> <th colspan="2">I</th> </tr> <tr> <th>Сре,10</th> <th>Сре,1</th> <th>Сре,10</th> <th>Сре,1</th> <th>Сре,10</th> <th>Сре,1</th> <th>Сре,10</th> <th>Сре,1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Свес крыши со скругленными углами</td> <td>$r/h=0,05$</td> <td>-1,0</td> <td>-1,5</td> <td>-1,2</td> <td>-1,8</td> <td colspan="2">-0,4</td> <td colspan="2">+0,2</td> <td colspan="2">-0,2</td> </tr> <tr> <td>$r/h=0,10$</td> <td>-0,7</td> <td>-1,2</td> <td>-0,8</td> <td>-1,4</td> <td colspan="2">-0,3</td> <td colspan="2">+0,2</td> <td colspan="2">-0,2</td> </tr> <tr> <td>$r/h=0,20$</td> <td>-0,5</td> <td>-0,8</td> <td>-0,5</td> <td>-0,8</td> <td colspan="2">-0,3</td> <td colspan="2">+0,2</td> <td colspan="2">-0,2</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Мансардный свес крыши</td> <td>$\alpha = 30^0$</td> <td>-1,0</td> <td>-1,5</td> <td>-1,0</td> <td>-1,5</td> <td colspan="2">-0,3</td> <td colspan="2">+0,2</td> <td colspan="2">-0,2</td> </tr> <tr> <td>$\alpha = 45^0$</td> <td>-1,2</td> <td>-1,8</td> <td>-1,3</td> <td>-1,9</td> <td colspan="2">-0,4</td> <td colspan="2">+0,2</td> <td colspan="2">-0,2</td> </tr> <tr> <td>$\alpha = 60^0$</td> <td>-1,3</td> <td>-1,9</td> <td>-1,3</td> <td>-1,9</td> <td colspan="2">-0,5</td> <td colspan="2">+0,2</td> <td colspan="2">-0,2</td> </tr> </tbody> </table>										Тип покрытия (крыши)		Зона								F		G		H		I		Сре,10	Сре,1	Сре,10	Сре,1	Сре,10	Сре,1	Сре,10	Сре,1	Свес крыши со скругленными углами	$r/h=0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+0,2		-0,2		$r/h=0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+0,2		-0,2		$r/h=0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+0,2		-0,2		Мансардный свес крыши	$\alpha = 30^0$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+0,2		-0,2		$\alpha = 45^0$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+0,2		-0,2		$\alpha = 60^0$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2		-0,2	
Тип покрытия (крыши)		Зона																																																																																																							
		F		G		H		I																																																																																																	
		Сре,10	Сре,1	Сре,10	Сре,1	Сре,10	Сре,1	Сре,10	Сре,1																																																																																																
Свес крыши со скругленными углами	$r/h=0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+0,2		-0,2																																																																																															
	$r/h=0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+0,2		-0,2																																																																																															
	$r/h=0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+0,2		-0,2																																																																																															
Мансардный свес крыши	$\alpha = 30^0$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+0,2		-0,2																																																																																															
	$\alpha = 45^0$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+0,2		-0,2																																																																																															
	$\alpha = 60^0$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2		-0,2																																																																																															
<p>Примечание 1 – Для зон покрытия с парапетом или со свесом крыши со скругленными углами для промежуточных значений h_p/h и r/h допускается линейная интерполяция.</p> <p>Примечание 2 – Для зон мансардного свеса крыши для промежуточных значений α между $\alpha = 30^0$, 45^0 и 60^0 допускается линейная интерполяция. Для $\alpha > 60^0$ допускается линейная интерполяция между значениями для $\alpha = 60^0$ и значениями для плоских покрытий с зоной свеса крыши с острыми углами.</p> <p>Примечание 3 – В зоне I, для которой указываются положительные и отрицательные значения, необходимо учитывать оба значения.</p> <p>Примечание 4 – Коэффициенты внешнего давления для мансардного свеса крыши указываются в коэффициентах внешнего давления для двускатных покрытий с направлением набегающего потока $\theta = 0^0$, зона F и G, в зависимости от угла уклона крыши мансардного типа.</p> <p>Примечание 5 – Для свеса крыши со скругленными углами коэффициенты внешнего давления определяются линейной интерполяцией по кривой между значениями вертикальной стены и покрытия.</p>																																																																																																									

Продолжение таблицы 1.15

1	2																																																																																																																																																																																																																																												
<p>Односкатные покрытия</p>  <p>(а) общий случай</p>  <p>(б) направления набегающего потока $\theta=0^\circ$ и $\theta=180^\circ$</p> <p>$e=b$ или $2h$, принимается меньшее значение b: размер конструкции по нормали к направлению действия ветра</p>  <p>(с) направление набегающего потока $\theta=90^\circ$</p>	<p>Базовую высоту z_e следует принимать равной $z_e = h$.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Угол уклона α</th> <th colspan="6">Зона для направления набегающего потока $\Theta = 0^\circ$</th> <th colspan="6">Зона для направления набегающего потока $\Theta = 180^\circ$</th> </tr> <tr> <th colspan="2">F</th> <th colspan="2">G</th> <th colspan="2">H</th> <th colspan="2">F</th> <th colspan="2">G</th> <th colspan="2">H</th> </tr> <tr> <th>Сре.10</th> <th>Сре.1</th> <th>Сре.10</th> <th>Сре.1</th> <th>Сре.10</th> <th>Сре.1</th> <th>Сре.10</th> <th>Сре.1</th> <th>Сре.10</th> <th>Сре.1</th> <th>Сре.10</th> <th>Сре.1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">5°</td> <td>-1,7</td> <td>-2,5</td> <td>-1,2</td> <td>-2,0</td> <td>-0,6</td> <td>-1,2</td> <td rowspan="2">-2,3</td> <td rowspan="2">-2,5</td> <td rowspan="2">-1,3</td> <td rowspan="2">-2,0</td> <td rowspan="2">-0,8</td> <td rowspan="2">-1,2</td> </tr> <tr> <td colspan="2">+0,0</td> <td colspan="2">+0,0</td> <td colspan="2">+0,0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">15°</td> <td>-0,9</td> <td>-2,0</td> <td>-0,8</td> <td>-1,5</td> <td>-0,3</td> <td></td> <td rowspan="2">-2,5</td> <td rowspan="2">-2,8</td> <td rowspan="2">-1,3</td> <td rowspan="2">-2,0</td> <td rowspan="2">-0,9</td> <td rowspan="2">-1,2</td> </tr> <tr> <td colspan="2">+0,2</td> <td colspan="2">+0,2</td> <td colspan="2">+0,2</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">30°</td> <td>-0,5</td> <td>-1,5</td> <td>-0,5</td> <td>-1,5</td> <td>-0,2</td> <td></td> <td rowspan="2">-1,1</td> <td rowspan="2">-2,3</td> <td rowspan="2">-0,8</td> <td rowspan="2">-1,5</td> <td colspan="2" rowspan="2">-0,8</td> </tr> <tr> <td colspan="2">+0,7</td> <td colspan="2">+0,7</td> <td colspan="2">+0,4</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">45°</td> <td>-0,0</td> <td></td> <td>-0,0</td> <td></td> <td>-0,0</td> <td></td> <td rowspan="2">-0,6</td> <td rowspan="2">-1,3</td> <td colspan="2" rowspan="2">-0,5</td> <td colspan="2" rowspan="2">-0,7</td> </tr> <tr> <td colspan="2">+0,7</td> <td colspan="2">+0,7</td> <td colspan="2">+0,6</td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>+0,7</td> <td></td> <td>+0,7</td> <td></td> <td>+0,7</td> <td></td> <td>-0,5</td> <td>-1,0</td> <td colspan="2">-0,5</td> <td colspan="2">-0,5</td> </tr> <tr> <td>75°</td> <td>+0,8</td> <td></td> <td>+0,8</td> <td></td> <td>+0,8</td> <td></td> <td>-0,5</td> <td>-1,0</td> <td colspan="2">-0,5</td> <td colspan="2">-0,5</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Угол уклона α</th> <th colspan="10">Зона направления набегающего потока $\Theta = 90^\circ$</th> </tr> <tr> <th colspan="2">$F_{верх}$</th> <th colspan="2">$F_{низ}$</th> <th colspan="2">G</th> <th colspan="2">H</th> <th colspan="2">I</th> </tr> <tr> <th>Сре.10</th> <th>Сре.1</th> <th>Сре.10</th> <th>Сре.1</th> <th>Сре.10</th> <th>Сре.1</th> <th>Сре.10</th> <th>Сре.1</th> <th>Сре.10</th> <th>Сре.1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5°</td> <td>-2,1</td> <td>-2,6</td> <td>-2,1</td> <td>-2,4</td> <td>-1,8</td> <td>-2,0</td> <td>-0,6</td> <td>-1,2</td> <td colspan="2">-0,5</td> </tr> <tr> <td>15°</td> <td>-2,4</td> <td>-2,9</td> <td>-1,6</td> <td>-2,4</td> <td>-1,9</td> <td>-2,5</td> <td>-0,8</td> <td>-1,2</td> <td>-0,7</td> <td>-1,2</td> </tr> <tr> <td>30°</td> <td>-2,1</td> <td>-2,9</td> <td>-1,3</td> <td>-2,0</td> <td>-1,5</td> <td>-2,0</td> <td>-1,0</td> <td>-1,3</td> <td>-0,8</td> <td>-1,2</td> </tr> <tr> <td>45°</td> <td>-1,5</td> <td>-2,4</td> <td>-1,3</td> <td>-2,0</td> <td>-1,4</td> <td>-2,0</td> <td>-1,0</td> <td>-1,3</td> <td>-0,9</td> <td>-1,2</td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>-1,2</td> <td>-2,0</td> <td>-1,2</td> <td>-2,0</td> <td>-1,2</td> <td>-2,0</td> <td>-1,0</td> <td>-1,3</td> <td>-0,7</td> <td>-1,2</td> </tr> <tr> <td>75°</td> <td>-1,2</td> <td>-2,0</td> <td>-1,2</td> <td>-2,0</td> <td>-1,2</td> <td>-2,0</td> <td>-1,0</td> <td>-1,3</td> <td colspan="2">-0,5</td> </tr> </tbody> </table>	Угол уклона α	Зона для направления набегающего потока $\Theta = 0^\circ$						Зона для направления набегающего потока $\Theta = 180^\circ$						F		G		H		F		G		H		Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2	+0,0		+0,0		+0,0		15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	+0,2		+0,2		+0,2		30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8		+0,7		+0,7		+0,4		45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7		+0,7		+0,7		+0,6		60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5		75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5		Угол уклона α	Зона направления набегающего потока $\Theta = 90^\circ$										$F_{верх}$		$F_{низ}$		G		H		I		Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5		15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2	30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2	45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2	60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2	75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5	
Угол уклона α	Зона для направления набегающего потока $\Theta = 0^\circ$						Зона для направления набегающего потока $\Theta = 180^\circ$																																																																																																																																																																																																																																						
	F		G		H		F		G		H																																																																																																																																																																																																																																		
	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1																																																																																																																																																																																																																																	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2																																																																																																																																																																																																																																	
	+0,0		+0,0		+0,0																																																																																																																																																																																																																																								
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2																																																																																																																																																																																																																																	
	+0,2		+0,2		+0,2																																																																																																																																																																																																																																								
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8																																																																																																																																																																																																																																		
	+0,7		+0,7		+0,4																																																																																																																																																																																																																																								
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7																																																																																																																																																																																																																																		
	+0,7		+0,7		+0,6																																																																																																																																																																																																																																								
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5																																																																																																																																																																																																																																		
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5																																																																																																																																																																																																																																		
Угол уклона α	Зона направления набегающего потока $\Theta = 90^\circ$																																																																																																																																																																																																																																												
	$F_{верх}$		$F_{низ}$		G		H		I																																																																																																																																																																																																																																				
	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1	Сре.10	Сре.1																																																																																																																																																																																																																																			
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5																																																																																																																																																																																																																																				
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2																																																																																																																																																																																																																																			
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2																																																																																																																																																																																																																																			
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2																																																																																																																																																																																																																																			
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2																																																																																																																																																																																																																																			
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5																																																																																																																																																																																																																																				

Продолжение таблицы 1.15

1	2																																																																																																																																																																																									
<p>Примечание 1 – Для направления набегающего потока $\theta = 0^\circ$ и для углов уклона от $\alpha = +5^\circ$ до $+45^\circ$ происходит быстрое изменение давления от положительных к отрицательным значениям, поэтому указываются как положительные, так и отрицательные значения. Для таких покрытий оба случая необходимо учитывать отдельно: 1. только положительные значения и 2. только отрицательные значения. Сочетание положительных и отрицательных значений для одной и той же поверхности покрытия не допускается.</p> <p>Примечание 2 – Для уклона крыши между указанными значениями допускается линейная интерполяция, в случае если знак коэффициента давления не меняется. Значение, равное нулю, указано в целях интерполяции.</p>																																																																																																																																																																																										
<p style="text-align: center;">Двухскатные покрытия</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Двухскатное покрытие (а) общий случай</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Покрытие корытообразного сечения</p> </div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p>(б) направление набегающего потока $\theta=0^\circ$</p> <p style="font-size: small;">$e=b$ или $2h$, принимается меньшее значение b: размер конструкции по нормали к направлению действия ветра</p> </div>	<p>Базовую высоту z_e следует принимать равной $z_e = h$.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Угол уклона α</th> <th colspan="10">Зона для направления набегающего потока $\Theta = 0^\circ$</th> </tr> <tr> <th colspan="2">F</th> <th colspan="2">G</th> <th colspan="2">H</th> <th colspan="2">I</th> <th colspan="2">J</th> </tr> <tr> <th>Сре,10</th> <th>Сре,1</th> <th>Сре,10</th> <th>Сре,1</th> <th>Сре,10</th> <th>Сре,1</th> <th>Сре,10</th> <th>Сре,1</th> <th>Сре,10</th> <th>Сре,1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-45°</td> <td>-0,6</td> <td></td> <td>-0,6</td> <td></td> <td>-0,8</td> <td></td> <td>-0,7</td> <td></td> <td>-1,0</td> <td>-1,5</td> </tr> <tr> <td>-30°</td> <td>-1,1</td> <td>-2,0</td> <td>-0,8</td> <td>-1,5</td> <td>-0,8</td> <td></td> <td>-0,6</td> <td></td> <td>-0,8</td> <td>-1,4</td> </tr> <tr> <td>-15°</td> <td>-2,5</td> <td>-2,8</td> <td>-1,3</td> <td>-2,0</td> <td>-0,9</td> <td>-1,2</td> <td>-0,5</td> <td></td> <td>-0,7</td> <td>-1,2</td> </tr> <tr> <td>-5°</td> <td>-2,3</td> <td>-2,5</td> <td>-1,2</td> <td>-2,0</td> <td>-0,8</td> <td>-1,2</td> <td>+0,2</td> <td></td> <td>+0,2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5°</td> <td>-1,7</td> <td>-2,5</td> <td>-1,2</td> <td>-2,0</td> <td>-0,6</td> <td>-1,2</td> <td>-0,6</td> <td></td> <td>-0,6</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>+0,0</td> <td></td> <td>+0,0</td> <td></td> <td>+0,0</td> <td></td> <td>-0,6</td> <td></td> <td>-0,6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>15°</td> <td>-0,9</td> <td>-2,0</td> <td>-0,8</td> <td>-1,5</td> <td>-0,3</td> <td></td> <td>-0,4</td> <td></td> <td>-1,0</td> <td>-1,5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>+0,2</td> <td></td> <td>+0,2</td> <td></td> <td>+0,2</td> <td></td> <td>+0,0</td> <td></td> <td>+0,0</td> <td>+0,0</td> </tr> <tr> <td>30°</td> <td>-0,5</td> <td>-1,5</td> <td>-0,5</td> <td>-1,5</td> <td>-0,2</td> <td></td> <td>-0,4</td> <td></td> <td>-0,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>+0,7</td> <td></td> <td>+0,7</td> <td></td> <td>+0,7</td> <td></td> <td>+0,0</td> <td></td> <td>+0,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>45°</td> <td>-0,0</td> <td></td> <td>-0,0</td> <td></td> <td>-0,0</td> <td></td> <td>-0,2</td> <td></td> <td>-0,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>+0,7</td> <td></td> <td>+0,7</td> <td></td> <td>+0,6</td> <td></td> <td>+0,0</td> <td></td> <td>+0,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>+0,7</td> <td></td> <td>+0,7</td> <td></td> <td>+0,7</td> <td></td> <td>-0,2</td> <td></td> <td>-0,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>75°</td> <td>+0,8</td> <td></td> <td>+0,8</td> <td></td> <td>+0,8</td> <td></td> <td>-0,2</td> <td></td> <td>-0,3</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Угол уклона α	Зона для направления набегающего потока $\Theta = 0^\circ$										F		G		H		I		J		Сре,10	Сре,1	Сре,10	Сре,1	Сре,10	Сре,1	Сре,10	Сре,1	Сре,10	Сре,1	-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5	-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4	-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2	-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2		5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		-0,6			+0,0		+0,0		+0,0		-0,6		-0,6		15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5		+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0	30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5			+0,7		+0,7		+0,7		+0,0		+0,0		45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3			+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0		60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3		75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	
Угол уклона α	Зона для направления набегающего потока $\Theta = 0^\circ$																																																																																																																																																																																									
	F		G		H		I		J																																																																																																																																																																																	
	Сре,10	Сре,1	Сре,10	Сре,1	Сре,10	Сре,1	Сре,10	Сре,1	Сре,10	Сре,1																																																																																																																																																																																
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5																																																																																																																																																																																
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4																																																																																																																																																																																
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2																																																																																																																																																																																
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2																																																																																																																																																																																	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		-0,6																																																																																																																																																																																	
	+0,0		+0,0		+0,0		-0,6		-0,6																																																																																																																																																																																	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5																																																																																																																																																																																
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0																																																																																																																																																																																
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5																																																																																																																																																																																	
	+0,7		+0,7		+0,7		+0,0		+0,0																																																																																																																																																																																	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3																																																																																																																																																																																	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0																																																																																																																																																																																	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3																																																																																																																																																																																	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3																																																																																																																																																																																	

Окончание таблицы 1.15

1		2								
<p>(с) направление набегающего потока $\theta=90^\circ$</p>		Зона для направления набегающего потока $\Theta=90^\circ$								
		F		G		H		I		
		Срв.10	Срв.1	Срв.10	Срв.1	Срв.10	Срв.1	Срв.10	Срв.1	
		-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
		-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
		-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
		-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
		5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
		15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-1,2
		30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	-1,2
		45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	-1,2
		60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2
		75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2
<p>Примечание 1 – Для направления набегающего потока $\theta = 0^\circ$ и для углов уклона от $\alpha = +5^\circ$ до $+45^\circ$ происходит быстрое изменение давления от положительных к отрицательным значениям, поэтому указываются как положительные, так и отрицательные значения. Для таких покрытий необходимо учитывать четыре случая, при которых комбинируются соответственно наименьшие или наибольшие значения для зон F, G и H с наименьшим или наибольшим значениями зон I и J. Сочетание положительных и отрицательных значений на одной и той же поверхности покрытия не допускается.</p> <p>Примечание 2 – Для уклонов крыши между указанными значениями допускается линейная интерполяция, в случае если знак коэффициента давления не меняется. (Между значениями $\alpha = +5^\circ$ и $\alpha = -5^\circ$ интерполяция не допускается, вместо этого необходимо использовать значения для плоских покрытий). Значение, равное нулю, указано в целых интерполяции.</p>										

1.5 Предельные состояния эксплуатационной пригодности

(1) Предельные состояния, относящиеся к:

- функционированию конструкции или элементов конструкции при нормальных условиях эксплуатации;
- комфорту пользователей;
- внешнему виду строительных объектов, классифицируются как предельные состояния эксплуатационной пригодности.

Примечание – Для характеристики эксплуатационной пригодности критериями «внешнего вида» являются недопустимо большие прогибы и недопустимая ширина раскрытия трещин, исключая другие показатели.

