

ИФО | 01.03.04 | ПМ | 6-й семестр

Строительные конструкции

Лекция №9



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

www: mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/ZhBK/

e-mail: g bk@mgsu.ru; dpekin@mail.ru

тел.: +7 495 287 49 14 доб. 3036, 3084

Пекин Дмитрий Анатольевич, доцент, к.т.н.

Лекция №9 – Нагрузки и воздействия

- Нагрузки и воздействия
- Основные типы нагрузок и воздействий
- Нормативные и расчетные нагрузки
- Эквивалентная нагрузка
- Постоянные и временные нагрузки
- Временная нагрузка и длительность ее действия
- Статические и динамические нагрузки
- Сочетание нагрузок и воздействий
- Расчетные сочетания (комбинации) усилий

Нагрузки и воздействия

Первоочередная задача при проектировании несущих конструкций это определение действующих на них **нагрузок** и **воздействий**, которые обычно подразделяют на два вида:

- **Силовые** (нагрузки)
- **Не силовые** (воздействия в узком толковании этого термина)

Нагрузка – механическая сила, действующая на строительные конструкции здания или сооружения и определяющая их напряженно-деформированное состояние

Воздействие – явление, также вызывающее определенное напряженно-деформированное состояние конструкций, но не связанное с действием нагрузки непосредственно

Основные типы нагрузок и воздействий

К нагрузкам относят:

- Собственный вес конструкции
- Вес других частей зданий и сооружений
- Вес оборудования, материалов, людей, атмосферных осадков и т.п.

К воздействиям относят:

- Температурные воздействия, вызывающие удлинения или укорочения размеров элементов, в связи с чем происходит изменение их НДС
- Воздействия атмосферной или грунтовой влаги могут привести к изменению свойств строительных материалов или грунта основания
- Наличие в воздухе агрессивных химических примесей приводит к явлению коррозии, особенно в присутствии влаги

Основные типы нагрузок и воздействий

К воздействиям относят:

- Биологические воздействия, вызываемые насекомыми или микроорганизмами, что приводит к различным повреждениям конструкций из органических материалов
- Звуковые воздействия (шум) от источников вне здания или сооружения, нарушающие нормальную акустическую обстановку внутри здания или вызывающие явление резонанса
- Самопроизвольные деформации материалов (усадка, ползучесть), вызывающие «собственные» напряжения в элементах и конструкциях
- Сейсмические воздействия, вызывающие резкие колебания основания
- Деформации оснований, обусловленных коренным изменением структуры грунта (при замачивании просадочных грунтов) или оседанием грунта в районах горных выработок или в карстовых районах
- Вибрационные воздействия от внутренних или внешних источников

Нормативные нагрузки

Нормативная нагрузка – осредненная величина внешней нагрузки, при действии которой возможна нормальная эксплуатация здания, сооружения, конструкции или основания

Величины **нормативных** значений нагрузок и воздействий устанавливают нормы проектирования на основании заранее заданной вероятности превышения средних значений нагрузок или принимаются равными их номинальным значениям

Нормативные значения нагрузок от веса частей зданий, а также от веса и давления грунтов, принимаются на основе проектных величин геометрических параметров конструкций и по средним значениям объемного веса их материалов

Нормативные нагрузки

Нормативные значения нагрузок от технологического оборудования, приборов, материалов или монтажных нагрузок устанавливаются по наибольшим величинам в условиях нормальной эксплуатации или возведения

Для атмосферных нагрузок (ветровой, снеговой, гололедной, волновой и т. п.) и климатических воздействий (температурных, влажностных и др.) за **нормативные** величины принимают средние из ежегодных наиболее неблагоприятных значений или неблагоприятные значения, соответствующие определённому периоду их повторения или превышения

Нормативные значения динамических нагрузок от машин устанавливают по среднестатистическим значениям параметров, определяющих эту нагрузку, или по проектным значениям масс и геометрических размеров движущихся частей машины в соответствии со схемой и режимом движения

Пример нагрузки от собственного веса

Нормативная нагрузка от собственного веса железобетонной балки с проектными размерами поперечного сечения 300×800 мм, учитывая средний удельный вес железобетона 25 кН/м³ на 1 п. м. составит:

$$q_n = 0,3 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 25 = 6,0 \text{ кН/м}$$

Нормативное значение нагрузки является ее основной характеристикой и используется в расчетах по **второму** предельному состоянию, обеспечивающему нормальную эксплуатацию здания, сооружения, конструкции или основания

Нормативная нагрузка – основа для определения расчетных нагрузок, которые применяют для расчета несущих конструкций зданий и сооружений по **первому** предельному состоянию

Расчетные нагрузки

Расчетная нагрузка – это максимально возможная и потенциально существующая величина нагрузки, при действии которой может наступить предельное состояние конструкции, характеризуемое полной **непригодностью** к дальнейшей ее эксплуатации или **разрушение**

Для определения величины **расчетной** нагрузки введено понятие «коэффициент надежности по нагрузке», обозначаемый γ_f (для железобетона – 1,1) и показывающий, насколько **расчетная** нагрузка больше (или меньше, что значительно реже) ее **нормативного** значения, т. о. **расчетная** нагрузка определяется по формуле (на примере балки):

$$q = q_n \cdot \gamma_f = 6,0 \cdot 1,1 = 6,6 \text{ кН/м}$$

Коэффициент надежности по нагрузке – γ_f

На величину γ_f существенное влияние оказывает вид нагрузки и степень ее изменчивости – чем меньше амплитуда изменений нагрузки, тем ближе к единице будет величина γ_f