(2) При проверках предельных состояний эксплуатационной пригодности следует пользоваться критериями, касающимися:

- а) деформаций, которые оказывают влияние на:
 - внешний вид строительного объекта;
 - комфорт пользователя;
 - функционирование конструкций (включая функционирование оборудования, инженерных сетей и обслуживающего персонала), или которые вызывают повреждения отделочных слоев или неконструктивных элементов;
- б) колебаний, которые:
 - вызывают дискомфорт для пользователя;
 - ограничивают функциональность конструкции;
- с) повреждений, которые могут отрицательно влиять на:
 - внешний вид строительного объекта;
 - долговечность;
 - функционирование конструкции.

(3) Если в EN 1991 – EN 1999 не установлено другое, то для предельного состояния эксплуатационной пригодности рекомендуется применять частные коэффициенты, равные 1,0.

Таблица 1.16 (т. А4 [5]) – Расчетные значения воздействий, применяемые для сочетаний воздействий при проверке критериев эксплуатационной пригодности

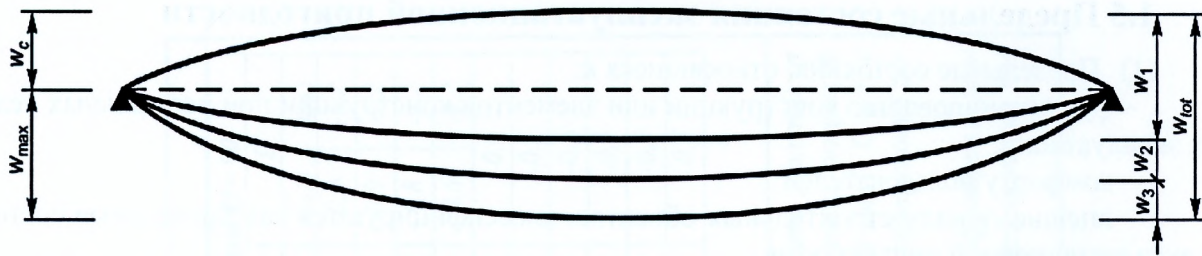
Сочетание	Постоянные воздействия G_d		Переменные воздействия Q_d	
	неблагоприятные	благоприятные	доминирующее	прочие
Характеристическое (редкое)	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$Q_{k,1}$	$\Psi_{0,i}Q_{k,i}$
Частое	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$\Psi_{1,1}Q_{k,1}$	$\Psi_{2,i}Q_{k,i}$
Практически постоянное	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$\Psi_{2,1}Q_{k,1}$	$\Psi_{2,i}Q_{k,i}$

(4) Критерии эксплуатационной пригодности рекомендуется устанавливать для каждого отдельного проекта и согласовывать с заказчиком.

(5) Вертикальные и горизонтальные деформации рекомендуется рассчитывать в соответствии с EN 1992 – EN 1999 при использовании соответствующих сочетаний воздействий согласно выражениям (6.14a) – (6.16b), учитывая требования эксплуатационной пригодности. Особое внимание следует обращать на разграничение обратимых и необратимых предельных состояний. Вертикальные перемещения схематично представлены на рисунке 1.9.

(6) Если рассматривается функционирование или повреждение конструкции, отделки или несущих элементов (например, перегородок, заполнений), то при проверке по перемещениям (прогибам) рекомендуется учитывать такие эффекты от постоянных и переменных воздействий, которые появляются после возведения элемента или завершения отделки.

(7) Если рассматривается *внешний вид конструкции*, рекомендуется использовать практически постоянное сочетание воздействий (выражение (6.16b)).



w_c – предварительный выгиб в ненагруженном элементе конструкции;
 w_1 – начальная часть прогиба от постоянных нагрузок на соответствующем сочетании воздействий согласно выражениям (6.14а) – (6.16b); w_2 – длительная часть прогиба от постоянных нагрузок; w_3 – дополнительная часть прогиба, вызванная переменными воздействиями при соответствующем сочетании воздействий согласно выражениям (6.14а) – (6.16b); w_{tot} – полный прогиб, равный сумме $w_1 + w_2 + w_3$;
 w_{max} – остаточный полный прогиб с учетом выгиба

Рисунок 1.9 – Определение вертикальных перемещений

(8) Если рассматривается комфорт пользователя или функционирование оборудования, проверки должны учитывать эффекты от соответствующих переменных воздействий.

(9) При расчете строительных конструкций по прогибам (выгибам) и перемещениям должно быть выполнено условие

$$a \leq a_{lim}, \quad (1.10)$$

где a – прогиб (выгиб) и перемещение элемента конструкции (или конструкции в целом);

a_{lim} – предельный прогиб (выгиб) и перемещение, рекомендуется принимать в соответствии с требованиями таблицы 1.17 или по [4].

Таблица 1.17 (т. 19 [4]) – Вертикальные предельные прогибы элементов

Элементы конструкций	Предъявленные требования	Вертикальные предельные прогибы a_{lim}
Балки, фермы, ригели, прогоны, плиты, настилы (включая поперечные ребра плит и настилов)		
а) покрытий и перекрытий, открытых для обзора, при расчетном пролете l , м	Эстетико - психологические	
$l < 1$		1/120
$l = 3$		1/150
$l = 6$		1/200
$l = 24$ (12)		1/250
$l = 36$ (14)		1/300
Примечания:		
1. Для консоли вместо l следует принимать удвоенный ее вылет.		
2. Для промежуточных значений l предельные прогибы следует определять линейной интерполяцией, учитывая требования п. 7 рекомендуемого приложения 6 [4].		
3. Цифры, указанные в скобках, следует принимать при высоте помещений до 6 м включительно.		
4. При ограничении прогибов эстетико-психологическими требованиями допускается пролет l принимать равным расстоянию между внутренними поверхностями несущих стен (или колонн).		
5. В конструкциях со строительным подъемом прогиб следует уменьшать на величину строительного подъема (приложение 6, пункт 9 [4]).		

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.

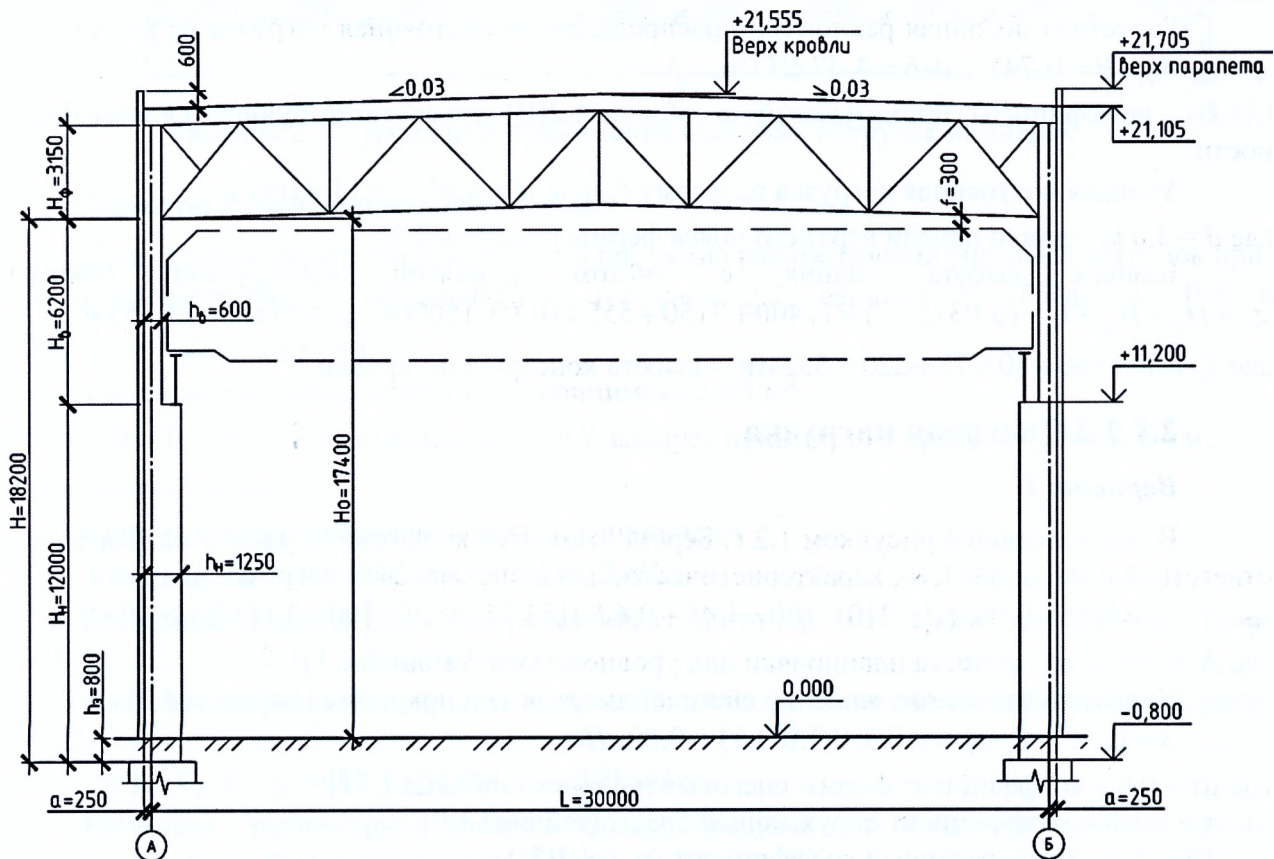


Рисунок 2.1 – Схема поперечной рамы

2.1.2 Определение нагрузок на раму

2.1.2.1 Постоянная нагрузка

Нагрузки на 1 м² кровли представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Поверхностная распределенная нагрузка от кровли здания

№ п/п	Состав покрытия	Характеристическое значение g_k , кПа	Частный коэффициент γ_G	Расчетное значение g_d , кПа
1	Водоизоляционный ковер ПВХ-мембрана	0,02	1,35	0,027
2	Минеральная вата $\gamma=1,85$ кН/м ³ , $t=50$ мм	0,093		0,1256
3	Минеральная вата $\gamma=1,15$ кН/м ³ , $t=160$ мм	0,184		0,2484
4	Минеральная вата $\gamma=1,85$ кН/м ³ , $t=50$ мм	0,093		0,1256
5	Стальной профилированный настил Н75-750-0,8 ГОСТ 24045	0,112	1,2	0,1344
6	Стальные прогоны 6 м [22П* по ГОСТ 8240-97	0,07		0,084
	Итого:	0,572	–	0,745

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

Расчетная погонная равномерно распределенная постоянная нагрузка на ригель рамы $q = g_d \cdot k_{FI} \cdot B = 0,745 \cdot 1,0 \cdot 6 = 4,47$ кН / м, где k_{FI} – коэффициент, принимаемый по таблице 1.2(В) для соответствующего класса надежности.

Узловая постоянная нагрузка на ферму $F_G = q \cdot d = 4,47 \cdot 3 = 13,41$ кН, где $d = 3,0$ м – длина панели верхнего пояса фермы (рисунок 2.2).

Базовая высота здания с учётом принятой конструкции покрытия $z_e = H_0 + H_\phi + t_k + (0,03 \cdot L / 2) = 17400 + 3150 + 555 + (0,03 \cdot 15000) = 21555$ мм = 21,555 м, где $t_k = 50 + 160 + 50 + 75 + 220 = 555$ мм – высота конструкции кровли.

2.1.2.2 Снеговая нагрузка

Вариант 1

В соответствии с рисунком 1.2 г. Береза относится к снеговому району 2в. Тогда, в соответствии с таблицей 1.10, характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт $s_k = 1,45 + 0,60 \cdot (A - 210) / 100 = 1,45 + 0,60 \cdot (153,32 - 210) / 100 = 1,11$ кПа $\geq 1,0$ кПа, где $A = 153,32$ м – отметка планировки над уровнем моря (таблица 2.1).

Характеристическое значение снеговой нагрузки на покрытие (формула 1.3)

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,11 = 0,89 \text{ кПа,}$$

где $\mu_i = 0,8$ – коэффициент формы снеговых нагрузок (таблица 1.11);

$C_e = 1,0$ – коэффициент окружающей среды (таблица 1.9);

$C_t = 1,0$ – температурный коэффициент (п. 1.4.3(3)).

Расчетная погонная равномерно распределенная нагрузка от снега на ригель рамы по варианту 1 (рисунок 2.2, вариант 1)

$$q_s = s \cdot \gamma_Q \cdot k_{FI} \cdot B = 0,89 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 6 = 8,01 \text{ кН / м,}$$

где $B=6\text{м}$ – шаг колонн;

$$\gamma_Q = 1,5, \text{ т.к. } \frac{s}{\sum (g_k + g_{k1}) + s} = \frac{0,89}{(0,572 + 0,5) + 0,89} = 0,454 < 0,5;$$

$g_{k1} = 0,5 \text{ кПа}$ – предполагаемый расход металла на 1 м^2 от веса каркаса здания (для каркасов промышленных зданий с мостовыми кранами характеристическое значение нагрузки от собственного веса конструкций рекомендуется принимать в пределах $0,4 \dots 0,6 \text{ кПа}$).



Рисунок 2.2 – Варианты приложения снеговых нагрузок на здание

Вариант 2 (при наличии парапетов)

При наличии парапетов высотой $h=0,6\text{м}$, схема распределения снеговых нагрузок принята в соответствии с таблицей 1.12 (рисунок 2.2, вариант 2). Тогда $\mu_1 = 0,8$ и $\mu_2 = \gamma \cdot h / s_k = 2 \cdot 0,6 / 1,11 = 1,08$,

где γ – удельный вес снега, допускается принимать 2 кН/м^3 ;

$l_s = 2h = 0,6 \cdot 2 = 1,2 \text{ м}$, ограничение для l_s следует принимать в пределах $2 \text{ м} \leq l_s \leq 6 \text{ м}$, окончательно $l_s = 2 \text{ м}$.

Снеговая нагрузка на покрытие у парапета, узел 1

$$s = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,08 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,11 = 1,2 \text{ кПа.}$$

Расчетная равномерно распределенная нагрузка от снега на ригель рамы $q_s = s \cdot \gamma_Q \cdot k_{FI} \cdot B = 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 6 = 10,8 \text{ кН / м}$.

Снеговая нагрузка на покрытие на расстоянии более 2м от парапета (узлы 2...10, рисунок 2.2)

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,11 = 0,89 \text{ кПа.}$$

Расчетная равномерно распределенная нагрузка от снега на ригель рамы $q_s = s \cdot \gamma_Q \cdot k_{FI} \cdot B = 0,89 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 6 = 8,01 \text{ кН / м}$.

Таблица 2.3 – Расчет узловой снеговой нагрузки

Узлы 1, 11 (рисунок 2.2)	
$F_Q = \frac{10,8 + 8,71}{2} \cdot 1,5 = 14,63 \text{ кН}$	
Узлы 2, 10 (рисунок 2.2)	
$F_Q = \frac{8,01 + 8,71}{2} \cdot 0,5 + 8,01 \cdot 2,5 = 24,21 \text{ кН}$	
Узлы 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (рисунок 2.2)	
$F_Q = 8,01 \cdot 3 = 24,03 \text{ кН}$	

2.1.2.3 Ветровая нагрузка

Город Берёза относится к ветровому району с основным значением базовой скорости ветра $v_{b,0} = 21 \text{ м/с}$ (см. рисунок 1.4).

Для определения значения коэффициента, учитывающего направление ветра, используя «Справочник по климату Беларуси. Часть 4. Ветер, атмосферное давление» [13], выполним построение розы ветров для климатических условий г. Берёзы (рисунок 2.3).

Принимая $c_{dir} = 1,0$ для наиболее вероятных направлений ветра (секторы С и СЗ), как частное от деления средней годовой скорости ветра для рассматриваемого направления и для наиболее вероятного направления ветра, были определены значения коэффициента c_{dir} для всех секторов. Т. к. в соответствии с исходными данными имеет место восточное расположение проектируемого промышленного здания, принимаем $c_{dir} = 0,79$.

В случае отсутствия официальных данных о средней скорости ветра по направлениям для заданного населенного пункта, в расчетах следует принимать значение c_{dir} согласно таблице 1.14. Если же привязка проектируемого здания на местности не определена, рекомендуемое значение коэффициента, учитывающего направление ветра, $c_{dir} = 1,0$.

Таблица 2.4 – Средняя месячная и годовая скорость ветра, м/с, по направлениям для г. Берёзы [13]

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
I	3,4	2,4	2,7	3,3	2,9	3,1	3,3	3,7
II	3,6	2,7	3,0	3,2	3,0	3,3	3,1	3,5
III	3,2	2,7	2,9	3,3	2,9	3,1	3,2	3,6
IV	3,8	2,9	3,0	3,3	2,9	2,9	3,0	3,5
V	3,3	2,7	2,4	2,8	2,5	2,5	2,7	3,2
VI	3,2	2,4	2,1	2,4	2,2	2,3	2,6	3,1
VII	3,0	2,4	2,1	2,3	2,2	2,3	2,6	2,7
VIII	2,6	2,4	2,0	2,2	2,2	2,2	2,5	2,6
IX	2,9	2,7	2,8	2,9	2,5	2,5	2,5	3,0
X	3,3	2,6	2,7	3,1	2,7	2,9	3,0	3,0
XI	3,7	2,7	3,0	3,4	3,0	3,1	3,1	3,4
XII	3,3	3,1	2,8	3,3	3,1	3,4	3,3	3,7
Год	3,3	2,6	2,6	3,0	2,7	2,8	2,9	3,3

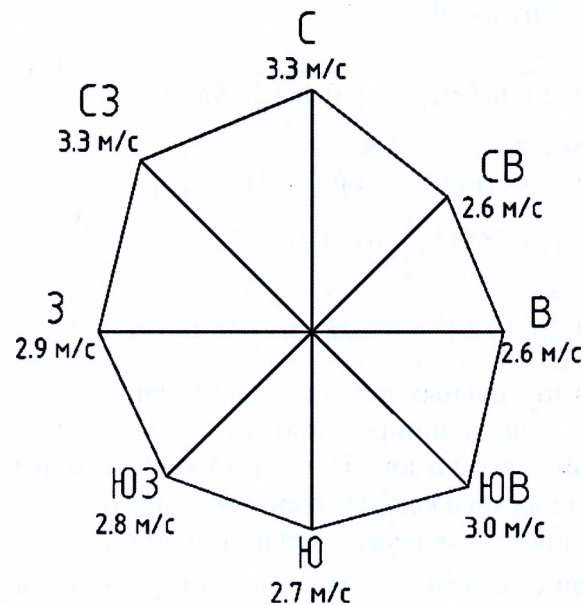


Рисунок 2.3 – Роза ветров для климатических условий г. Берёзы

Базовое значение скорости ветра (формула 1.9)

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 0,79 \cdot 1 \cdot 21 = 16,6 \text{ м/с},$$

где $c_{dir} = 0,79$ – коэффициент, учитывающий направление ветра;

c_{season} – сезонный коэффициент, т. к. проектируемое здание не является временным сооружением, $c_{season} = 1,0$;

$v_{b,0} = 21 \text{ м/с}$ – основное значение базовой скорости ветра (см. рисунок 1.4).

Скоростной напор (формула 1.8)

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 16,6^2 = 172 \text{ Н/м}^2 = 0,172 \text{ кПа}.$$

Пиковое значение скорости напора на базовой высоте z_e , получено согласно расчетным вертикальным размерам здания с учетом принятой конструкции покрытия $z_e = 21,555 \text{ м}$ (рисунок 2.1) для типа местности II

$$q_p(z_e) = c_e(z_e) \cdot q_b = 2,85 \cdot 0,172 = 0,49 \text{ кПа},$$

где $c_e(z_e) = 2,85$ – принимаем по рисунку 1.3.

Уточним пиковое значение скоростного напора $q_p(z)$ с использованием значений средней скорости ветра и интенсивности турбулентности. Коэффициент местности k_r по выражению

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19,$$

где $z_{0,II} = 0,05$ м для типа местности II (таблица 1.13);

$z_0 = 0,05$ м для типа местности II (таблица 1.13).