Например, нагрузка от собственного веса конструкции зависит от ее размеров и удельного веса материала:

- чем выше однородность материала, тем в более узких пределах колеблется изменение его плотности и удельного веса
- и чем надежней контроль качества при изготовлении конструкций, тем меньше размеры поперечных сечений элементов отклоняются от проектных,

и, следовательно, значения γ_f меньше и ближе к единице

Для собственного веса γ_f по табл. 7.1 СП 20.13330:

Конструкции сооружений и вид грунтов	γ_f
Конструкции	
Металлические, за исключением случаев, указанных в п. 7.3	1,05
Бетонные (со средней плотностью свыше 1600 кг/м ³), железобетонные, каменные, армокаменные, деревянные	1,1
Бетонные (со средней плотностью 1600 кг/м ³ и менее), изоляционные, выравнивающие и отделочные слои (плиты, материалы в рулонах, засыпки, стяжки и т.п.), выполняемые:	
в заводских условиях	1,2
на строительной площадке	1,3
Грунты	
В природном залегании	1,1
На строительной площадке	1,15
Примечание – при определении нагрузок от грунта следует учитывать нагрузки от складированных материалов, оборудования и транспортных средств, передаваемые на грунт	

Подход в определении γ_f для ветровой нагрузки

По результатам ежегодных измерений максимальных значений ветровых давлений в кПа за 30 лет в III ветровом районе:

- 0,41; 0,37; 0,36; 0,48; 0,30; 0,35; 0,38; 0,34; 0,31; 0,45; 0,35; 0,39; 0,49; 0,34; **0,53**; 0,29; 0,41; 0,36; 0,33; 0,37; 0,30; 0,43; **0,51**; 0,39; 0,34; 0,28; 0,33; **0,54**; 0,32; 0,36

Сумма всех максимальных ежегодных давлений равна 11,42 кПа, а среднее за данный промежуток времени значение максимального ветрового давления составляет 0,38 кПа, что и принято в качестве **нормативного** ветрового давления для III ветрового района

Давление **свыше 0,5** кПа зафиксировано трижды и не исключена возможность действия и более высокого ветрового давления, поэтому значение γ_f определено по формуле:

$$\gamma_f = (0,51 + 0,53 + 0,54) / 0,38 = 1,386 \cong 1,4$$

Эквивалентная нагрузка

При расчете конструкций необходимо знать величину, направление действия и место приложения конкретных нагрузок

Однако во многих случаях невозможно с достоверностью определить положение нагрузки, например, расстановка мебели в жилом помещении может быть самой разнообразной

При этом обычно, рассматривают наиболее неблагоприятное положение нагрузок, если известна их величина, в противном случае используют **эквивалентные** нагрузки

Эквивалентная нагрузка – сплошная равномерно распределенная нагрузка, от действия которой в системе или в конструкции возникают усилия, равные максимальным усилиям от фактически прикладываемой системы сосредоточенных или распределенных нагрузок

Эквивалентные нагрузки P_t по табл. 8.1 СП 20.13330:

Здания и помещения	Нормативные значения равномерно распределенных нагрузок P_t, кПа	Нормативные значения сосредоточенных нагрузок Q_t, кН
Торговые склады	Не менее 5,0	Не менее 6,0
Производственные и промышленные складские помещения	По заданию на проектирование, но не менее: 3,0 - для расчета плит и второстепенных балок; 2,0 - для расчета ригелей, колонн и фундаментов	По заданию на проектирование, но не менее 3,0
Книгохранилища; архивы	По заданию на проектирование, но не менее 5,0	Не менее 6,0

Эквивалентные нагрузки P_t по табл. 8.3 СП 20.13330:

N п.п.	Помещения зданий и сооружений	P_t , кПа
1	Квартиры жилых зданий; спальня помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов; жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц; палаты больниц и санаториев	1,5
2	Служебные помещения административного, инженерно-технического, научного персонала организаций и учреждений; офисы, классные помещения учреждений просвещения; бытовые помещения (гардеробные, душевые, умывальные, уборные) промышленных предприятий и общественных зданий и сооружений	2,0
3	Кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения, лаборатории учреждений просвещения, науки; помещения электронно-вычислительных машин; кухни общественных зданий; помещения учреждений бытового обслуживания населения (парикмахерские, ателье и т.п.); технические этажи жилых и общественных зданий высотой менее 75 м; подвальные помещения	2,0

Нагрузки и воздействия разделяются

В зависимости от **продолжительности** действия на:

- Постоянные P_d :
 - Вес несущих и ограждающих строительных конструкций
 - Вес и давление грунтов (насыпей, засыпок), горное давление
 - Гидростатическое давление
- Временные:
 - Длительные P_l (вес временных перегородок, стяжек и стационарного оборудования; давление газов, жидкостей, сыпучих тел; нагрузки на перекрытия от складироваемых материалов, ...)
 - Кратковременные P_t (нагрузки от людей и оборудования на перекрытия, от кранового и лифтового оборудования, транспорта, климатические, ...)
 - Особые P_s (сейсмические, взрывные, ударные, ...)

Постоянные нагрузки P_d

Характерны неизменными во времени значениями силовых факторов и действуют с начала возведения строительного объекта и до конца его срока службы

Действие **постоянных** нагрузок может быть прекращено только при условии исчезновения объекта

К таким нагрузкам причисляют в первую очередь вес частей зданий, вес или давление грунтов, а также горное давление

К **постоянной** нагрузке относят также усилия от предварительного напряжения, сохраняющиеся в конструкции или в основании

Временные нагрузки P_l, P_t, P_s

Могут действовать лишь определенный период времени, меньший по сравнению со сроком эксплуатации объекта

Продолжительность действия временных нагрузок колеблется в широких пределах – от долей секунды до нескольких лет, что в свою очередь, приводит к необходимости классифицировать временные нагрузки на:

- **Длительные** P_l , имеющие достаточно продолжительный срок действия – от месяца до нескольких лет
- **Кратковременные** P_t , действующие от нескольких часов до нескольких суток или недель, при этом многие неоднократно
- **Особые** P_s , действующие, как правило, в течение очень короткого промежутка времени – от долей секунды до нескольких минут

Длительные временные нагрузки P_l :

- Вес временных перегородок, подливок и подбетонок под оборудование
- Вес стационарного оборудования: станков, аппаратов, моторов, емкостей, трубопроводов с арматурой, опорными частями и изоляцией, ленточных конвейеров, постоянных подъемных машин с их канатами и направляющими, а также вес жидкостей и твердых тел, заполняющих оборудование
- Давление газов, жидкостей и сыпучих тел в емкостях и трубопроводах, избыточное давление и разрежение воздуха, возникающее при вентиляции шахт
- Нагрузки на перекрытия от складироваемых материалов и стеллажного оборудования в складских помещениях, холодильниках, зернохранилищах, книгохранилищах, архивах и подобных помещениях

Длительные временные нагрузки P_l :

- Температурные технологические воздействия от стационарного оборудования
- Вес слоя воды на плоских водонаполненных покрытиях
- Вес отложений производственной пыли, если не предусмотрены соответствующие мероприятия по ее удалению
- Пониженные нагрузки от оборудования, людей, животных и транспортных средств на перекрытия жилых, общественных и сельскохозяйственных зданий, от мостовых и подвесных кранов, снеговых, температурных климатических воздействий (см. также 4.1)
- Воздействия, обусловленные деформациями основания, не сопровождающимися коренным изменением структуры грунта, а также оттаиванием вечномерзлых грунтов
- Воздействия, обусловленные изменением влажности, усадкой и ползучестью материалов

Кратковременные нагрузки P_t :

- Нагрузки от оборудования при наладке, пуске, в переходном и испытательном режимах, а также при его перестановке или замене
- Вес людей, ремонтных материалов в зонах обслуживания и ремонта оборудования
- Нагрузки от людей, животных, оборудования на перекрытия жилых, общественных и сельскохозяйственных зданий с полными нормативными значениями, кроме длительных временных нагрузок
- Нагрузки от подвижного подъемно-транспортного оборудования (погрузчиков, электрокаров, кранов-штабелеров, тельферов, а также от мостовых и подвесных кранов с полным нормативным значением), включая вес транспортируемых грузов
- Нагрузки от транспортных средств
- Климатические (снеговые, ветровые, температурные и гололедные)

Особые нагрузки P_s :

- Сейсмические
- Взрывные
- Ударные, в том числе нагрузки от столкновений транспортных средств с частями сооружения
- Нагрузки, вызываемые резкими нарушениями технологического процесса, временной неисправностью или поломкой оборудования
- Воздействия, обусловленные деформациями основания, сопровождающимися коренным изменением структуры грунта или оседанием его в районах горных выработок и в карстовых районах
- Нагрузки, обусловленные пожаром
- Климатические (снеговые, ветровые, температурные и гололедные) нагрузки, действие которых может привести к аварийной ситуации

Полезные нагрузки (от людей, ...) на перекрытия

Рассматриваются по отдельности как:

- **Кратковременные** с полным нормативным значением – P_t
- **Длительные** с пониженным нормативным значением – $P_l = 0,35P_t$

Отдельные полезные нагрузки при расчете балок, ригелей, плит, стен, колонн и фундаментов, воспринимающих нагрузки от одного (φ_1, φ_2) и более (φ_3, φ_4) перекрытий, допускается умножать на понижающие коэффициенты φ_i в зависимости от грузовой площади:

$$\varphi_1 = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{A/A_1}}; \quad \varphi_2 = 0,5 + \frac{0,5}{\sqrt{A/A_2}}; \quad \varphi_3 = 0,4 + \frac{\varphi_1 - 0,4}{\sqrt{n}}; \quad \varphi_4 = 0,5 + \frac{\varphi_2 - 0,5}{\sqrt{n}}$$

для φ_1 : $A > A_1 = 9 \text{ м}^2$; для φ_2 : $A > A_2 = 36 \text{ м}^2$; для φ_3, φ_4 : n – общее число перекрытий, рассматриваемое при расчете колонны, стены, фундамента