Коэффициент, учитывающий тип местности, равен

$$c_r(21,555) = k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,19 \cdot \ln \left(\frac{21,555}{0,05} \right) = 1,153,$$

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

Среднюю скорость ветра определим из базового значения скорости с учетом типа местности и орографии

$$v_m(21,555) = c_r(21,555) \cdot c_o(21,555) \cdot v_b = 1,153 \cdot 1,0 \cdot 16,6 = 19,140 \text{ м/с},$$

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

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

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

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

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°) 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
$c_{pe,10} = -1,8$	$c_{pe,10} = -1,2$	$c_{pe,10} = -0,7$	$c_{pe,10} = -0,2, c_{pe,10} = +0,2$

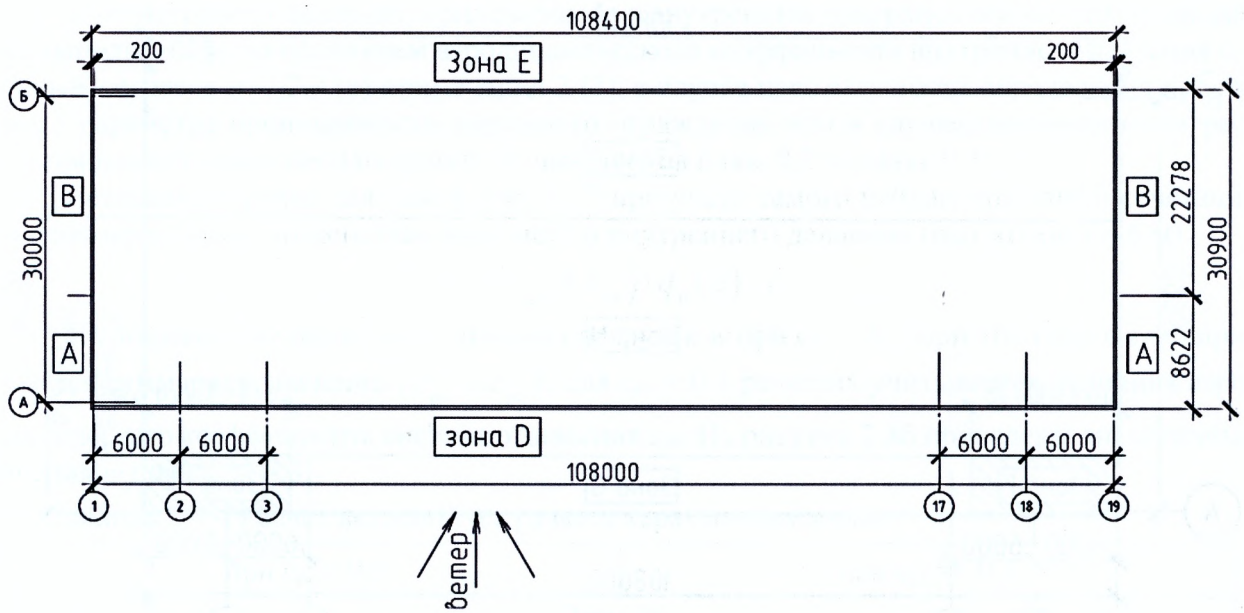
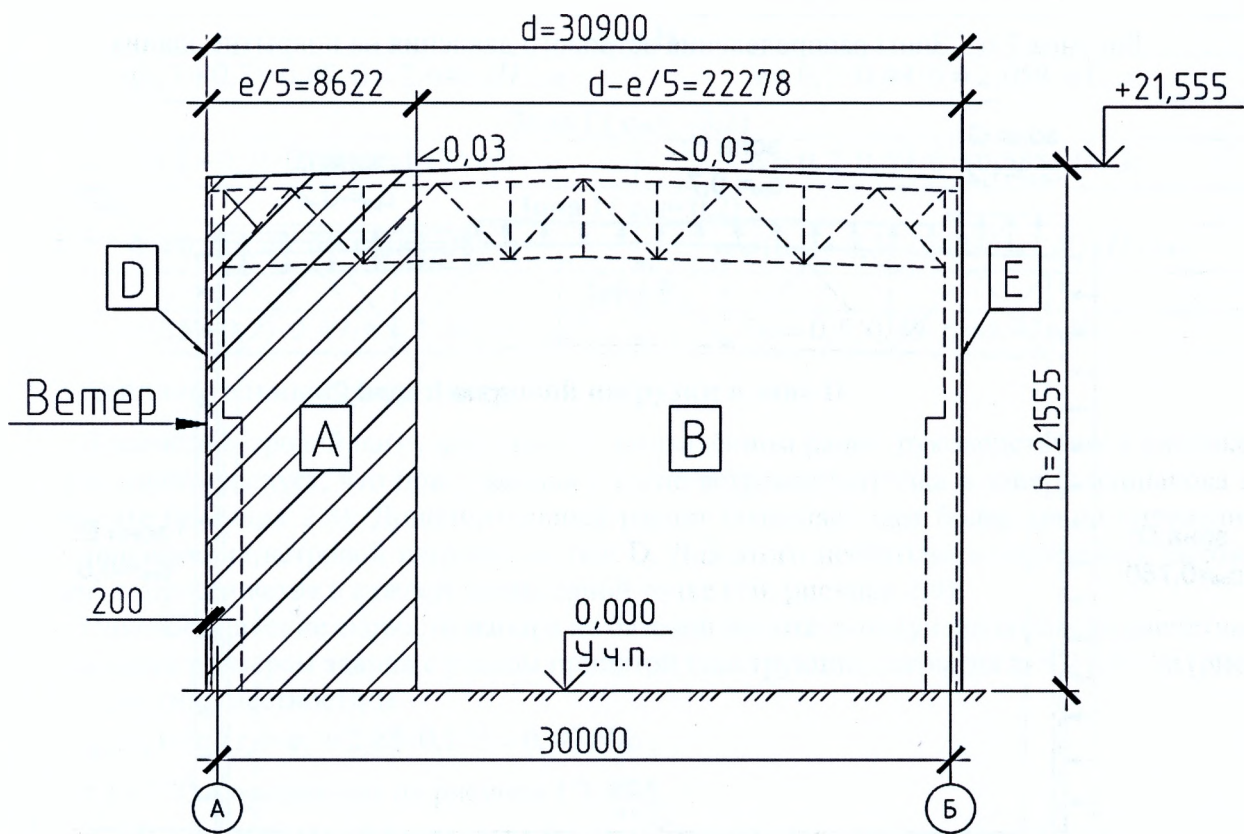


Рисунок 2.4 – Распределение ветрового давления на вертикальные стены



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

Рисунок 2.5 – Распределение ветрового давления на боковые вертикальных стены

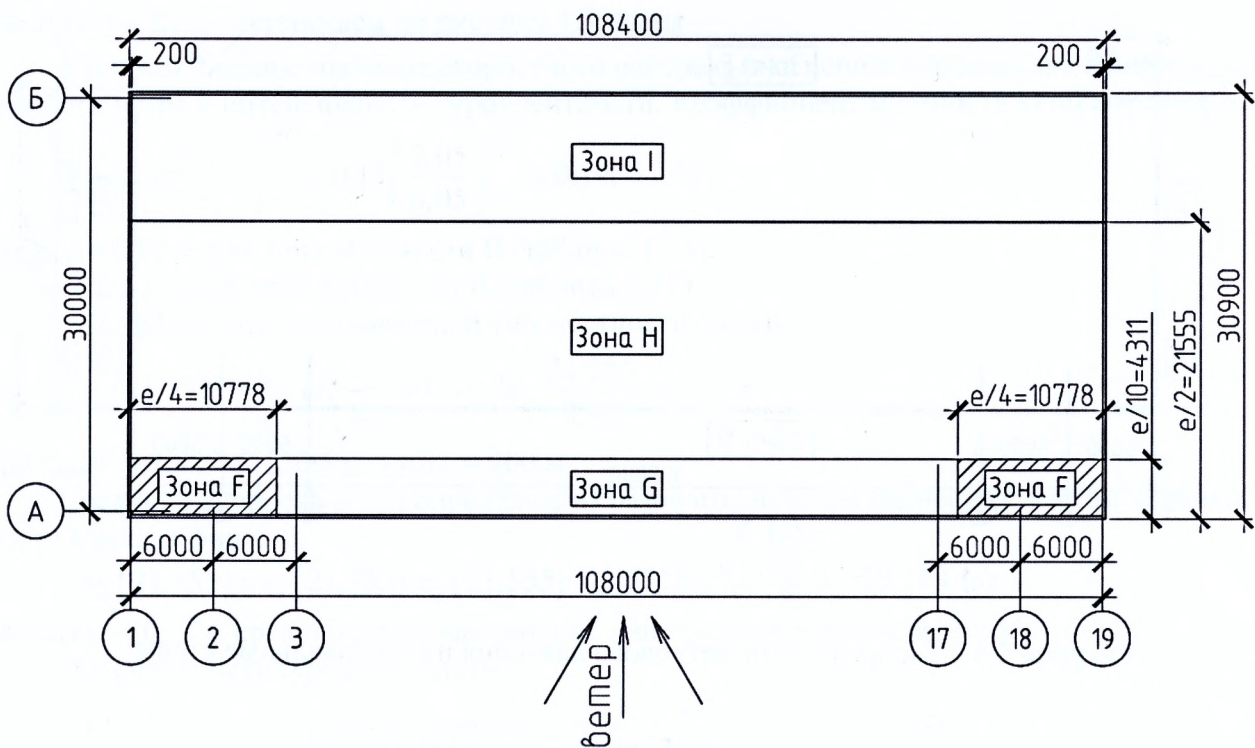


Рисунок 2.6 – Зоны распределение ветрового давления на покрытие здания

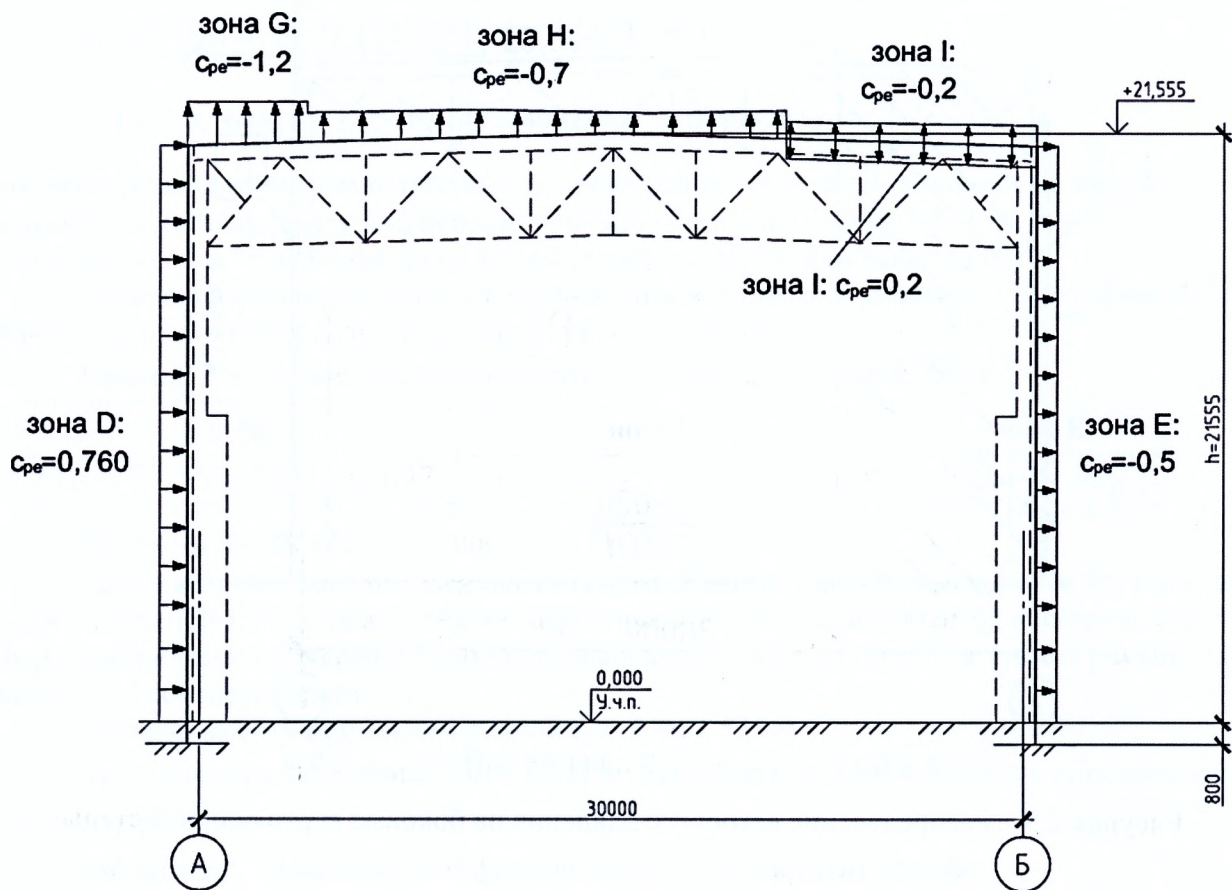


Рисунок 2.7 – Распределение ветрового давления для поперечной рамы

Учет ветрового давления, приложенного к внутренним поверхностям конструкций зданий, выполним с использованием аэродинамического коэффициента внутреннего давления c_{pi} , который, согласно п. 7.2.9 (6) примечания 2 [7], в случае невозможности определения приемлемого параметра проницаемости наружного ограждения или в случае невозможности расчета, принимает самое неблагоприятное значение из плюс 0,2 и минус 0,3.

Ветровая нагрузка для рам в осях 3-17 при учете самого неблагоприятного сочетания при одновременном воздействии внешнего и внутреннего давления (шаг колон $s = 6$ м)

$$w = (c_{pe} + c_{pi}) \cdot q_p(z) \cdot s.$$

На рисунке 2.8а приведены значения нагрузки w при $c_{pi} = 0,2$, при этом для $c_{pe} < 0$ принимается суммарное значение $(c_{pe} + c_{pi})$, для $c_{pe} > 0$ в расчетах учитывается величина аэродинамического коэффициента внешнего давления c_{pe} . На рисунке 2.8б приведены аналогичные значения w при $c_{pi} = -0,3$.

Таблица 2.7 – Расчет ветровой нагрузки в характерных зонах

при $c_{pi} = 0,2$	при $c_{pi} = -0,3$
Зона D	
$w = 0,76 \cdot 0,49 \cdot 6 = 2,234 \text{ кН / м}$	$w = (0,76 + 0,3) \cdot 0,49 \cdot 6 = 3,116 \text{ кН / м}$
Зона G	
$w = (1,2 + 0,2) \cdot 0,49 \cdot 6 = 4,116 \text{ кН / м}$	$w = 1,2 \cdot 0,49 \cdot 6 = 3,528 \text{ кН / м}$
Зона H	
$w = (0,7 + 0,2) \cdot 0,49 \cdot 6 = 2,646 \text{ кН / м}$	$w = 0,7 \cdot 0,49 \cdot 6 = 2,058 \text{ кН / м}$
Зона I ($c_{pe} = -0,2$)	
$w = (0,2 + 0,2) \cdot 0,49 \cdot 6 = 1,176 \text{ кН / м}$	$w = 0,2 \cdot 0,49 \cdot 6 = 0,588 \text{ кН / м}$
Зона I ($c_{pe} = 0,2$)	
$w = 0,2 \cdot 0,49 \cdot 6 = 0,588 \text{ кН / м}$	$w = (0,2 + 0,3) \cdot 0,49 \cdot 6 = 1,47 \text{ кН / м}$
Зона E	
$w = (0,5 + 0,2) \cdot 0,49 \cdot 6 = 2,06 \text{ кН / м}$	$w = 0,5 \cdot 0,49 \cdot 6 = 1,47 \text{ кН / м}$

Дополнительный расчёт ветровой нагрузки в зоне D

В расчёте ветровой нагрузки в зоне D, приведённом ранее, руководствуемся рисунком 1.8, из которого следует, что приложенная к стене ветровая нагрузка в зоне D одинакова по всей высоте (рисунок 2.8). Дополнительный расчет позволяет нам более точно определить форму приложения ветровой нагрузки в зоне D. Для этого необходимо определить пиковое значение скорости ветра в каждой характерной точке (см. рисунок 2.9).

Пиковое значение скорости напора на базовой высоте z_e получено согласно расчетным вертикальным размерам здания с учетом принятой конструкции покрытия $z_e = 21,555$ м (рисунок 1.3) для типа местности II

$$q_p(z_e) = c_e(z_e) \cdot q_b = 2,85 \cdot 0,172 = 0,49 \text{ кПа},$$

где $c_e(z_e) = 2,85$ – принимаем по рисунку 1.3.

$q_p(z)$ в характерных точках в зоне D

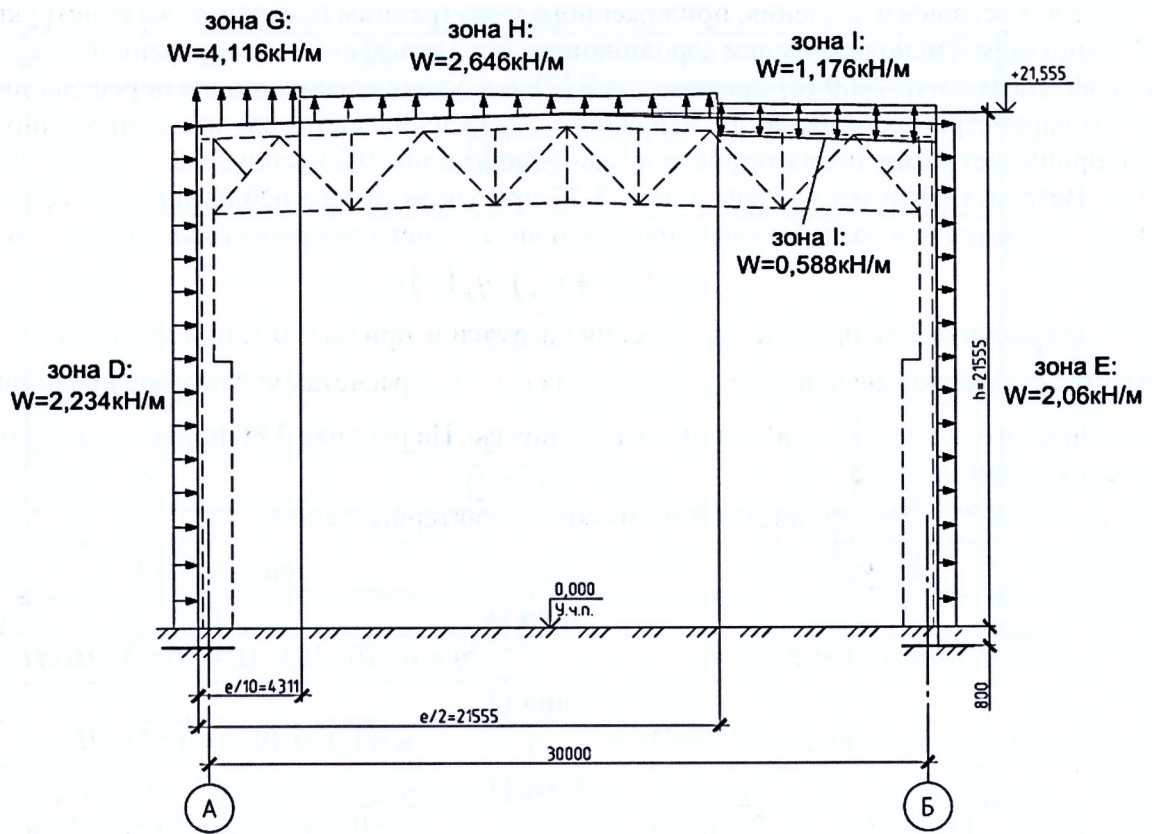
Отметка +2,500

$z_e = 2,5$ м для типа местности II.