Статические и динамические нагрузки

Статическими называют нагрузки, величина и направление которых существенно не меняются во времени, т. е. фактор времени при статическом нагружении можно не учитывать

При действии **динамических нагрузок** собственным массам сооружения сообщаются заметные ускорения, которые вызывают колебания и не позволяют пренебрегать возникающими силами инерции, к ним относятся:

- Сейсмические колебания оснований
- Ветровые пульсации
- Ударные механические нагрузки технологического или аварийного происхождения: носят импульсный характер, т. е. являются интенсивными по величине и кратковременными по длительности

Динамические нагрузки:

- Вибрационные нагрузки технологического происхождения от оборудования и машин с вращающимися элементами. Действие вибрационной нагрузки оценивают по отношению амплитуд перемещений (напряжений) к их величине, полученной из условного статического расчета сооружения на амплитудное значение вибрационной нагрузки
- Подвижная динамическая нагрузка от движущихся транспортных средств
- Аварийные воздействия от разрыва упругих связей в конструкции
- Технологические нагрузки взрывного характера (штамповка, бурение, взрывные работы)
- Взрывная воздушная волна в цехах химических производств или в сооружениях гражданской обороны
- Ледовые ударные нагрузки на буровые платформы и портовые сооружения

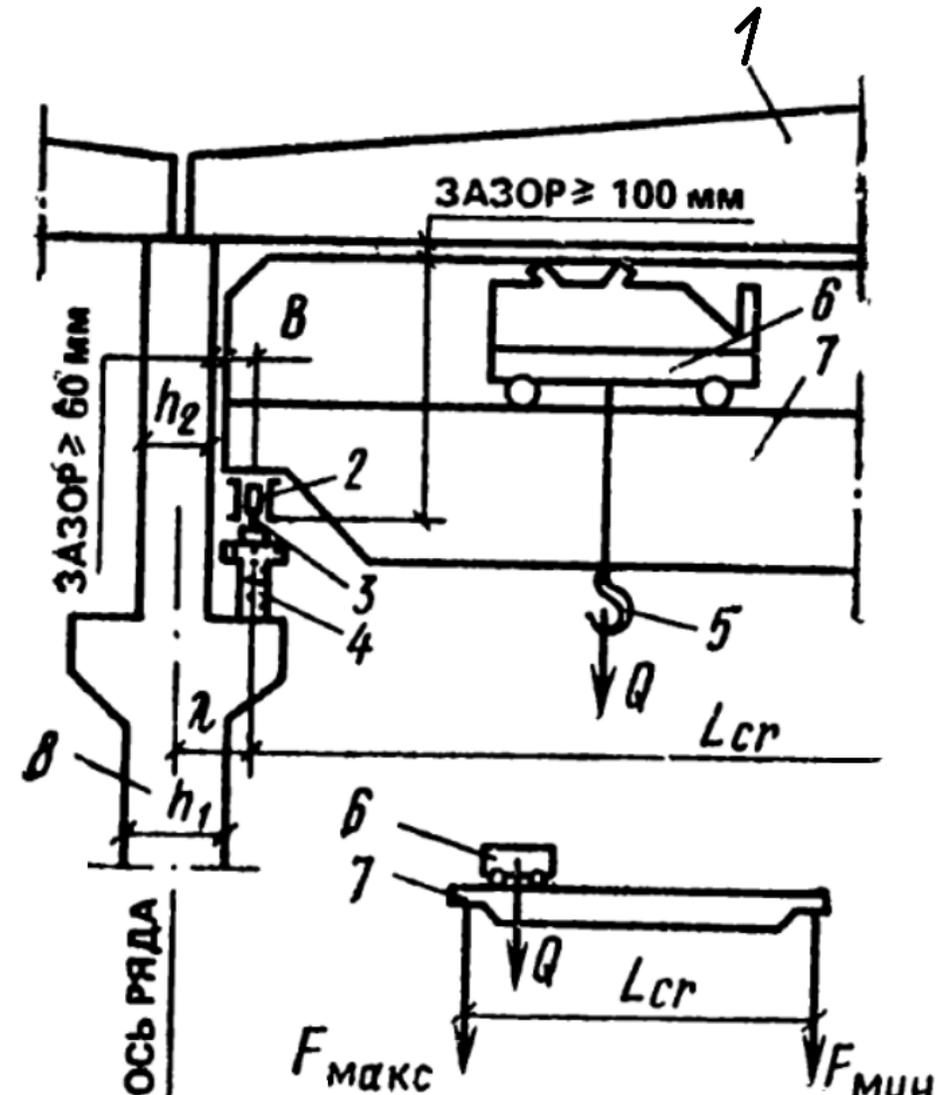
Классификация динамических воздействий:

- **Собственные колебания** сооружения под действием начальных условий (начальные перемещения и начальные скорости), которые обычно быстро затухают в результате трения в опорах, в окружающей среде и в материале
- **Стационарные динамические воздействия** от вибрационных нагрузок. Опасны при совпадении частоты вибрации с одной из низших собственных частот сооружения (например, вертикальной или горизонтальной), или с локальной частотой собственных колебаний (например пола), что называется **резонансом**
- **Переходные (нестационарные) динамические процессы** при импульсных, ударных и взрывных нагрузках, а также сейсмические толчки. Главная трудность изучения **нестационарных процессов** – неизвестная форма импульса, для получения которой привлекают эксперимент (в некоторых случаях и расчет, если материал работает идеально упруго или идеально пластично)

Схема мостового крана с крюком на гибком подвесе:

- 1 – стропильная конструкция (ригель)
- 2 – колесо крана
- 3 – подкрановый рельс
- 4 – подкрановая балка
- 5 – крюк на гибком подвесе
- 6 – тележка мостового крана
- 7 – мостовой кран
- 8 – средняя колонна каркаса

При наличии жесткого диска покрытия горизонтальные нагрузки от торможения тележки крана распределяются на соседние колонны каркаса



Нагрузки от мостовых кранов (р. 9 СП 20) с $\gamma_f = 1,2$:

- Следует определять в зависимости от групп режимов их работы, устанавливаемых в таблице А.1 Приложения А СП 20 и других нормативных документах, от вида привода и способа подвеса груза
- Вертикальные нагрузки, передаваемые колесами кранов на подкрановые балки принимаются согласно стандартов или данных заводов-изготовителей
- Горизонтальные нагрузки, возникающие при торможении крана **вдоль путей**, принимаются равными 0,1 полной вертикальной нагрузки на тормозные колеса с рассматриваемой стороны крана
- Горизонтальные нагрузки, возникающие при торможении тележки крана **поперек путей**, принимаются равными 0,05 (для гибкого подвеса) и 0,1 (для жесткого подвеса) от суммы подъемной силы крана и веса тележки только с **одной стороны пролета**
- При расчете подкрановых балок и их креплений по I группе предельных состояний расчетные значения вертикальных крановых нагрузок следует умножать на **коэффициент динамичности**, равный 1,2

Снеговые нагрузки

Зависят от многих факторов:

- снегового района
- геометрии крыши
- и многих других



Снеговая нагрузка (р. 10 СП 20) с $\gamma_f = 1,4$

На горизонтальную проекцию покрытия определяется по формуле:

$$S_0 = c_e c_t \mu S_g$$

где c_e – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытия (п. 10.5-10.9 СП 20)

c_t – термический коэффициент (п. 10.10 СП 20)

μ – коэффициент формы, учитывающий переход от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие (п. 10.4 СП 20)

S_g – нормативный вес снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 кПа для I; II; III; IV; V; VI; VII; VIII снеговых районов соответственно (п. 10.2 СП 20)

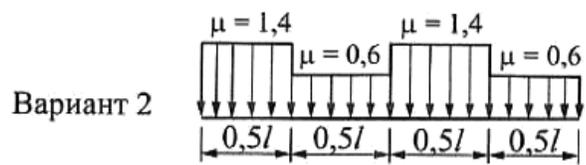
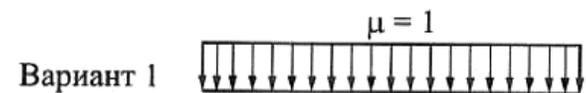
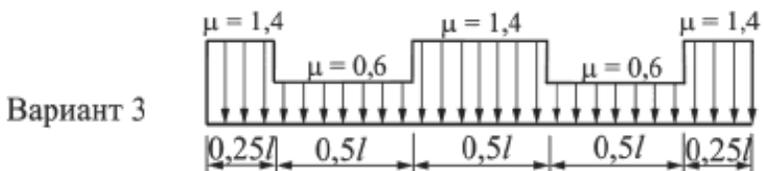
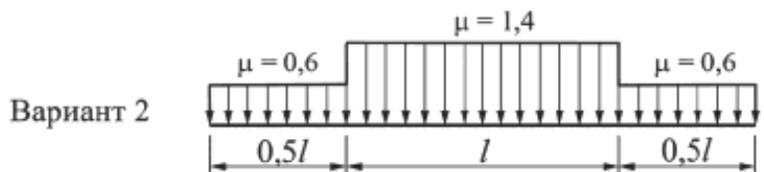
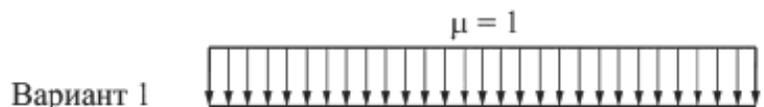
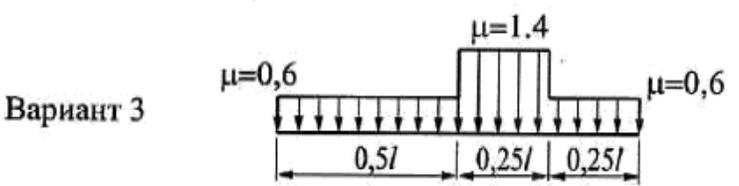
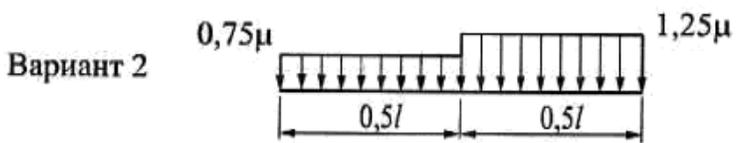
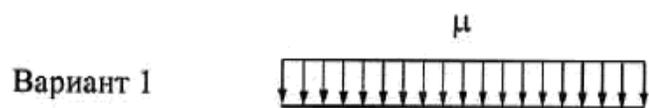
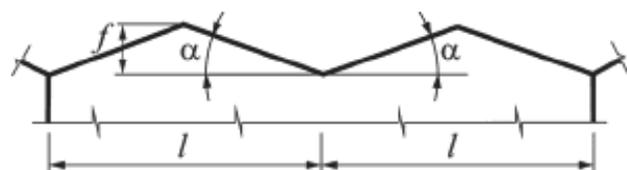
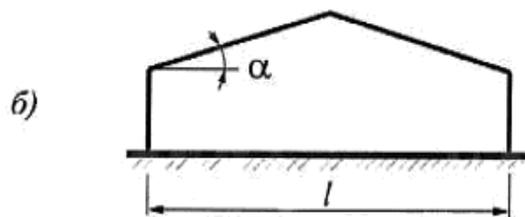
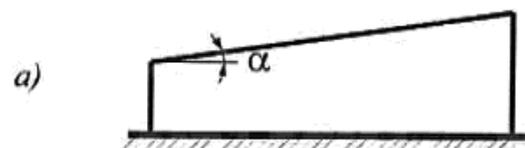
Снижение снеговой нагрузки за счет коэффициента c_e **не распространяется:**