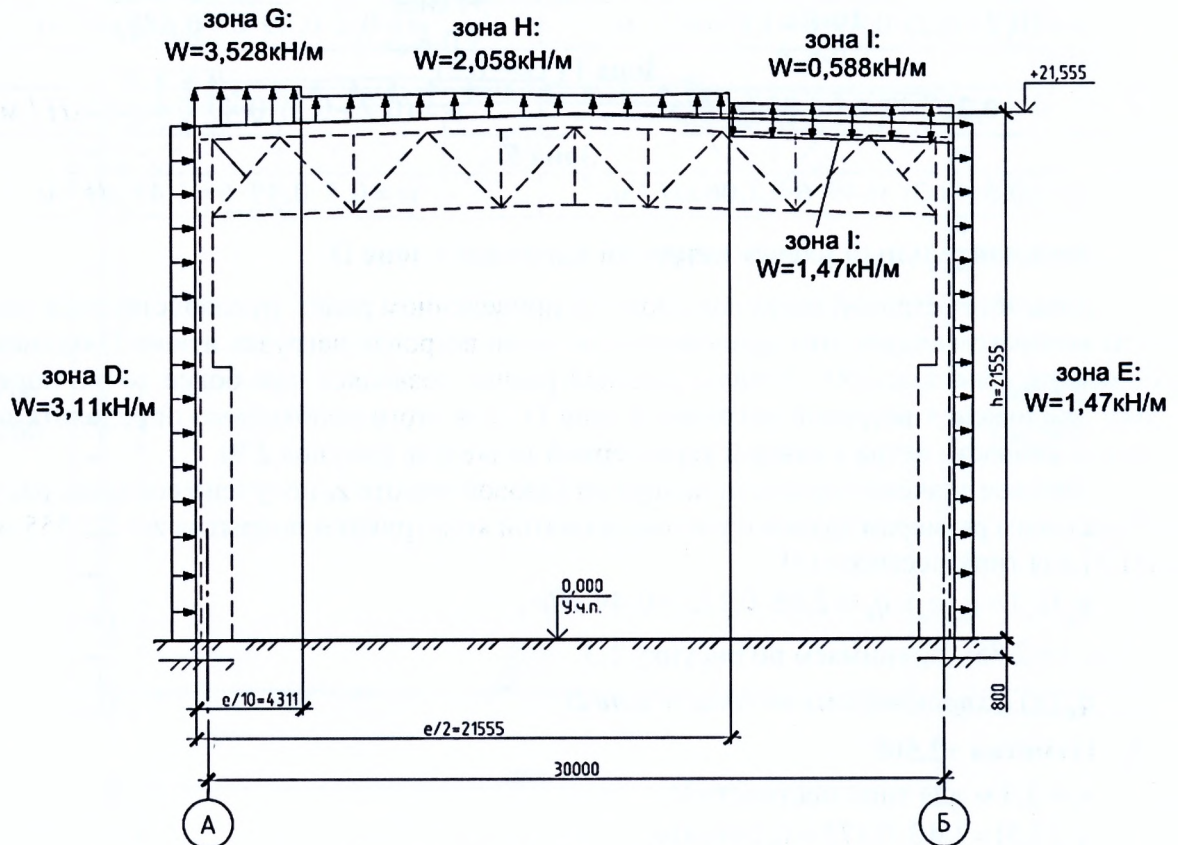
$$q_p(2,5) = 1,42 \cdot 0,172 = 0,244 \text{ кПа},$$

где $c_e(z_e) = 1,42$ – принимаем по рисунку 1.3.

а)



б)



а) при $c_{pi} = 0,2$; б) при $c_{pi} = -0,3$

Рисунок 2.8а – Значения ветровой нагрузки для поперечной рамы

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot p \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 16,6^2 = 172 \text{ Н / м} = 0,172 \text{ кПа}.$$

Отметка +11,200 (консоль колонны)

$z_e = 11,200$ м для типа местности II (рисунок 2.9),

$$q_p(11,200) = 2,44 \cdot 0,172 = 0,42 \text{ кПа}.$$

Отметка +11,400 (низ стропильной фермы)

$z_e = 17,400$ м для типа местности II (рисунок 2.9),

$$q_p(17,400) = 2,71 \cdot 0,172 = 0,466 \text{ кПа}.$$

Отметка +20,550 (верх стропильной фермы)

$z_e = 20,550$ м для типа местности II (рисунок 2.9),

$$q_p(20,550) = 2,81 \cdot 0,172 = 0,483 \text{ кПа}.$$

Отметка +21,105 (кровля)

$z_e = 21,105$ м для типа местности II (рисунок 2.9),

$$q_p(21,105) = 2,82 \cdot 0,172 = 0,485 \text{ кПа}.$$

При $h/d = 21,555/30,9 = 0,697$ выполним интерполяцию значений $c_{pe,10}$ (таблица 1.15), используемых для расчета конструкций.

Таблица 2.8 – Значения коэффициента $c_{pe,10}$ для вертикальных стен

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

Ветровая нагрузка для рам в осях 3-17 при учете самого неблагоприятного сочетания при одновременном воздействии внешнего и внутреннего давления (шаг колон $s = 6$ м)

$$w = (c_{pe} + c_{pi}) \cdot q_p(z) \cdot s.$$

На рисунке 2.9а приведены значения нагрузки w при $c_{pi} = 0,2$, при этом для $c_{pe} < 0$ принимается суммарное значение $(c_{pe} + c_{pi})$, для $c_{pe} > 0$ в расчетах учитывается величина аэродинамического коэффициента внешнего давления c_{pe} . На рисунке 2.9б приведены аналогичные значения w при $c_{pi} = -0,3$.

Таблица 2.9 – Расчет ветровой нагрузки в зоне D в характерных точках

при $c_{pi} = 0,2$	при $c_{pi} = -0,3$
Зона D ($z_e = 21,105$м)	
$w_5 = 0,76 \cdot 0,485 \cdot 6 = 2,212 \text{ кН / м}$	$w_5 = (0,76 + 0,3) \cdot 0,485 \cdot 6 = 3,085 \text{ кН / м}$
Зона D ($z_e = 20,550$м)	
$w_4 = 0,76 \cdot 0,483 \cdot 6 = 2,202 \text{ кН / м}$	$w_4 = (0,76 + 0,3) \cdot 0,483 \cdot 6 = 3,072 \text{ кН / м}$
Зона D ($z_e = 17,400$м)	
$w_3 = 0,76 \cdot 0,466 \cdot 6 = 2,125 \text{ кН / м}$	$w_3 = (0,76 + 0,3) \cdot 0,466 \cdot 6 = 2,964 \text{ кН / м}$
Зона D ($z_e = 11,200$м)	
$w_2 = 0,76 \cdot 0,42 \cdot 6 = 1,915 \text{ кН / м}$	$w_2 = (0,76 + 0,3) \cdot 0,42 \cdot 6 = 2,671 \text{ кН / м}$
Зона D ($z_e = 2,5$м)	
$w_1 = 0,76 \cdot 0,244 \cdot 6 = 1,113 \text{ кН / м}$	$w_1 = (0,76 + 0,3) \cdot 0,244 \cdot 6 = 1,552 \text{ кН / м}$

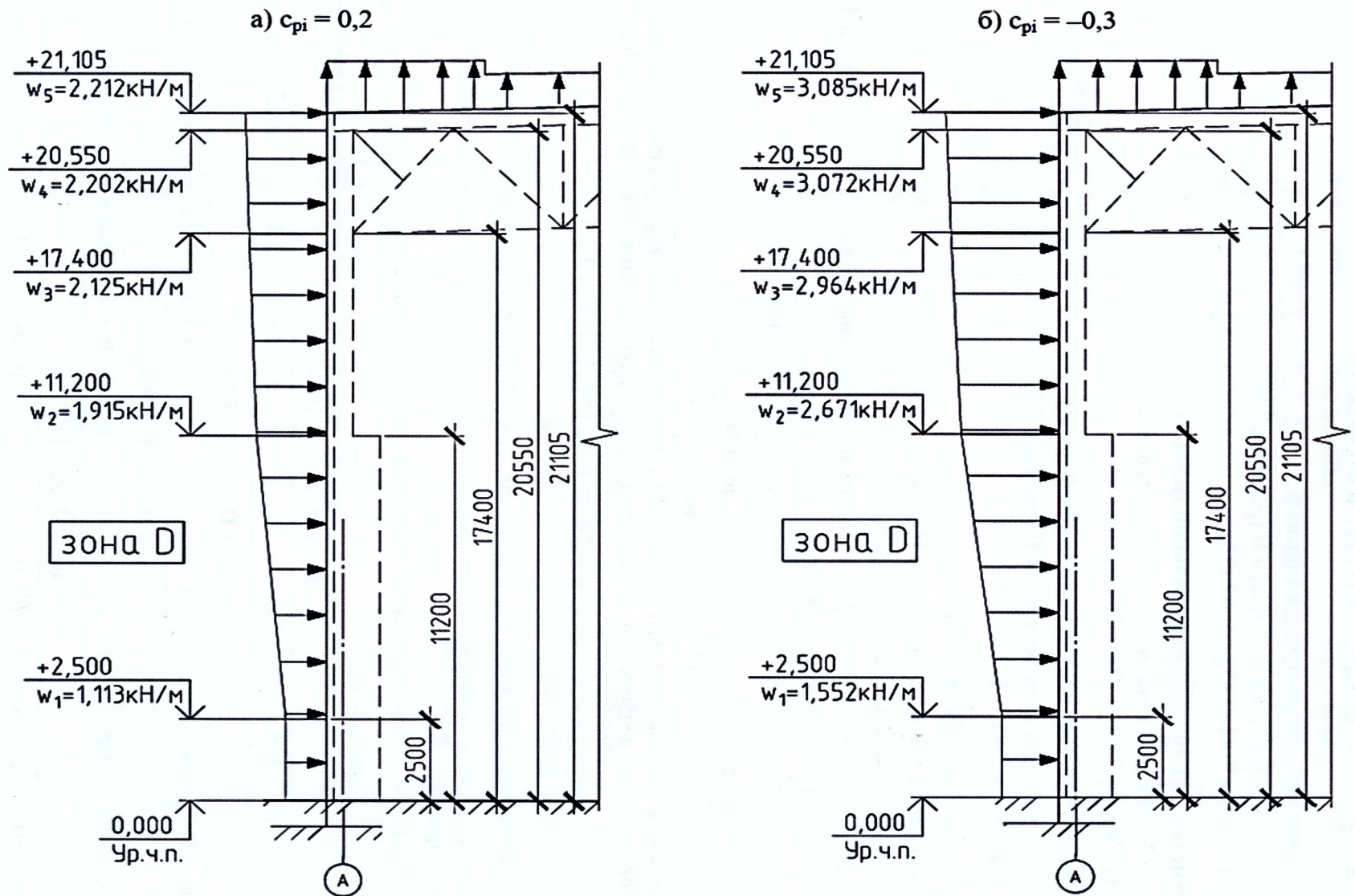


Рисунок 2.9 – Распределение ветровой нагрузки для поперечной рамы в зоне D

2.1.3 Коэффициенты сочетаний расчетных усилий

2.1.3.1 Предельные состояния несущей способности

Таблица 2.10 – Коэффициенты РСН для предельных состояний несущей способности

№ загрузки	Наименование	Вид	РСН1	РСН2	РСН3	РСН4	РСН5	РСН6	РСН7	РСН8
1	Собственный вес	Постоянное	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	0,85	0,85	0,85
2	Кровля	Постоянное	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	0,85	0,85	0,85
3	Снег 1 (вариант 1)	Переменное	0,6	0,6	–	–	1,0	1,0	–	–
4	Снег 2 (вариант 2)	Переменное	–	–	0,6	0,6	–	–	1,0	1,0
5	Ветер 1 ($c_{pi} = 0,2$)	Переменное	0,6	–	0,6	–	0,6	–	0,6	–
6	Ветер 2 ($c_{pi} = -0,3$)	Переменное	–	0,6	–	0,6	–	0,6	–	0,6

Окончание таблицы 2.10

№ загрузки	Наименование	Вид	РСН9	РСН10	РСН11	РСН12	РСН13	РСН14	РСН15	РСН16
1	Собственный вес	Постоянное	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
2	Кровля	Постоянное	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
3	Снег 1 (вариант 1)	Переменное	0,6	–	0,6	–	1,0	–	–	–
4	Снег 2 (вариант 2)	Переменное	–	0,6	–	0,6	–	1,0	–	–
5	Ветер 1 ($c_{pi} = 0,2$)	Переменное	1,0	1,0	–	–	–	–	1,0	–
6	Ветер 2 ($c_{pi} = -0,3$)	Переменное	–	–	1,0	1,0	–	–	–	1,0

2.1.3.2 Предельные состояния эксплуатационной пригодности

Таблица 2.11 – Коэффициенты РСН для предельных состояний эксплуатационной пригодности (практически постоянное сочетание)

№ загрузки	Наименование	Вид	РСН1
1	Собственный вес	Постоянное	1
2	Кровля	Постоянное	1
3	Снег 1 (вариант 1)	Переменное	–
4	Снег 2 (вариант 2)	Переменное	–
5	Ветер 1 ($c_{pi} = 0,2$)	Переменное	–
6	Ветер 2 ($c_{pi} = -0,3$)	Переменное	–

Примечание: для предельного состояния эксплуатационной пригодности частные коэффициенты приняты 1,0

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 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 γ_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
	Итого:	0,354	–	0,468

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).

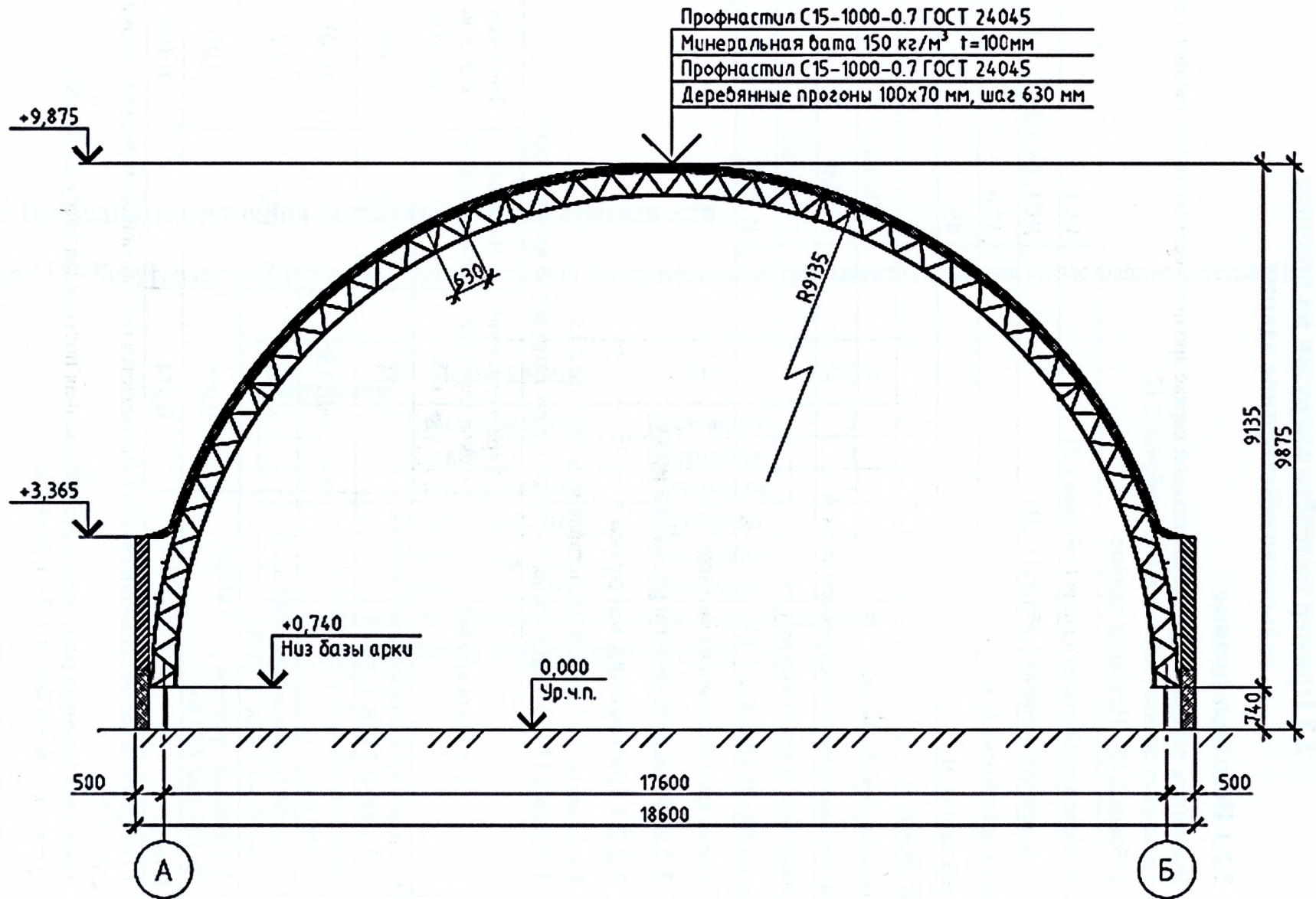


Рисунок 2.10 — Поперечная схема арки

Схемы распределения снеговой нагрузки на арку по ТКП EN 1993-1-3 приведены на рисунке 2.11.

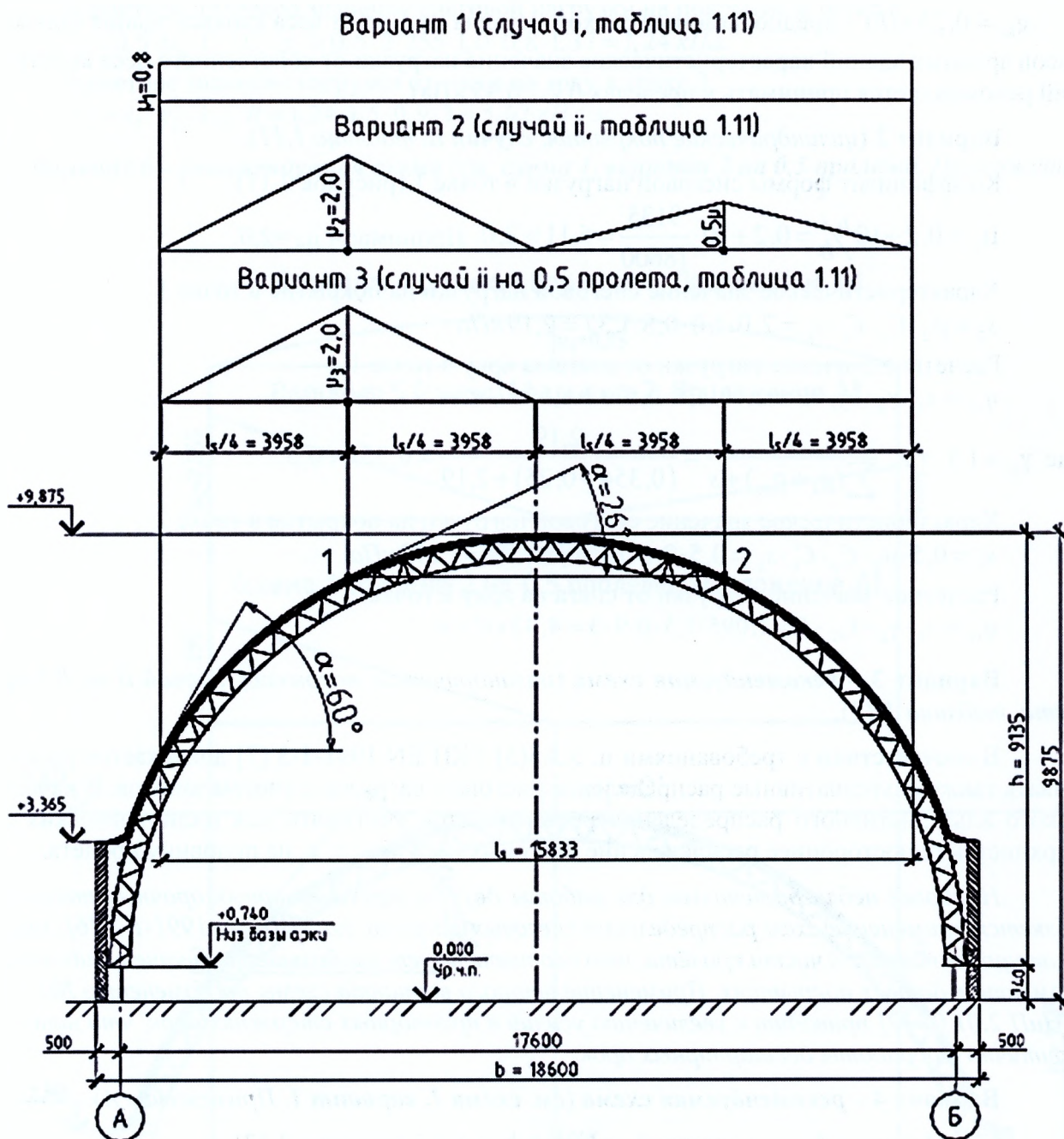


Рисунок 2.11 – Схемы распределения снеговой нагрузки на арку по ТКП EN 1991-1-3

Вариант 1 (цилиндрические покрытия, случай i, таблица 1.11).

Характеристическое значение снеговой нагрузки на покрытие (формула 1.3)

$$s_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,37 = 0,88 \text{ кПа},$$

где $\mu_1 = 0,8$ – коэффициент формы снеговых нагрузок (таблица 1.11);

$C_e = 1,0$ коэффициент окружающей среды (таблица 1.9);

$C_t = 0,8$ – температурный коэффициент (п. 1.4.3(3)).

Расчетная погонная равномерно распределенная нагрузка от снега на арку по варианту 1

$$q_{s1} = s_1 \cdot \gamma_Q \cdot k_{FI} \cdot B = 0,88 \cdot 1,5 \cdot 0,9 \cdot 3 = 3,56 \text{ кН / м},$$

где $\gamma_Q = 1,5$, т.к. $\frac{s}{\sum(g_k + g_{k1}) + s} = \frac{0,88}{(0,354 + 0,25) + 0,88} = 0,255 < 0,5$;

$g_{k1} = 0,25 \text{ кПа}$ – предполагаемый расход металла на 1 м^2 от веса каркаса здания (для каркасов арочных зданий характеристическое значение нагрузки от собственного веса конструкций рекомендуется принимать в пределах $0,2 \dots 0,35 \text{ кПа}$).

Вариант 2 (цилиндрические покрытия, случай ii, таблица 1.11).

Коэффициент формы снеговой нагрузки в точке 1 (рисунок 2.11)

$$\mu_2 = 0,2 + 10 \frac{h}{b} = 0,2 + 10 \cdot \frac{9135}{18600} = 5,11 > 2,0. \text{ Принимаем } \mu_2 = 2,0.$$

Характеристическое значение снеговой нагрузки на покрытие в точке 1

$$s_2 = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,37 = 2,19 \text{ кПа}.$$

Расчетное значение нагрузки от снега на арку в точке 1

$$q_{s2} = s_2 \cdot \gamma_Q \cdot k_{FI} \cdot B = 2,19 \cdot 1,5 \cdot 0,9 \cdot 3 = 8,87 \text{ кН / м},$$

где $\gamma_Q = 1,5$, т.к. $\frac{s}{\sum(g_k + g_{k1}) + s} = \frac{2,19}{(0,354 + 0,25) + 2,19} = 0,351 < 0,5$.

Характеристическое значение снеговой нагрузки на покрытие в точке 2

$$s_2 = 0,5 \cdot \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,5 \cdot 2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,37 = 1,095 \text{ кПа}.$$

Расчетное значение нагрузки от снега на арку в точке 2

$$q_{s2} = s_2 \cdot \gamma_Q \cdot k_{FI} \cdot B = 1,095 \cdot 1,5 \cdot 0,9 \cdot 3 = 4,43 \text{ кН / м}.$$

Вариант 3 – рекомендуемая схема (цилиндрические покрытия, случай ii на 0,5 пролета, таблица 1.11).

В соответствии с требованиями п. 5.3.5(3) ТКП EN 1991-1-3 [7] допускается рассматривать также альтернативные распределения снеговых нагрузок с учетом заносов. В качестве такого альтернативного распределения рекомендуется учитывать для цилиндрических поверхностей одностороннее распределение снеговых нагрузок, т. е. на половину пролета.

Наиболее неблагоприятным для работы двух- и трехшарнирных арочных покрытий является применение схем распределения снеговых нагрузок по ТКП EN 1991-1-3 [6], догружающих их пояса в $\frac{1}{4}$ части пролёта, что соответствует наибольшей величине изгибающего момента в данных покрытиях. Применение второго варианта схемы по Изменению №1 РБ к СНиП 2.01.07 [2] приводит к увеличению усилий в приопорных стержнях арок, что наиболее критично для работы бесшарнирных арок.

Вариант 4 – рекомендуемая схема (см. схема 1, вариант 1, Приложение А).

Коэффициент формы снеговой нагрузки в точке 1 (рисунок 2.12)

$$\mu_4 = \cos 1,8\alpha = \cos(1,8 \cdot 90^\circ) = 0,95.$$

Характеристическое значение снеговой нагрузки на покрытие в точке 1

$$s_4 = \mu_4 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,95 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,37 = 1,041 \text{ кПа}.$$

Расчетное значение нагрузки от снега на арку в точке 1

$$q_{s4} = s_4 \cdot \gamma_Q \cdot k_{FI} \cdot B = 1,041 \cdot 1,5 \cdot 0,9 \cdot 3 = 4,22 \text{ кН / м}.$$

Вариант 5 – рекомендуемая схема (см. схема 1, вариант 2, Приложение А).

Коэффициент формы снеговой нагрузки в точке 2 (рисунок 2.12)

$$\mu_5 = 2,4 \sin 1,4\alpha = 2,4 \sin(1,4 \cdot 50^\circ) = 2,255.$$

Характеристическое значение снеговой нагрузки на покрытие в точке 2

$$s_5 = \mu_5 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2,255 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,37 = 2,47 \text{ кПа}.$$

Расчетное значение нагрузки от снега на арку в точке 2

$$q_{s,2} = s_5 \cdot \gamma_Q \cdot k_{FI} \cdot B = 2,47 \cdot 1,5 \cdot 0,9 \cdot 3 = 10 \text{ кН / м.}$$

Характеристическое значение снеговой нагрузки на покрытие в точке 3

$$s_5 = 0,5 \cdot \mu_5 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,5 \cdot 2,255 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,37 = 1,24 \text{ кПа.}$$

Расчетное значение нагрузки от снега на арку в точке 3

$$q_{s,3} = s_5 \cdot \gamma_Q \cdot k_{FI} \cdot B = 1,24 \cdot 1,5 \cdot 0,9 \cdot 3 = 5,02 \text{ кН / м.}$$

Вариант 6 – рекомендуемая схема (см. схема 1, вариант 2 на 0,5 пролета, Приложение А).

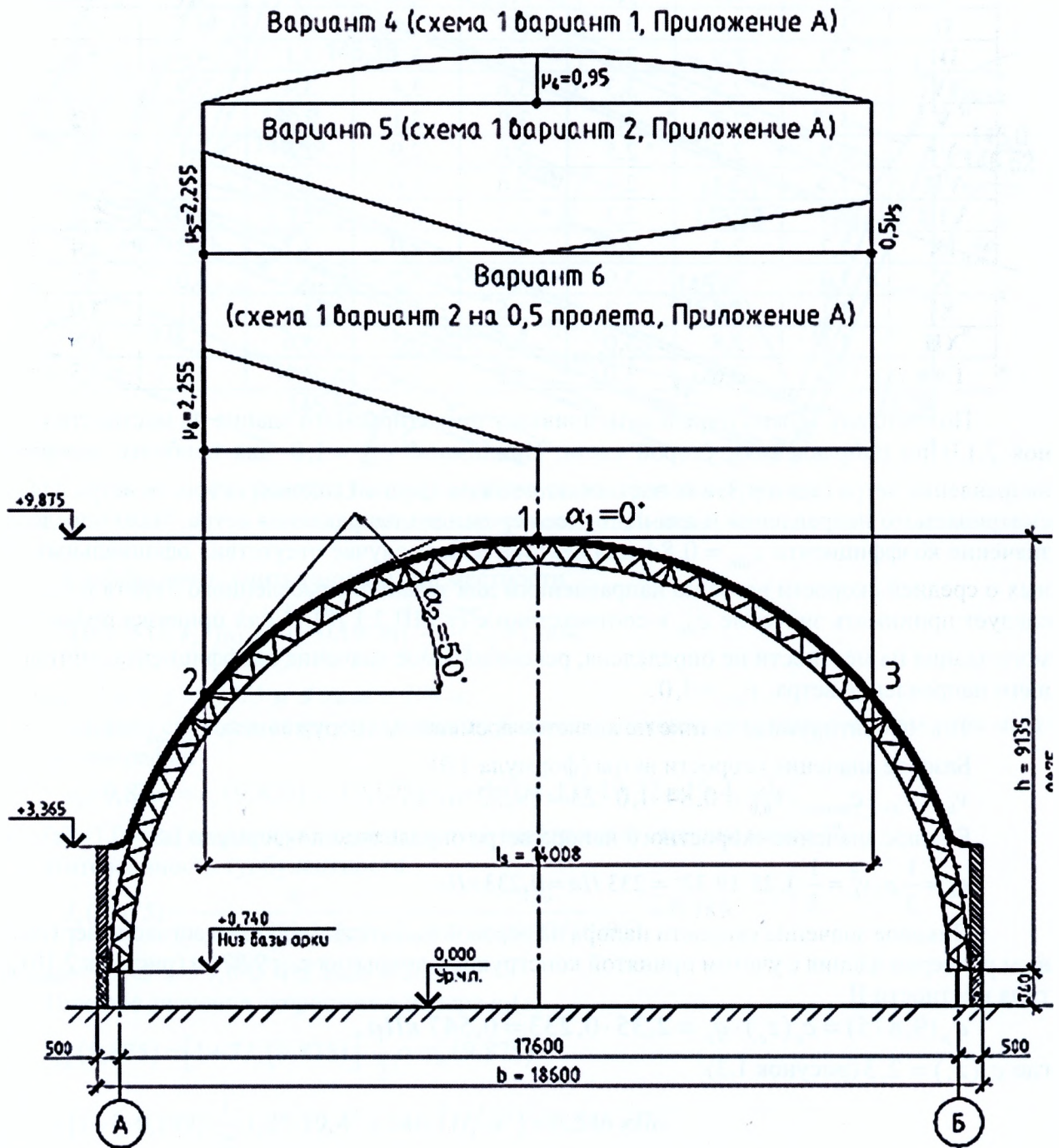


Рисунок 2.12 – Дополнительные схемы распределения снеговой нагрузки на арку

2.2.2.3 Ветровая нагрузка

Город Пинск относится к ветровому району с основным значением базовой скорости ветра $v_{b,0} = 23 \text{ м / с}$ (см. рисунок 1.4).

Для определения значения коэффициента, учитывающего направление ветра, используя «Справочник по климату Беларуси. Часть 4. Ветер, атмосферное давление» [13], выполним построение розы ветров для климатических условий г. Пинска (таблица 2.14).

Таблица 2.14 – Средняя месячная и годовая скорость ветра, м/с, по направлениям для г. Пинска

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
I	3,0	2,3	3,2	3,8	3,3	3,7	4,4	3,9
II	3,3	2,8	3,7	3,4	3,5	3,4	4,2	3,8
III	2,9	2,9	3,4	3,7	3,3	3,1	4,4	3,8
IV	3,2	2,8	3,3	3,6	3,4	3,4	3,9	3,5
V	3,0	2,7	3,2	3,0	3,1	2,7	3,3	3,2
VI	2,9	2,7	2,5	2,6	2,9	2,8	3,1	3,3
VII	3,0	2,4	2,4	2,6	2,6	2,7	3,1	3,1
VIII	2,5	2,2	2,3	2,5	2,8	2,6	3,0	2,9
IX	2,7	2,4	2,6	2,7	2,9	2,7	3,3	3,4
X	3,0	2,7	3,0	3,2	3,2	3,3	3,6	3,5
XI	3,1	2,6	3,2	3,6	3,5	3,6	4,1	3,9
XII	3,1	2,8	3,0	3,5	3,5	3,6	4,3	3,8
Год	3,0	2,6	3,0	3,2	3,2	3,1	3,7	3,5

По генплану можно определить привязку проектируемого здания на местности (рисунок 2.13) по направлениям сторон света. Принимаем $c_{dir} = 1,0$ для наиболее вероятного направления ветра (сектор З) как частное от деления средней годовой скорости ветра для рассматриваемого направления и для наиболее вероятного направления ветра, было определено значение коэффициента $c_{dir} = 0,84$ для сектора ЮЗ. В случае отсутствия официальных данных о средней скорости ветра по направлениям для заданного населенного пункта в расчетах следует принимать значение c_{dir} в соответствии с (т. НП.2.1 [8]). Если привязка проектируемого здания на местности не определена, рекомендуемое значение коэффициента, учитывающего направление ветра, $c_{dir} = 1,0$.

Т. к. проектируемое здание не является временным сооружением, $c_{season} = 1,0$.

Базовое значение скорости ветра (формула 1.9)

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 0,84 \cdot 1,0 \cdot 23 = 19,32 \text{ м / с}.$$

Базовое значение скоростного напора ветра определяем по формуле 1.8

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 19,32^2 = 233 \text{ Па} = 0,233 \text{ кПа}.$$

Пиковое значение скорости напора на базовой высоте z_e , получено согласно вертикальным размерам здания с учетом принятой конструкции покрытия $z_e = 9,875 \text{ м}$ (рисунок 2.10) для типа местности II

$$q_p(9,875) = c_e(z_e) \cdot q_b = 2,35 \cdot 0,233 = 0,547 \text{ кПа},$$

где $c_e(z_e) = 2,3$ (рисунок 1.3).

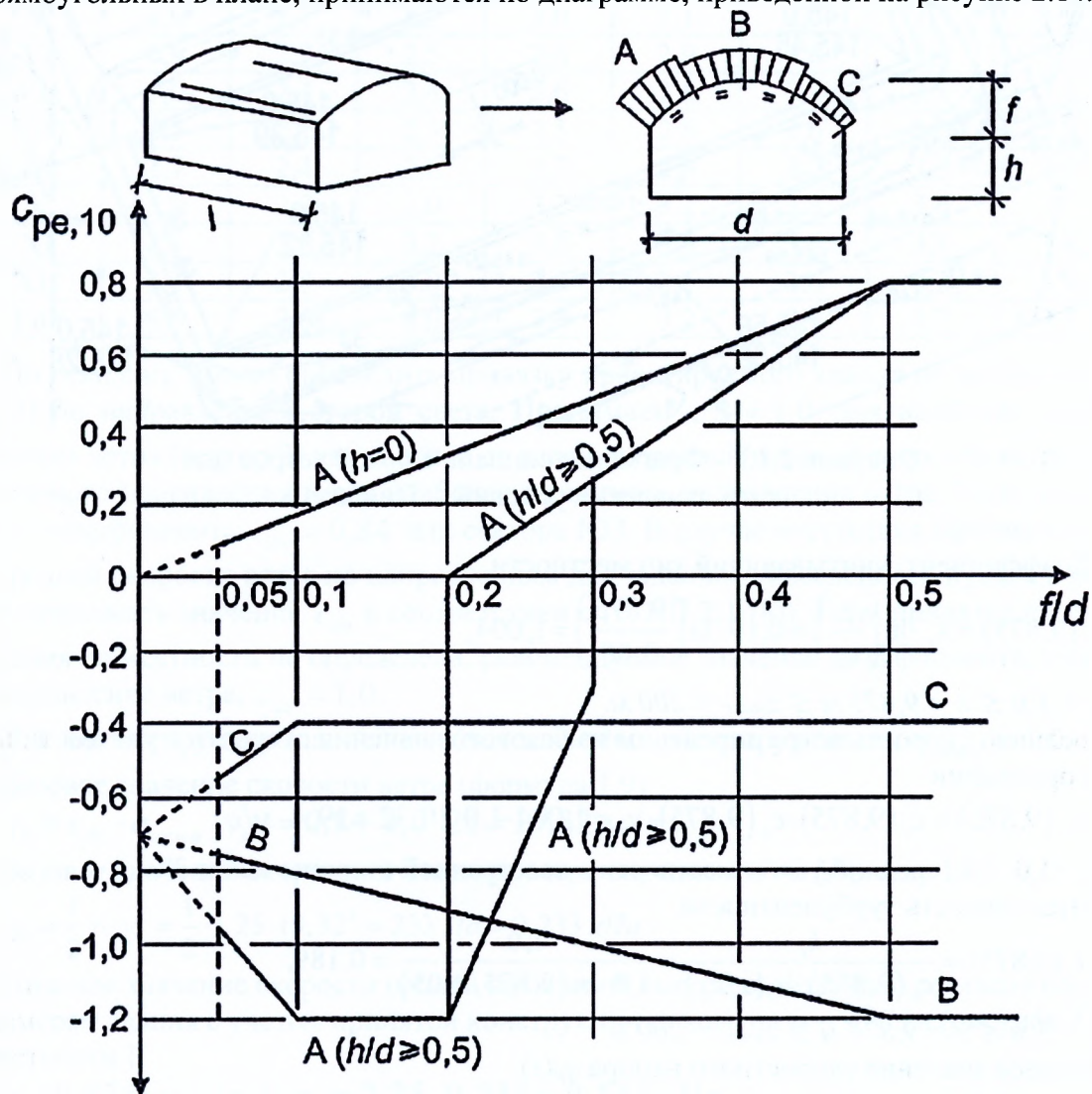
Таблица 2.15 – Значение коэффициента $C_{pe,10}$ для вертикальных стен

h/d	зона D	зона E
$h/d = 3,365/18,6 = 0,181$	$C_{pe,10} = +0,7$	$C_{pe,10} = -0,5$

Параметр $e=b$ или $2h$, определяющим является меньшее значение $e = \min(b; 2h) = \min(45, 0; 2 \cdot 9,875) = 19,75$ м. Распределение давления для покрытия рассматриваемой поперечной арки сельскохозяйственного здания представлено на рисунке 2.16.

Учет ветрового давления, приложенного к внутренним поверхностям конструкций зданий, выполним с использованием аэродинамического коэффициента внутреннего давления C_{pi} , который в соответствии с п. 7.2.9 (6) примечания 2 [8] в случае невозможности определения приемлемого параметра проницаемости наружного ограждения или в случае невозможности расчета применяет самое неблагоприятное значение из плюс 0.2 и минус 0.3.

Значения аэродинамического коэффициента внешнего давления $C_{pe,10}$ для арочных зданий, прямоугольных в плане, принимаются по диаграмме, приведенной на рисунке 2.14.



При $0 < h/d < 0,5$ значение $C_{pe,10}$ определяют линейной интерполяцией,

при $0,2 < f/d < 0,3$ и $h/d \geq 0,5$ учитывают два значения $C_{pe,10}$.

Диаграмма не распространяется на плоские покрытия

Рисунок 2.14 (рис. 7.11 [8]) – Рекомендуемые значения коэффициентов внешнего ветрового давления $C_{pe,10}$ для сводчатых покрытий прямоугольных в плане зданий

Значение аэродинамического коэффициента внешнего давления для покрытия c_{pe} сводим в таблицу 2.16.

Таблица 2.16 – Значение коэффициента $c_{pe,10}$ для покрытия

f/d	h/d	зона А	зона В	зона С
$h/d = 6,510/18,6 = 0,35$	$h/d = 3,365/18,6 = 0,181$	$c_{pe,10} = 0,56$	$c_{pe,10} = -1,05$	$c_{pe,10} = -0,4$

Ветровая нагрузка для арок, приходящаяся на погонную единицу длины w (кН/м) при учете самого неблагоприятного сочетания при одновременном воздействии внешнего и внутреннего давления при шаге арок $s = 3$ м

$$w = (c_{pe} + c_{pi}) \cdot q_p(z) \cdot s.$$

На рисунке 2.15 приведены значения нагрузки w при $c_{pi} = 0,2$, при этом для $c_{pe} < 0$ принимается суммарное значение $(c_{pe} + c_{pi})$, для $c_{pe} > 0$ в расчетах учитывается величина аэродинамического коэффициента внешнего давления c_{pe} . На рисунке 2.16 приведены аналогичные значения w при $c_{pi} = -0,3$.

Расчет ветровой нагрузки для арочного сельскохозяйственного здания в характерных зонах сводим в таблицу 2.17.