- на покрытия со среднемесячной температурой воздуха в январе выше минус 5°C
- на участки покрытий у перепадов высот зданий и парапетов
- для покрытий зданий, защищенных от прямого воздействия ветра

Районирование по весу снеговому покрову:

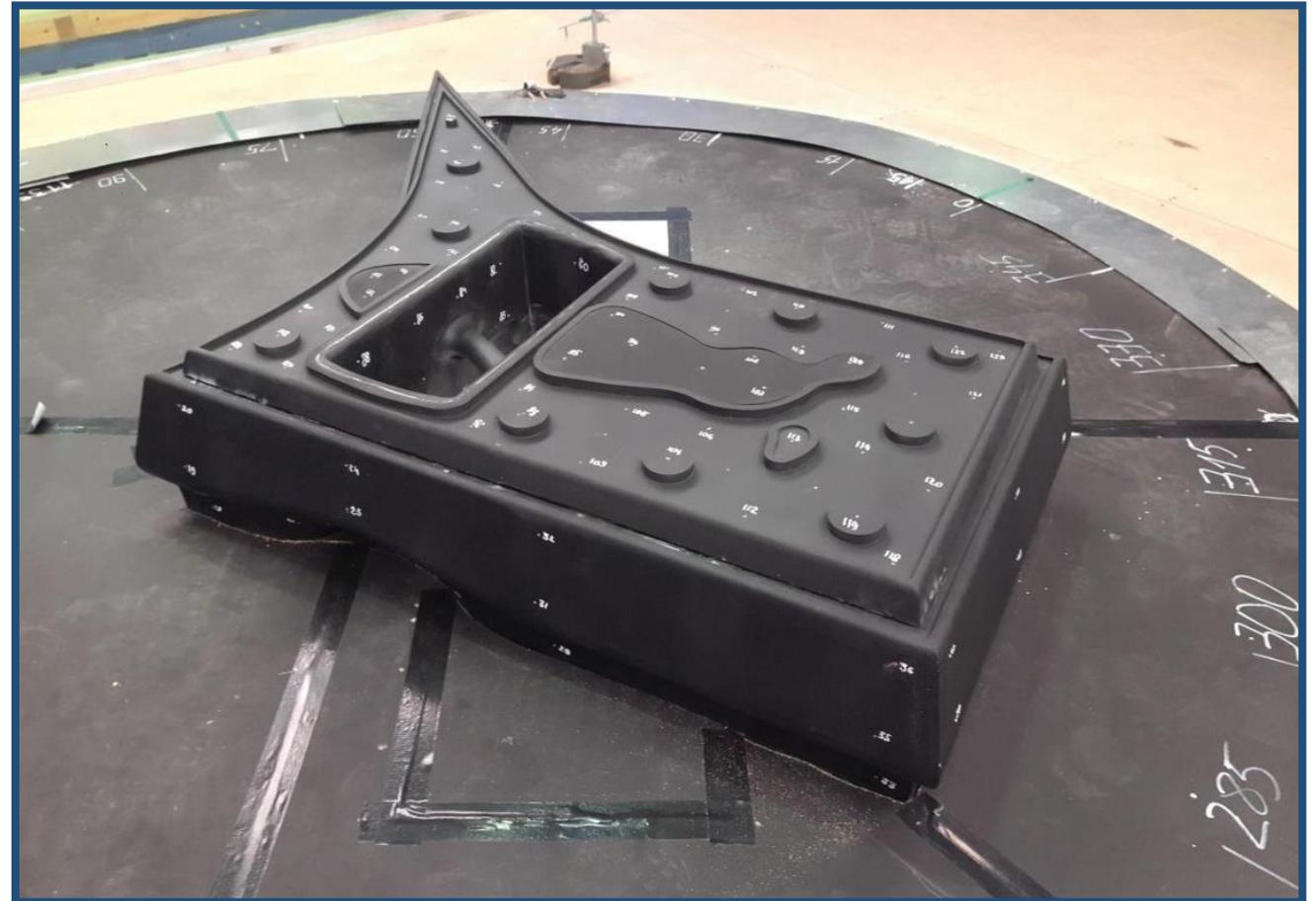


Коэффициент формы – μ (Приложение Б СП 20)