Таблица 2.17 – Расчет ветровой нагрузки в характерных зонах

при $c_{pi} = 0,2$	при $c_{pi} = -0,3$
Зона А	
$w = 0,56 \cdot 0,546 \cdot 3 = 0,917 \text{ кН / м}$	$w = (0,56 + 0,3) \cdot 0,546 \cdot 3 = 1,409 \text{ кН / м}$
Зона В	
$w = (1,05 + 0,2) \cdot 0,546 \cdot 3 = 2,048 \text{ кН / м}$	$w = 1,05 \cdot 0,546 \cdot 3 = 1,72 \text{ кН / м}$
Зона С	
$w = (0,4 + 0,2) \cdot 0,546 \cdot 3 = 0,983 \text{ кН / м}$	$w = 0,4 \cdot 0,546 \cdot 3 = 0,655 \text{ кН / м}$
Зона D	
$w = 0,7 \cdot 0,546 \cdot 3 = 1,147 \text{ кН / м}$	$w = (0,7 + 0,3) \cdot 0,546 \cdot 3 = 1,638 \text{ кН / м}$
Зона Е	
$w = (0,2 + 0,5) \cdot 0,546 \cdot 3 = 1,147 \text{ кН / м}$	$w = 0,5 \cdot 0,546 \cdot 3 = 0,819 \text{ кН / м}$

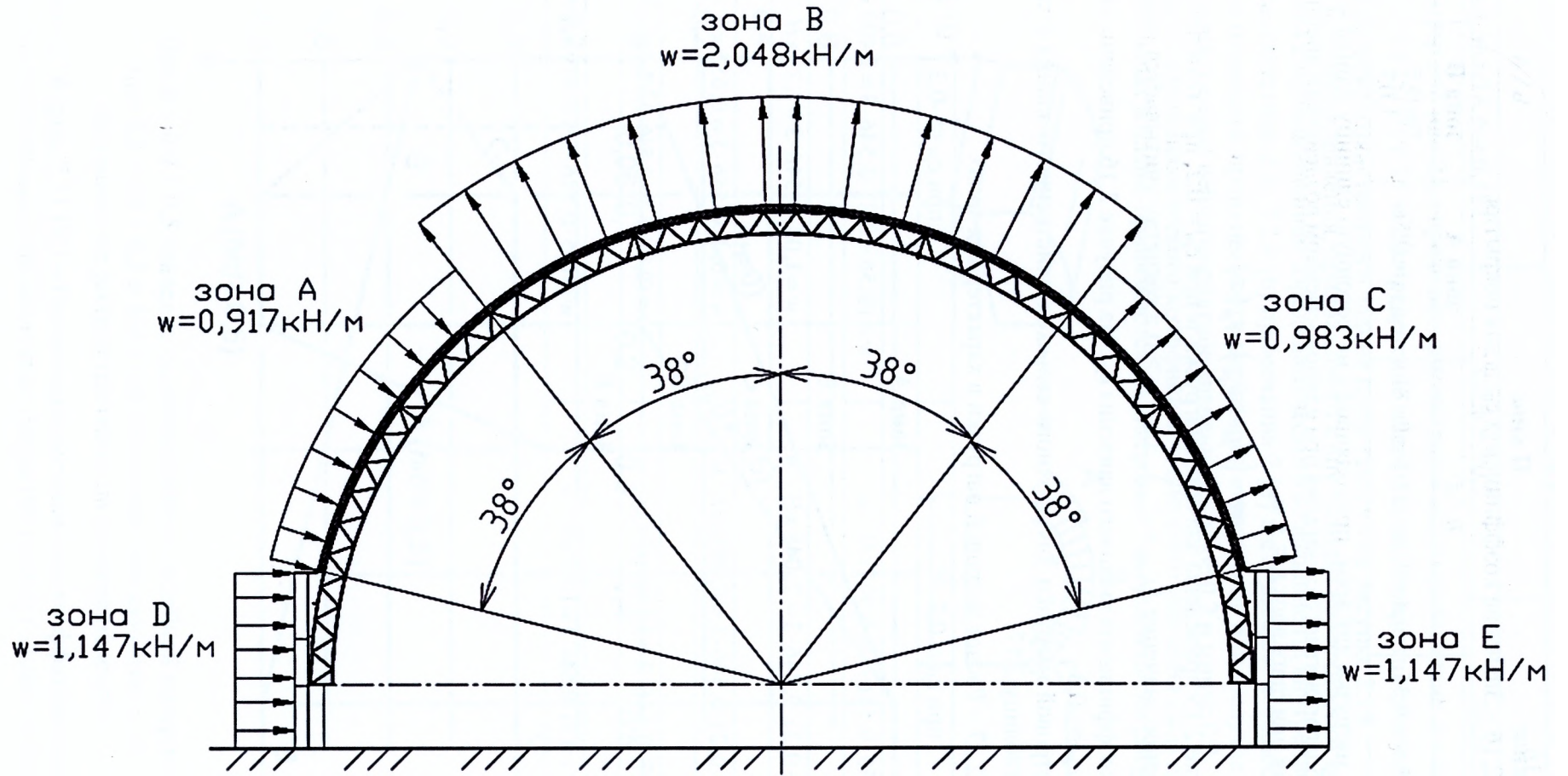


Рисунок 2.15 – Распределение ветровой нагрузки для поперечной рамы здания при $c_{pi} = 0,2$

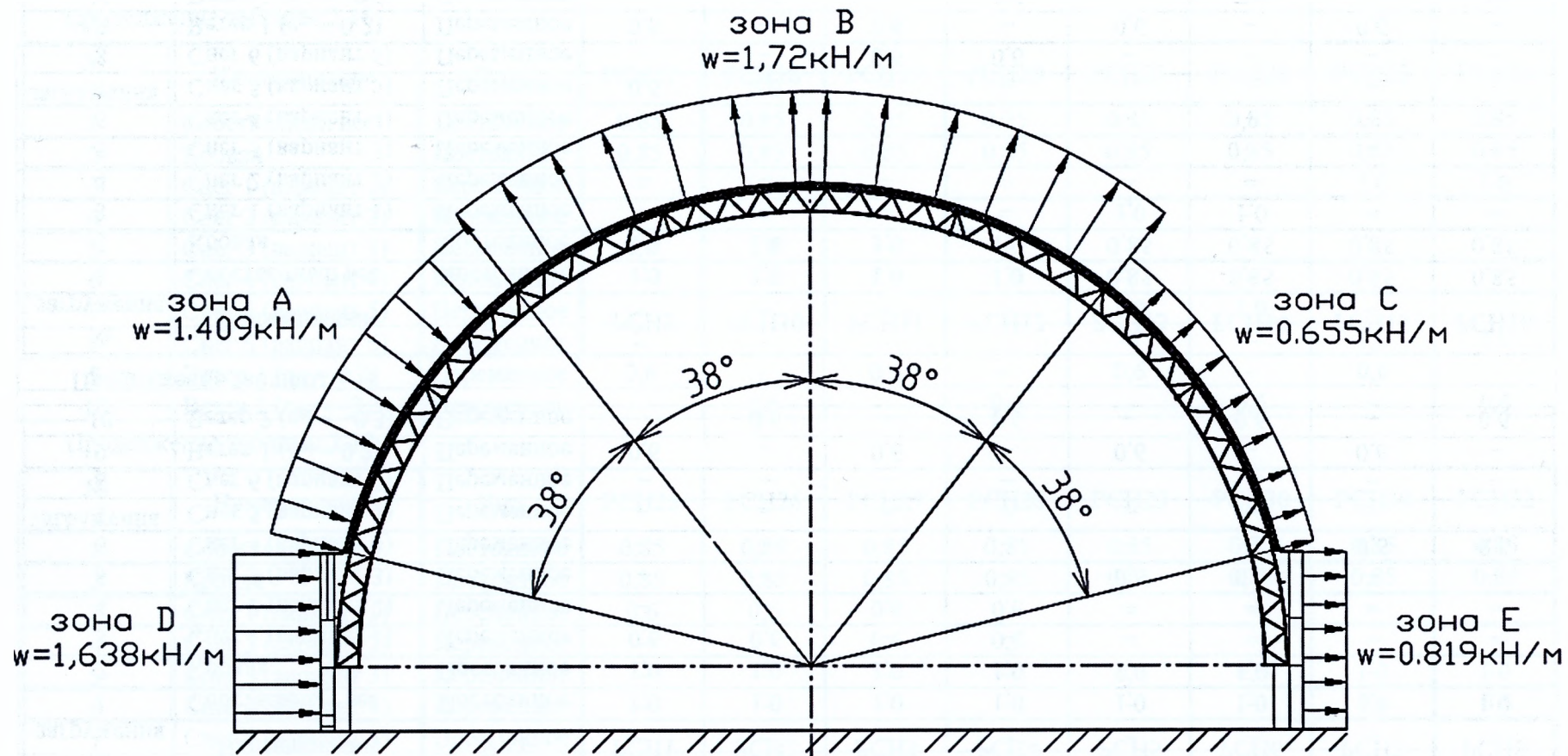


Рисунок 2.16 – Распределение ветровой нагрузки для поперечной рамы здания при $c_{pi} = -0,3$

2.2.3.1 Предельные состояния несущей способности

Таблица 2.18 – Коэффициенты РСН для предельных состояний несущей способности

№ загрузки	Наименование	Вид	РСН1	РСН2	РСН3	РСН4	РСН5	РСН6	РСН7	РСН8
1	Собственный вес	Постоянное	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2	Кровля	Постоянное	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3	Снег 1 (вариант 1)	Переменное	0,6	0,6	–	–	–	–	–	–
4	Снег 2 (вариант 2)	Переменное	–	–	0,6	0,6	–	–	–	–
5	Снег 3 (вариант 3)	Переменное	–	–	–	–	0,6	0,6	–	–
6	Снег 4 (вариант 4)	Переменное	–	–	–	–	–	–	0,6	0,6
7	Снег 5 (вариант 5)	Переменное	–	–	–	–	–	–	–	–
8	Снег 6 (вариант 6)	Переменное	–	–	–	–	–	–	–	–
9	Ветер 1 ($c_{pi} = 0,2$)	Переменное	0,6	–	0,6	–	0,6	–	0,6	–
10	Ветер 2 ($c_{pi} = -0,3$)	Переменное	–	0,6	–	0,6	–	0,6	–	0,6

Продолжение таблицы 2.18

№ загрузки	Наименование	Вид	РСН9	РСН10	РСН11	РСН12	РСН13	РСН14	РСН15	РСН16
1	Собственный вес	Постоянное	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	0,85	0,85	0,85
2	Кровля	Постоянное	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	0,85	0,85	0,85
3	Снег 1 (вариант 1)	Переменное	–	–	–	–	1,0	1,0	–	–
4	Снег 2 (вариант 2)	Переменное	–	–	–	–	–	–	1,0	1,0
5	Снег 3 (вариант 3)	Переменное	–	–	–	–	–	–	–	–
6	Снег 4 (вариант 4)	Переменное	–	–	–	–	–	–	–	–
7	Снег 5 (вариант 5)	Переменное	0,6	0,6	–	–	–	–	–	–
8	Снег 6 (вариант 6)	Переменное	–	–	0,6	0,6	–	–	–	–
9	Ветер 1 ($c_{pi} = 0,2$)	Переменное	0,6	–	0,6	–	0,6	–	0,6	–
10	Ветер 2 ($c_{pi} = -0,3$)	Переменное	–	0,6	–	0,6	–	0,6	–	0,6

Продолжение таблицы 2.18

№ загрузки	Наименование	Вид	РСН17	РСН18	РСН19	РСН20	РСН21	РСН22	РСН23	РСН24
1	Собственный вес	Постоянное	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
2	Кровля	Постоянное	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
3	Снег 1 (вариант 1)	Переменное	–	–	–	–	–	–	–	–
4	Снег 2 (вариант 2)	Переменное	–	–	–	–	–	–	–	–
5	Снег 3 (вариант 3)	Переменное	1,0	1,0	–	–	–	–	–	–
6	Снег 4 (вариант 4)	Переменное	–	–	1,0	1,0	–	–	–	–
7	Снег 5 (вариант 5)	Переменное	–	–	–	–	1,0	1,0	–	–
8	Снег 6 (вариант 6)	Переменное	–	–	–	–	–	–	1,0	1,0
9	Ветер 1 ($c_{pi} = 0,2$)	Переменное	0,6	–	0,6	–	0,6	–	0,6	–
10	Ветер 2 ($c_{pi} = -0,3$)	Переменное	–	0,6	–	0,6	–	0,6	–	0,6

Продолжение таблицы 2.18

№ загрузки	Наименование	Вид	РСН25	РСН26	РСН27	РСН28	РСН29	РСН30	РСН30	РСН32
1	Собственный вес	Постоянное	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
2	Кровля	Постоянное	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
3	Снег 1 (вариант 1)	Переменное	0,6	0,6	–	–	–	–	–	–
4	Снег 2 (вариант 2)	Переменное	–	–	0,6	0,6	–	–	–	–
5	Снег 3 (вариант 3)	Переменное	–	–	–	–	0,6	0,6	–	–
6	Снег 4 (вариант 4)	Переменное	–	–	–	–	–	–	0,6	0,6
7	Снег 5 (вариант 5)	Переменное	–	–	–	–	–	–	–	–
8	Снег 6 (вариант 6)	Переменное	–	–	–	–	–	–	–	–
9	Ветер 1 ($c_{pi} = 0,2$)	Переменное	1,0	–	1,0	–	1,0	–	1,0	–
10	Ветер 2 ($c_{pi} = -0,3$)	Переменное	–	1,0	–	1,0	–	1,0	–	1,0

Продолжение таблицы 2.18

№ загрузки	Наименование	Вид	РСН33	РСН34	РСН35	РСН36	РСН37	РСН38	РСН39	РСН40
1	Собственный вес	Постоянное	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
2	Кровля	Постоянное	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
3	Снег 1 (вариант 1)	Переменное	–	–	–	–	1,0	–	–	–
4	Снег 2 (вариант 2)	Переменное	–	–	–	–	–	1,0	–	–
5	Снег 3 (вариант 3)	Переменное	–	–	–	–	–	–	1,0	–
6	Снег 4 (вариант 4)	Переменное	–	–	–	–	–	–	–	1,0
7	Снег 5 (вариант 5)	Переменное	0,6	0,6	–	–	–	–	–	–
8	Снег 6 (вариант 6)	Переменное	–	–	0,6	0,6	–	–	–	–
9	Ветер 1 ($c_{pi} = 0,2$)	Переменное	1,0	–	1,0	–	–	–	–	–
10	Ветер 2 ($c_{pi} = -0,3$)	Переменное	–	1,0	–	1,0	–	–	–	–

Окончание таблицы 2.18

№ загрузки	Наименование	Вид	РСН41	РСН42	РСН43	РСН44
1	Собственный вес	Постоянное	0,85	0,85	0,85	0,85
2	Кровля	Постоянное	0,85	0,85	0,85	0,85
3	Снег 1 (вариант 1)	Переменное	–	–	–	–
4	Снег 2 (вариант 2)	Переменное	–	–	–	–
5	Снег 3 (вариант 3)	Переменное	–	–	–	–
6	Снег 4 (вариант 4)	Переменное	–	–	–	–
7	Снег 5 (вариант 5)	Переменное	1,0	–	–	–
8	Снег 6 (вариант 6)	Переменное	–	1,0	–	–
9	Ветер 1 ($c_{pi} = 0,2$)	Переменное	–	–	1,0	–
10	Ветер 2 ($c_{pi} = -0,3$)	Переменное	–	–	–	1,0

2.2.3.2 Предельные состояния эксплуатационной пригодности

Таблица 2.19 – Коэффициенты РСН для предельных состояний эксплуатационной пригодности (практически постоянное сочетание)

№ загрузки	Наименование	Вид	РСН1
1	Собственный вес	Постоянное	1
2	Кровля	Постоянное	1
3	Снег 1 (вариант 1)	Переменное	–
4	Снег 2 (вариант 2)	Переменное	–
5	Снег 3 (вариант 3)	Переменное	–
6	Снег 4 (вариант 4)	Переменное	–
7	Снег 5 (вариант 5)	Переменное	–
8	Снег 6 (вариант 6)	Переменное	–
9	Ветер 1 ($c_{pi} = 0,2$)	Переменное	–
10	Ветер 2 ($c_{pi} = -0,3$)	Переменное	–

Примечание: для предельного состояния эксплуатационной пригодности частные коэффициенты приняты 1,0

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 А, 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 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 подвесного 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 γ_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
	Итого:	1,39	–	1,674

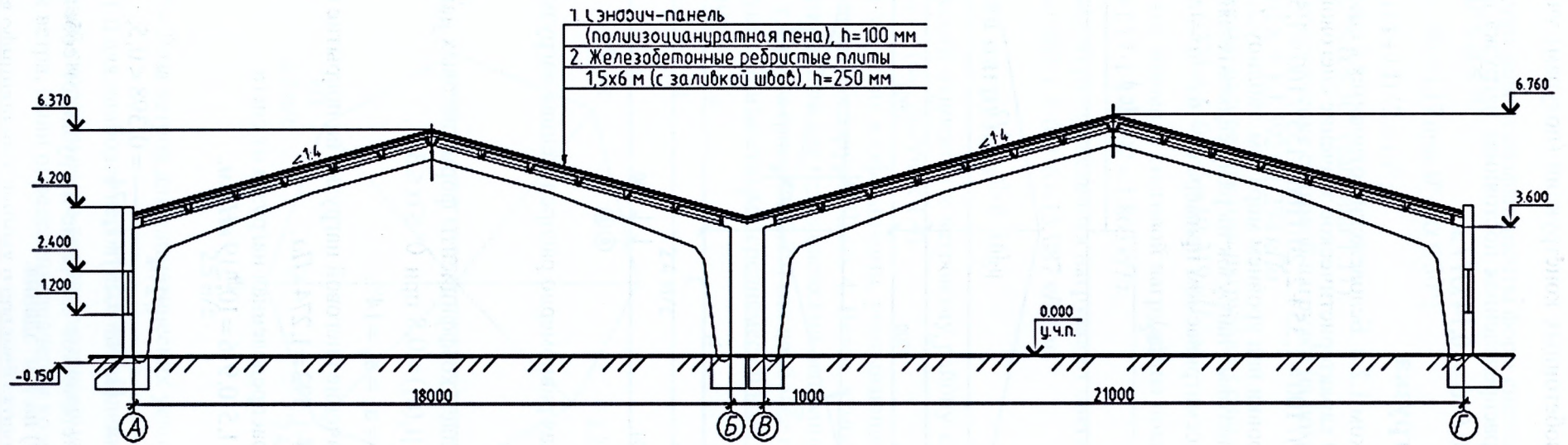


Рисунок 2.17 – Поперечная рама сельскохозяйственного здания

Собственный вес железобетонных конструкций (полурам) учитывается при статическом расчете с $\gamma_G = 1,2$.

Расчетная равномерно распределенная постоянная нагрузка на ригель полурамы составляет $q = q_d \cdot k_{FI} \cdot B = 1,877 \cdot 0,9 \cdot 6 = 10,14 \text{ кН / м}$.

2.3.2.2 Снеговая нагрузка

В соответствии с рисунком 1.2 п. Беловежский относится к снеговому району Iб. Тогда в соответствии с таблицей 1.10 характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт

$$s_k = 1,35 + 2,20 \cdot (A - 155) / 100 = 1,35 + 2,20 \cdot (166 - 155) / 100 = 1,592 \text{ кПа},$$

где $A = 166 \text{ м}$ – отметка планировки над уровнем моря (см. таблицу 2.20).

Схемы распределения снеговых нагрузок на раму сельскохозяйственного здания представлены на рисунке 2.18. В рассматриваемом примере $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 14^\circ$.

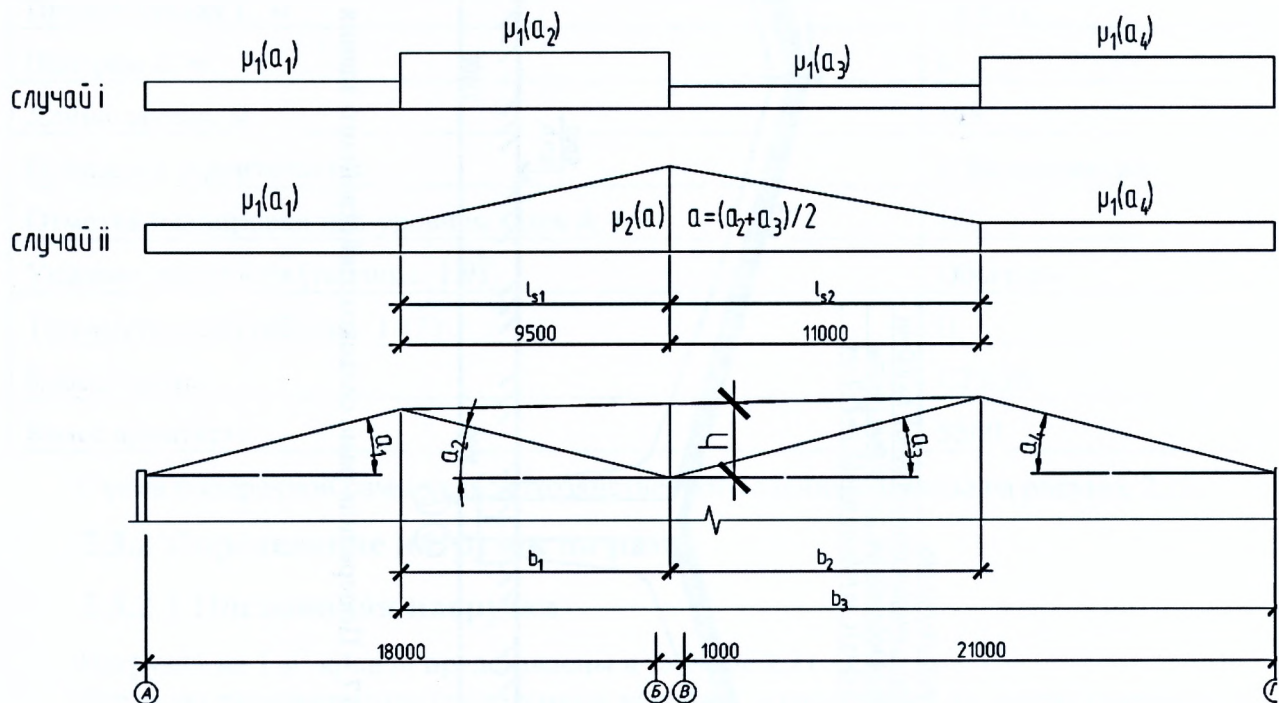


Рисунок 2.19 - Расчетная равномерно распределенная нагрузка от снега

Случай i

По таблице 1.11 определяем коэффициенты форм снеговых нагрузок

$$\mu_1(a_1) = \mu_1(a_2) = \mu_1(a_3) = \mu_1(a_4) = 0,8 \text{ при } 0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ,$$

так как в нашем случае $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 14^\circ$.

Характеристическое значение снеговой нагрузки на покрытие (формула 1.3)

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,592 = 1,274 \text{ кПа}.$$

Расчетная равномерно распределенная нагрузка от снега

$$q_s = s \cdot \gamma_Q \cdot k_{FI} \cdot B = 1,274 \cdot 1,5 \cdot 0,9 \cdot 6 = 10,319 \text{ кН / м},$$

где $B = 6 \text{ м}$ – шаг полурам;

$$\gamma_Q = 1,5, \text{ т.к. } \frac{s}{\sum (g_k + g_{k1}) + s} = \frac{1,274}{(1,39 + 0,54) + 1,274} = 0,398 < 0,5;$$

$g_{k1} = 0,54 \text{ кПа}$ – характеристическое значение нагрузки от собственного веса железобетонных конструкций (полурам) на 1 м^2 здания.

Случай ii

По таблице 1.11 определяем коэффициенты форм снеговых нагрузок

$$\mu_1(a_1) = 0,8 \text{ при } 0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ;$$

$$\mu_2(a) = 0,8 + 0,8 \cdot a / 30 = 1,17 \text{ при } 0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ;$$

$$a = (\alpha_2 + \alpha_3) / 2 = (14 + 14) / 2 = 14^\circ;$$

$$\mu_1(a_4) = 0,8 \text{ при } 0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \text{ (таблица 1.11).}$$

Характеристическое значение снеговой нагрузки на покрытие (формула 1.3) при μ_1

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_i \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,592 = 1,274 \text{ кПа.}$$

Расчетная равномерно распределенная нагрузка от снега

$$q_s = s \cdot \gamma_Q \cdot k_{FT} \cdot B = 1,274 \cdot 1,5 \cdot 0,9 \cdot 6 = 10,319 \text{ кН / м.}$$

Характеристическое значение снеговой нагрузки на покрытие (формула 1.3) при μ_2

$$s = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_i \cdot s_k = 1,17 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,592 = 1,863 \text{ кПа.}$$

Расчетная равномерно распределенная нагрузка от снега

$$q_s = s \cdot \gamma_Q \cdot k_{FT} \cdot B = 1,863 \cdot 1,5 \cdot 0,9 \cdot 6 = 15,087 \text{ кН / м.}$$

2.3.2.3 Ветровая нагрузка

Поселок Беловежский относится к ветровому району с основным значением базовой скорости ветра $v_{b,0} = 21 \text{ м / с}$ (см. рисунок 1.4).

Для определения значения коэффициента, учитывающего направление ветра, используем «Справочник по климату Беларуси. Часть 4. Ветер, атмосферное давление» [13]. Т. к. в справочнике отсутствуют данные для п. Беловежский выполним построение розы ветров для климатических условий г. Бреста (рисунок 2.20) как наиболее географически близко расположенного населённого пункта с известными среднемесячными и годовыми скоростями ветра по направлениям (таблица 2.22).

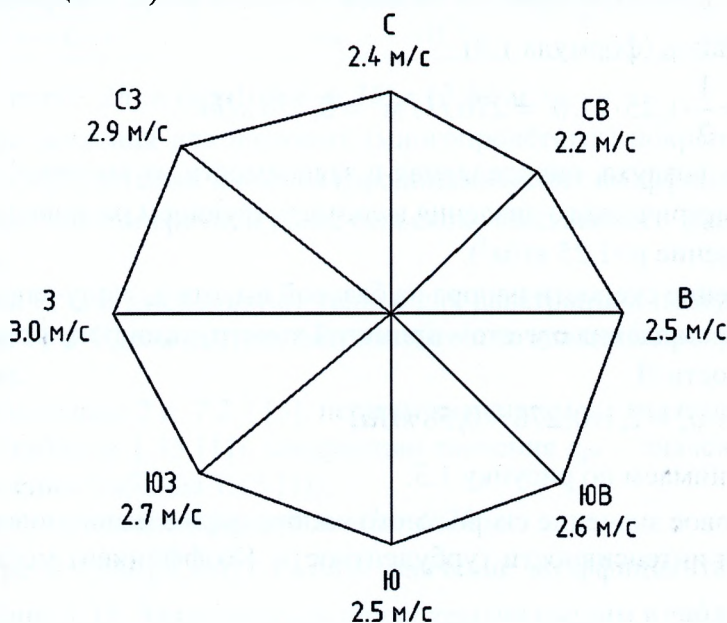


Рисунок 2.20 – Роза ветров для климатических условий п. Беловежский

Принимая $c_{dir} = 1,0$ для наиболее вероятных направлений ветра (сектор 3) как частное от деления средней годовой скорости ветра для рассматриваемого направления и для наиболее вероятного направления ветра, были определены значения коэффициента c_{dir} для всех секторов. В случае отсутствия официальных данных о средней скорости ветра по направлениям для

заданного населенного пункта в расчетах следует принимать значение c_{dir} согласно таблице 1.14.

Т. к. привязка проектируемого здания на местности не определена, рекомендуемое значение коэффициента, учитывающего направление ветра, $c_{dir} = 1,0$.

Таблица 2.22 – Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с) по направлениям для г. Бреста

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
I	2,3	2,1	2,6	2,9	2,8	3,1	3,4	3,3
II	2,6	2,6	2,9	2,7	2,6	3,0	3,1	2,9
III	2,5	2,4	2,8	2,9	2,7	2,8	3,6	3,5
IV	2,8	2,5	2,8	3,0	2,8	2,9	3,1	3,2
V	2,5	2,3	2,4	2,5	2,5	2,5	2,7	2,8
VI	2,4	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,7	2,7
VII	2,3	2,1	2,2	2,2	2,0	2,3	2,6	2,7
VIII	2,1	2,0	2,0	2,0	2,2	2,2	2,6	2,4
IX	2,3	1,9	2,3	2,3	2,3	2,4	2,7	2,6
X	2,4	2,1	2,5	2,8	2,5	2,8	3,0	2,7
XI	2,5	2,2	2,7	2,6	2,8	3,0	3,3	3,0
XII	2,4	2,3	2,8	2,7	2,7	3,1	3,4	3,1
Год	2,4	2,2	2,5	2,6	2,5	2,7	3,0	2,9

Базовое значение скорости ветра (формула 1.9)

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 21 = 21,0 \text{ м/с},$$

где $c_{dir} = 1,0$ – коэффициент, учитывающий направление ветра;

c_{season} – сезонный коэффициент, т. к. проектируемое здание не является временным сооружением, $c_{season} = 1,0$;

$v_{b,0} = 21 \text{ м/с}$ – основное значение базовой скорости ветра (см. рисунок 1.4).

Скоростной напор (формула 1.8)

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 21,0^2 = 276 \text{ Н/м}^2 = 0,276 \text{ кПа}.$$

ρ – плотность воздуха, определяемая в зависимости от высотной отметки местности, температуры и барометрического давления в соответствующем регионе при штормовом ветре (рекомендуемое значение $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$).

Пиковое значение скорости напора на базовой высоте z_e , получено согласно расчетным вертикальным размерам здания с учетом принятой конструкции покрытия $z_e = 6,76 \text{ м}$ (рисунок 2.17) для типа местности II

$$q_p(z_e) = c_e(z_e) \cdot q_b = 2,1 \cdot 0,276 = 0,58 \text{ кПа},$$

где $c_e(z_e) = 2,1$ – принимаем по рисунку 1.3.

Уточним пиковое значение скоростного напора $q_p(z)$ с использованием значений средней скорости ветра и интенсивности турбулентности. Коэффициент местности k_r по выражению

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19,$$

где $z_{0,II} = 0,05 \text{ м}$ для типа местности II (таблица 1.13);

$z_0 = 0,05 \text{ м}$ для типа местности II (таблица 1.13).

Коэффициент, учитывающий тип местности, равен

$$c_r(6,76) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{6,76}{0,05}\right) = 0,932,$$

при $z_{\min} = 5 \text{ м} \leq z = 6,76 \text{ м} \leq z_{\max} = 200 \text{ м}$.

Среднюю скорость ветра определим из базового значения скорости с учетом типа местности и орографии:

$$v_m(6,76) = c_r(6,76) \cdot c_o(6,76) \cdot v_b = 0,932 \cdot 1,0 \cdot 21,0 = 19,572 \text{ м/с},$$

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

Интенсивность турбулентности:

$$I_v(6,76) = \frac{k_i}{c_o(6,76) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(6,76/0,05)} = 0,204,$$

при $z_{\min} = 5 \text{ м} \leq z = 6,76 \text{ м} \leq z_{\max} = 200 \text{ м}$.

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

$$\begin{aligned} q_p(6,76) &= \left[1 + 7I_v(6,76)\right] \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot v_m^2(6,76) = \\ &= [1 + 7 \cdot 0,204] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 19,572^2 = 581 \text{ Н/м}^2 = 0,581 \text{ кПа}. \end{aligned}$$

Для наветренных стен прямоугольных в плане зданий наружные давления по высоте здания допускается устанавливать дифференцированно согласно рисунку 1.8. Т. к. $h = 4,2 \text{ м} < b = 30 \text{ м}$ (рисунок 2.5) значение $q_p(z_e)$ 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. Значения коэффициента $c_{pe,10}$ для вертикальных стен сводим в таблицу 2.23.

Таблица 2.23 – Значение коэффициента $c_{pe,10}$ для вертикальных стен

h/d	зона D	зона E
$h/d = 6,76/40,6 = 0,167$	$c_{pe,10} = +0,7$	$c_{pe,10} = -0,5$

Параметр $e = \min(b; 2h) = \min(108; 2 \cdot 6,76) = 13,52 \text{ м}$.

Распределение давления для шедовых (многопролётных) покрытий в соответствии с п.7.2.7 рисунок 7.10(с) [5], а также значения аэродинамических коэффициентов внешнего давления для рассматриваемой поперечной рамы сельскохозяйственного здания представлены на рисунках 2.21...2.24.

При этом зоны F, G и J используют только для наветренной поверхности первого пролета покрытия. Зоны H и I должны рассматриваться для каждого пролета многопролетного (шедового) покрытия.

Согласно примечанию 2 п. 7.2.7 [5], первым значением c_{pe} является значение для односкатного покрытия (таблица 1.15 [1]), следующие значения c_{pe} – значение c_{pe} для покрытия корытообразного сечения (таблица 1.15 [1]).

Базовую высоту применяем равной $z_e = h = 6,76 \text{ м}$.

При параметре $e = \min(b; 2h) = 13,52 \text{ м}$ значение коэффициента $c_{pe,10}$ для покрытия определяется по таблице 1.15. Значения $c_{pe,10}$ для покрытия сводим в таблицу 2.24.

Таблица 2.24 – Значение коэффициента $c_{pe,10}$ для покрытия здания

зона F	зона G	зона H ₁	зона H ₂	зона H ₃	зона I
$c_{pe,10} = -0,9$ $c_{pe,10} = +0,2$	$c_{pe,10} = -0,8$ $c_{pe,10} = +0,2$	$c_{pe,10} = -0,3$ $c_{pe,10} = +0,2$	$c_{pe,10} = -0,9$	$c_{pe,10} =$ $-0,9 \cdot 0,6 = 0,54$	$c_{pe,10} = -0,5$

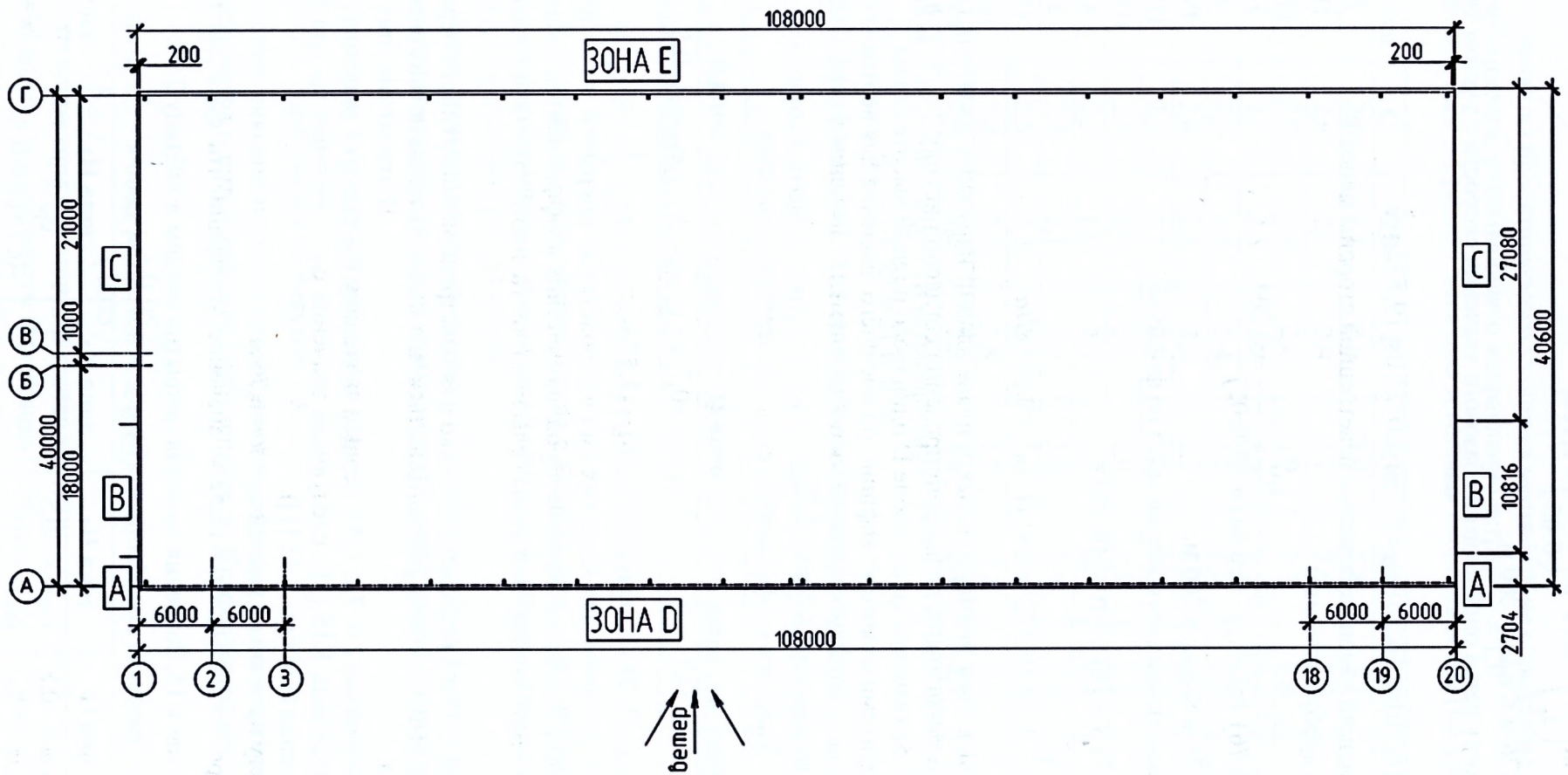
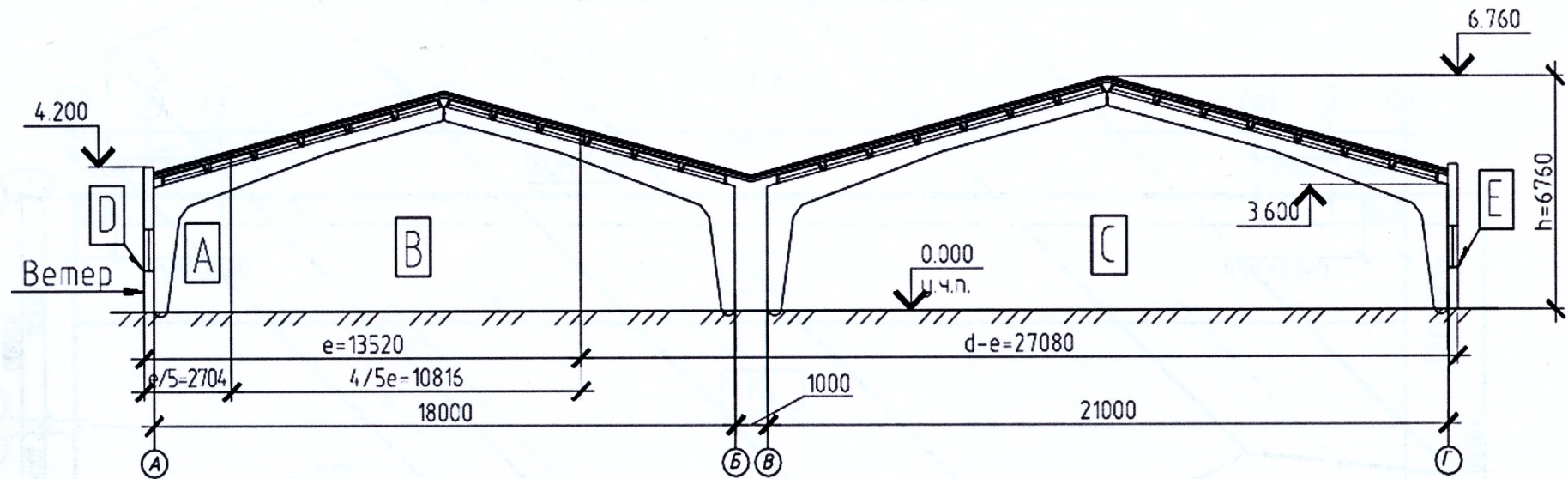


Рисунок 2.21– Распределение ветрового давления для вертикальных стен



для зоны А: $c_{pe,10} = -1,2$; для зоны В: $c_{pe,10} = -0,8$; для зоны С: $c_{pe,10} = -0,5$