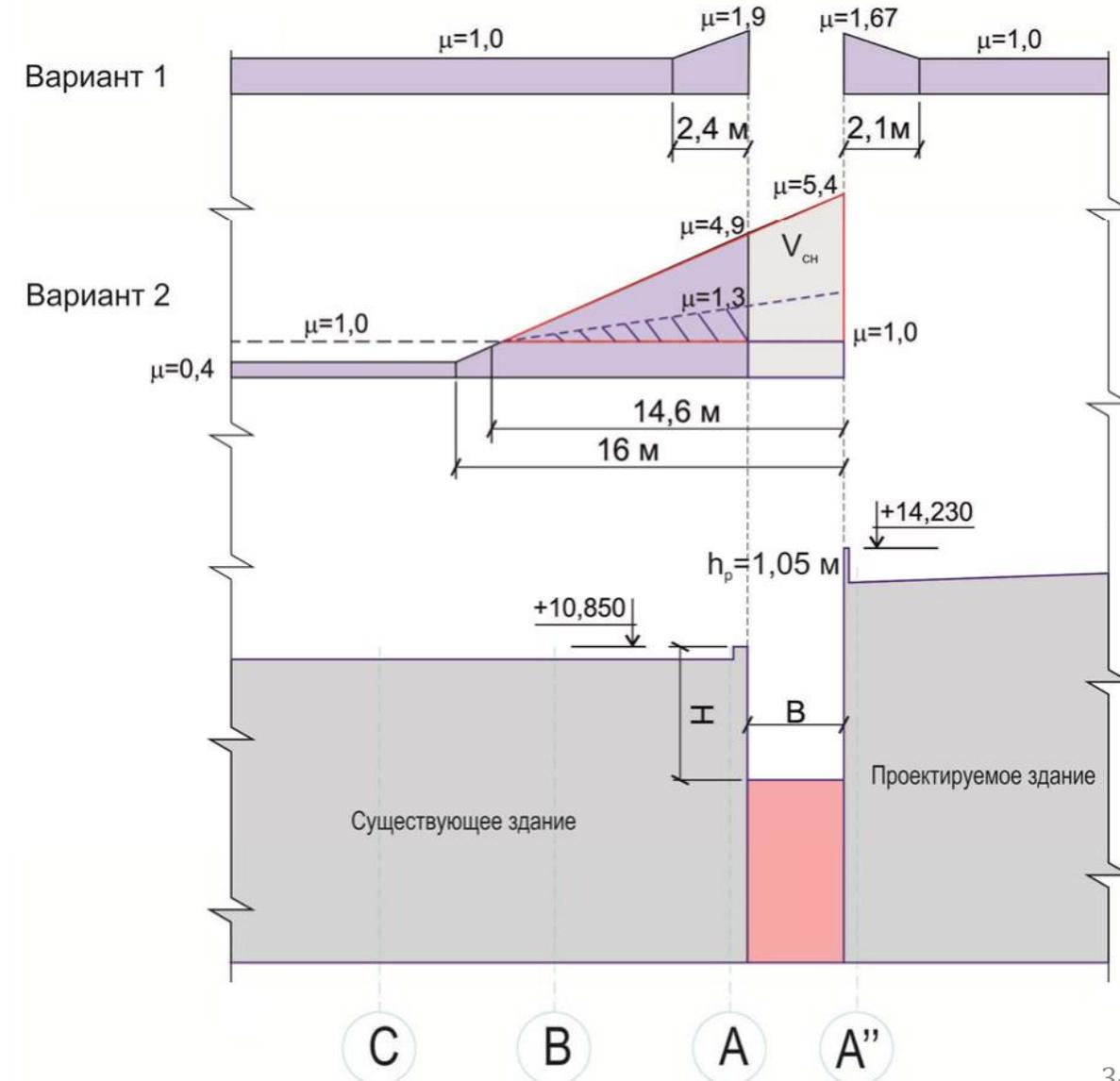
Моделирование снеговых нагрузок:

При габаритах здания более 100 м в обоих направлениях снеговые нагрузки устанавливаются в рекомендациях на основе модельных испытаний



Пример недопущения образования снеговых мешков

И дополнительных нагрузок на покрытие существующего здания



Ошибки при определении снеговых нагрузок

Часто приводят к аварийным ситуациям и разрушению покрытия зданий и сооружений



Ветровые воздействия:

- Основная ветровая нагрузка
- Пиковые значения ветровой нагрузки, действующие ограждение
- Резонансное вихревое возбуждение
- Аэродинамически неустойчивые колебания типа галопирования, дивергенции и флаттера



Основная ветровая нагрузка (р. 11 СП 20) с $\gamma_f = 1,4$

Определяется как сумма средней статической w_m и пульсационной w_g составляющих:

$$w = w_m + w_g$$

где $w_m = w_0 k(z_e) c$

w_0 – нормативное ветровое давление: 0,17; 0,23; 0,30; 0,38; 0,48; 0,60; 0,73; 0,85 кПа для Ia; I; II; III; IV; V; VI; VII ветровых районов соответственно (п. 11.1.4 СП 20)

$k(z_e)$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления с высотой z_e (п. 11.1.5, 11.1.6 СП 20)