Рисунок 2.22 – Распределение ветрового давления на боковые вертикальных стены

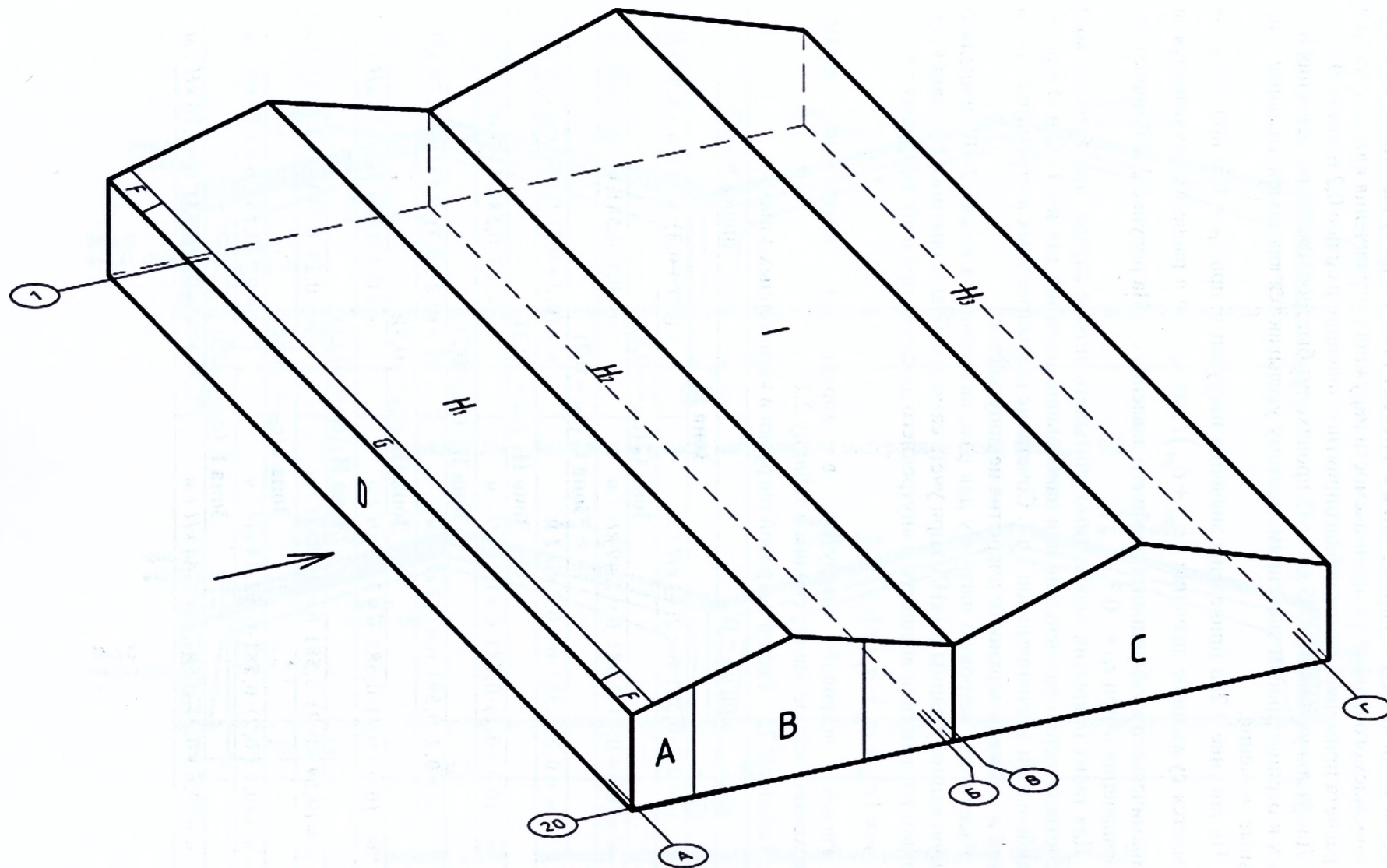


Рисунок 2.24 – Зоны распределения ветрового давления на здание

Учет ветрового давления, приложенного к внутренним поверхностям конструкций зданий, выполним с использованием аэродинамического коэффициента внутреннего давления c_{pi} , который согласно п. 7.2.9 (2) примечания 2 ТКП ЕН 1991-1-4 в случае невозможности определения приемлемого параметра проницаемости наружного ограждения или в случае невозможности расчета применяет самое неблагоприятное значение из плюс 0,2 и минус 0,3.

Для углов уклона от $= +5$ до $= +45$ происходит быстрое изменение давления от положительных к отрицательным значениям, поэтому указываются как положительные, так и отрицательные значения.

На рисунке 2.25а приведены значения нагрузки w при $c_{pi} = 0,2$, при этом для $c_{pe} < 0$ принимается суммарное значение $(c_{pe} + c_{pi})$, для $c_{pe} > 0$ в расчетах учитывается величина аэродинамического коэффициента внешнего давления c_{pe} . На рисунке 2.25б приведены аналогичные значения w при $c_{pi} = -0,3$.

Для таких покрытий необходимо учитывать четыре случая, при которых комбинируются соответственно наименьшие или наибольшие значения для зон F, G и H с наименьшим или наибольшим значениями зон I и J. Сочетание положительных и отрицательных значений на одной и той же поверхности покрытия не допускается.

Рассчитаем ветровую нагрузку для рам, находящихся в осях 2-19, проходящую на погонную единицу длины w (кН/м) при учете самого неблагоприятного сочетания при одновременном воздействии внешнего и внутреннего давления при шаге полурам $s = 6$ м

$$w = (c_{pe} + c_{pi}) \cdot q_p(z) \cdot s.$$

Расчет ветровой нагрузки в характерных зонах на двухпролётное сельскохозяйственное здание сводим в таблицу 2.25.

Таблица 2.25 – Расчет ветровой нагрузки в характерных зонах

при $c_{pi} = 0,2$	при $c_{pi} = -0,3$
Зона D	
$w = 0,7 \cdot 0,581 \cdot 6 = 2,44 \text{ кН / м}$	$w = (0,7 + 0,3) \cdot 0,581 \cdot 6 = 3,49 \text{ кН / м}$
Зона G ($c_{pe} = -0,8$)	
$w = (0,8 + 0,2) \cdot 0,581 \cdot 6 = 3,49 \text{ кН / м}$	$w = 0,8 \cdot 0,581 \cdot 6 = 2,79 \text{ кН / м}$
Зона G ($c_{pe} = 0,2$)	
$w = 0,2 \cdot 0,581 \cdot 6 = 0,7 \text{ кН / м}$	$w = (0,2 + 0,3) \cdot 0,581 \cdot 6 = 1,74 \text{ кН / м}$
Зона H₁ ($c_{pe} = -0,3$)	
$w = (0,3 + 0,2) \cdot 0,581 \cdot 6 = 1,74 \text{ кН / м}$	$w = 0,3 \cdot 0,581 \cdot 6 = 1,05 \text{ кН / м}$
Зона H₁ ($c_{pe} = 0,2$)	
$w = 0,2 \cdot 0,581 \cdot 6 = 0,7 \text{ кН / м}$	$w = (0,2 + 0,3) \cdot 0,581 \cdot 6 = 1,74 \text{ кН / м}$
Зона H₂ ($c_{pe} = -0,9$)	
$w = (0,9 + 0,2) \cdot 0,581 \cdot 6 = 3,83 \text{ кН / м}$	$w = 0,9 \cdot 0,581 \cdot 6 = 3,14 \text{ кН / м}$
Зона H₃ ($c_{pe} = -0,54$)	
$w = (0,54 + 0,2) \cdot 0,581 \cdot 6 = 2,58 \text{ кН / м}$	$w = 0,54 \cdot 0,581 \cdot 6 = 1,88 \text{ кН / м}$
Зона I ($c_{pe} = -0,5$)	
$w = (0,5 + 0,2) \cdot 0,581 \cdot 6 = 2,44 \text{ кН / м}$	$w = 0,5 \cdot 0,581 \cdot 6 = 1,74 \text{ кН / м}$
Зона E ($c_{pe} = -0,5$)	
$w = (0,5 + 0,2) \cdot 0,581 \cdot 6 = 2,44 \text{ кН / м}$	$w = 0,5 \cdot 0,581 \cdot 6 = 1,74 \text{ кН / м}$

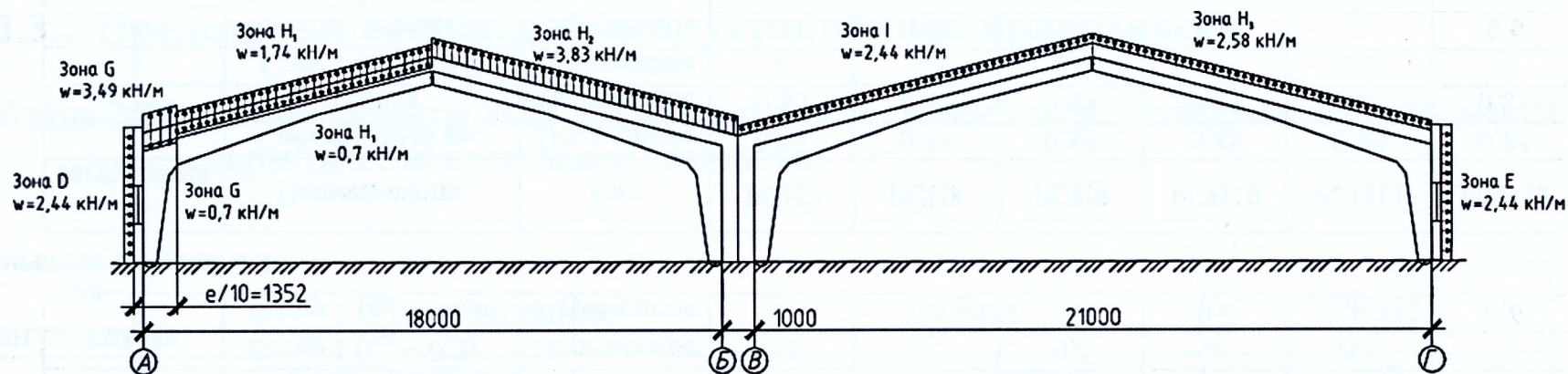


Рисунок 2.25а – Значения ветровой нагрузки для поперечной рамы при $c_{pi} = 0,2$

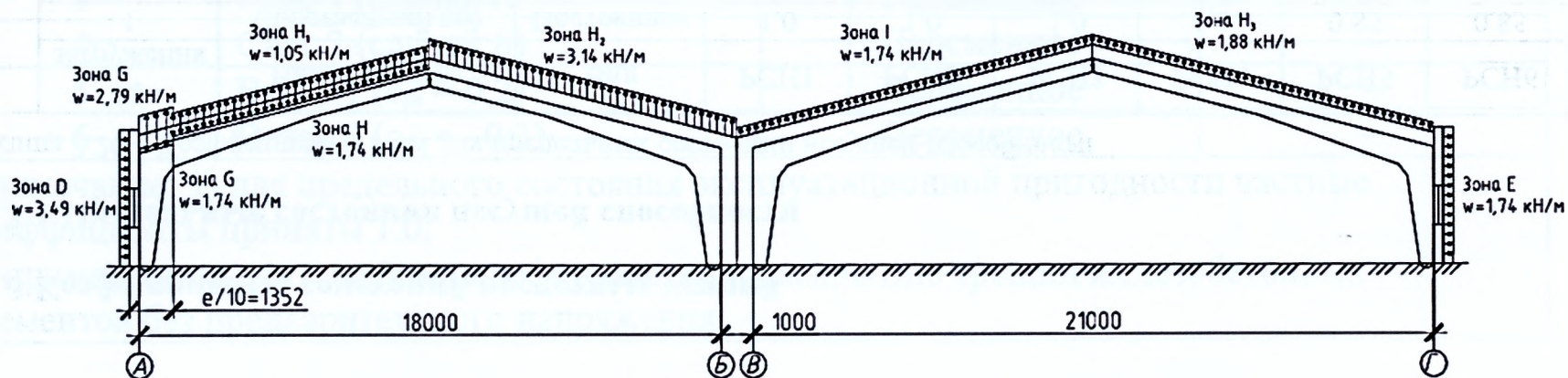


Рисунок 2.25б – Значения ветровой нагрузки для поперечной рамы при $c_{pi} = -0,3$

2.3.3 Коэффициенты сочетаний расчетных усилий

2.3.3.1 Предельные состояния несущей способности

Таблица 2.26 – Коэффициенты РСН для предельных состояний несущей способности

№ загрузки	Наименование	Вид	РСН1	РСН2	РСН3	РСН4	РСН5	РСН6
1	Собственный вес	Постоянное	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	0,85
2	Кровля	Постоянное	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	0,85
3	Снег 1 (случай <i>i</i>)	Переменное	0,6	0,6	–	–	1,0	1,0
4	Снег 2 (случай <i>ii</i>)	Переменное	–	–	0,6	0,6	–	–
5	Ветер 1 ($c_{pi} = 0,2$)	Переменное	0,6	–	0,6	–	0,6	–
6	Ветер 2 ($c_{pi} = -0,3$)	Переменное	–	0,6	–	0,6	–	0,6

Окончание таблицы 2.26

№ загрузки	Наименование	Вид	РСН7	РСН8	РСН9	РСН10	РСН11	РСН12
1	Собственный вес	Постоянное	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
2	Кровля	Постоянное	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
3	Снег 1 (случай <i>i</i>)	Переменное	–	–	0,6	–	0,6	–
4	Снег 2 (случай <i>ii</i>)	Переменное	1,0	1,0	–	0,6	–	0,6
6	Ветер 1 ($c_{pi} = 0,2$)	Переменное	0,6	–	1,0	1,0	–	–
7	Ветер 2 ($c_{pi} = -0,3$)	Переменное	–	0,6	–	–	1,0	1,0

2.3.3.2 Предельные состояния эксплуатационной пригодности

Таблица 2.27 – Коэффициенты РСН для предельных состояний эксплуатационной пригодности (практически постоянное сочетание)

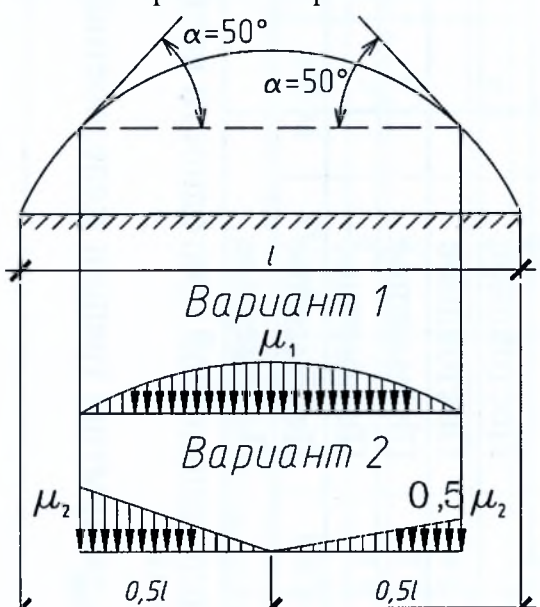
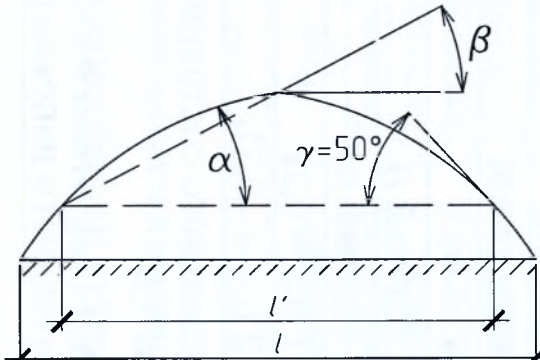
№ загрузки	Наименование	Вид	РСН1
1	Собственный вес	Постоянное	1,0
2	Кровля	Постоянное	1,0
3	Снег 1 (случай <i>i</i>)	Переменное	–
4	Снег 2 (случай <i>ii</i>)	Переменное	–
5	Ветер 1 ($c_{pi} = 0,2$)	Переменное	–
6	Ветер 2 ($c_{pi} = -0,3$)	Переменное	–

Примечание: 1) для предельного состояния эксплуатационной пригодности частные коэффициенты приняты 1,0;
2) применяются для расчёта по деформациям и раскрытию трещин железобетонных элементов без предварительного напряжения

Приложение А

Схемы снеговых нагрузок и коэффициенты μ

Таблица А.1 – Схемы снеговых нагрузок и коэффициенты μ [3]

Номер схемы	Профили покрытий и схемы снеговых нагрузок	Коэффициенты μ и область применения схем
1	<p>Здания со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями</p>  <p style="text-align: center;">Вариант 1 μ_1</p> <p style="text-align: center;">Вариант 2 μ_2 $0,5\mu_2$</p>	<p>$\mu_1 = \cos 1,8\alpha;$ $\mu_2 = 2,4 \sin 1,4\alpha,$ где α – уклон покрытия, град</p>
2	<p>Покрытия в виде стрельчатых арок</p> 	<p>При $\beta \geq 15^\circ$ необходимо использовать схему 16 Приложения 3 [2] (здания с односкатными и двускатными покрытиями), принимая $l = l'$; при $\beta < 15^\circ$ – схему 1 настоящей таблицы</p>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник по проектированию стальных конструкций в соответствии с требованиями ЕВРОКОДОВ / А.Б. Шурин, В.И. Драган, В.В. Тур, Ю.С. Мартынов, А.В. Мухин, В.В. Надольский, А.В. Черноиван ; под ред. А.Б. Шурина. – 3-е изд. – Брест: Издательство БрГТУ, 2019. – 148 с.
2. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Нагрузки и воздействия : СНиП 2.01.07-85. – М. : Госстрой СССР : ЦНИТП, 1986. – 36 с.
3. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия. Изменение № 1 : СНиП 2.01.07-85. – Минск : Минстройархитектуры РБ, 2001. – 5 с.
4. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия (Дополнения. Раз. 10. Прогибы и перемещения) : СНиП 2.01.07-85. – М. : Госстрой СССР : ЦНИТП, 1989. – 8 с.
5. Технический кодекс установившейся практики. Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций: ТКП EN 1990-2011* (Переиздание с Изменением №1). – Введ. 01.07.2012. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2015. – 94 с.
6. Технический кодекс установившейся практики. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-1. Общие воздействия. Объемный вес, собственный вес, функциональные нагрузки для зданий: ТКП EN 1991-1-1-2016. – Введ. 11.03.2016. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2016. – 45 с.
7. Технический кодекс установившейся практики. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки: ТКП EN 1991-1-3-2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009. – 48 с.
8. Технический кодекс установившейся практики. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия: ТКП EN 1991-1-4-2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 127 с.
9. Технический кодекс установившейся практики. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 3. Воздействия, вызванные кранами и механическим оборудованием: ТКП EN 1991-3-2009. – Введ. 10.12.2009. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 73 с.

10. Технический кодекс установившейся практики. Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций: Изменение № 2 ТКП EN 1990-2011. – Введ. 01.12.2020. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2019. – 14 с.

11. Технический кодекс установившейся практики. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки: Изменение № 2 ТКП EN 1991-1-3-2009. – Введ. 01.07.2015. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2015. – 9 с.

12. Технический кодекс установившейся практики. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия: Изменение № 2 ТКП EN 1991-1-4-2009*. – Введ. 01.07.2015. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2015. – 20 с.

13. Справочник по климату Беларуси. Часть 4. Ветер, атмосферное давление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pogoda.by/climate-directory/?page=304>.

Учебное издание

ТУР Виктор Владимирович
ШУРИН Андрей Брониславович
ШАЛОБЫТА Николай Николаевич
КРИВИЦКИЙ Павел Васильевич
ЗАХАРКЕВИЧ Иван Филиппович
ТОРХОВА Анна Вячеславовна
АЛЕХНОВИЧ Святослав Викторович

ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДАНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ЕВРОКОДОВ

*Рекомендовано Советом
Брестского государственного технического университета*

Ответственный за выпуск: Шури́н А.Б.
Редактор: Боровикова Е.А.
Компьютерная вёрстка: Шури́н А.Б.
Корректор: Никитчик Е.В.

Издательство БрГТУ.
Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных
изданий № 1/235 от 24.03.2014 г., №3/1569 от 16.10.2017 г.
Подписано в печать 11.02.2020 г.
Формат 60x84 ¹/₈. Бумага «Снегурочка».
Гарнитура «Times New Roman».
Усл. печ. л. 9,53. Уч. изд. л. 10,25. Заказ № 112.
Тираж 99 экз. Отпечатано на ризографе учреждения
образования «Брестский государственный технический
университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

ISBN 978-985-493-486-0