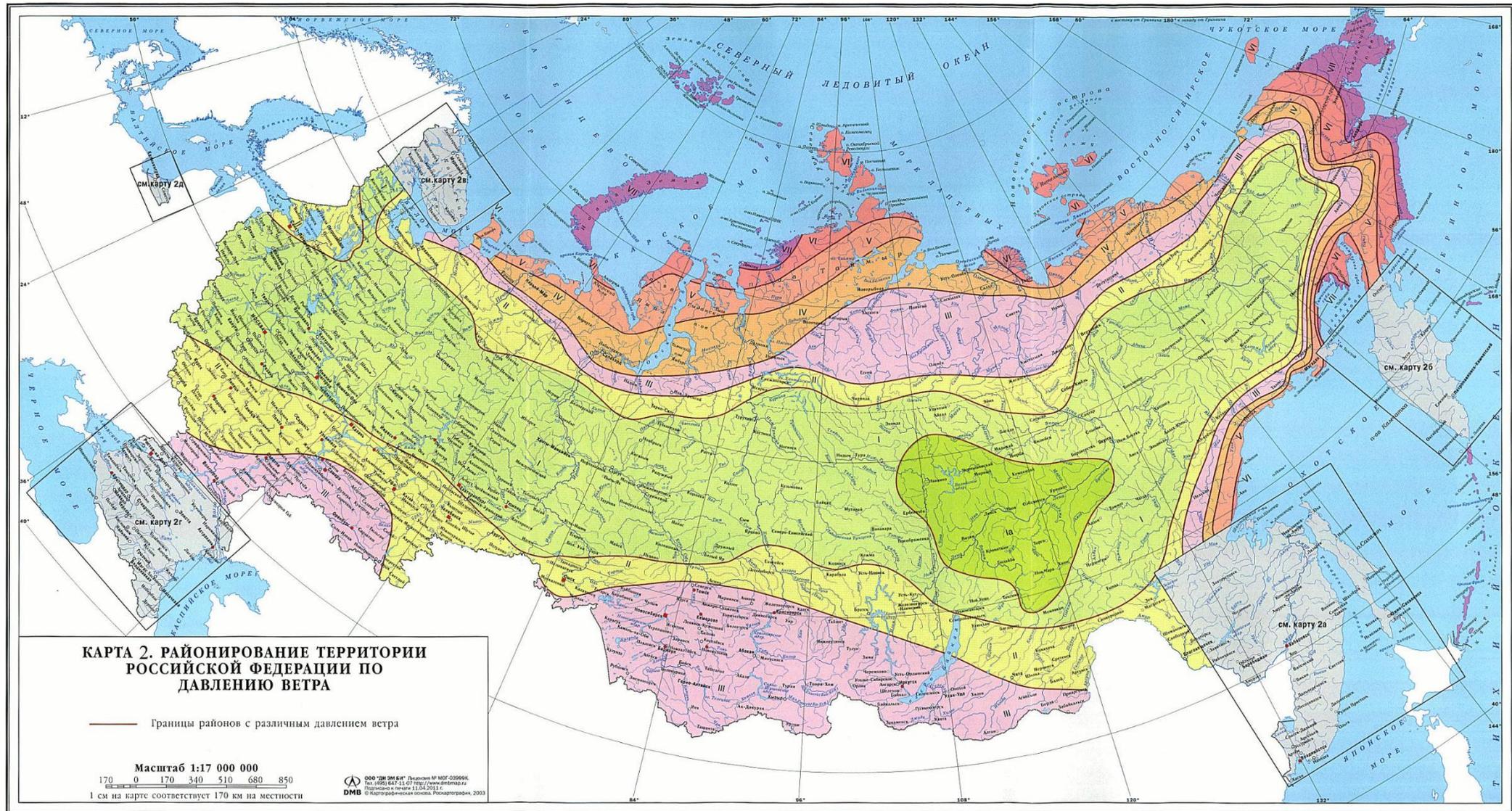
c – аэродинамический коэффициент (п. 11.1.7, Приложение В СП 20)

$w_g = w_m \zeta(z_e) \nu$ – для многоэтажных железобетонных зданий высотой до 40 м и одноэтажных железобетонных производственных зданий высотой до 36 м при отношении высоты к пролету менее 1,5, размещаемых в местностях типа А и В

$\zeta(z_e)$ – коэффициент пульсации давления ветра на высоте z_e (табл. 11.4 СП 20)

ν – коэффициент пространственной корреляции пульсаций (п. 11.1.11 СП 20)

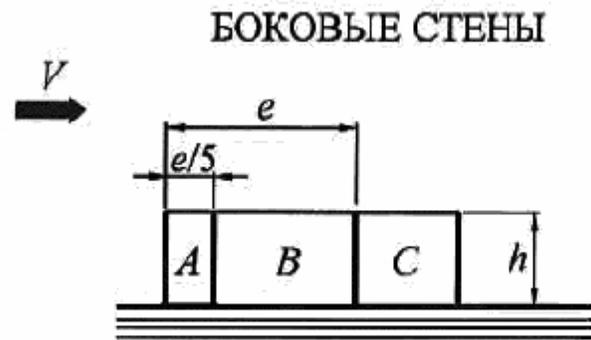
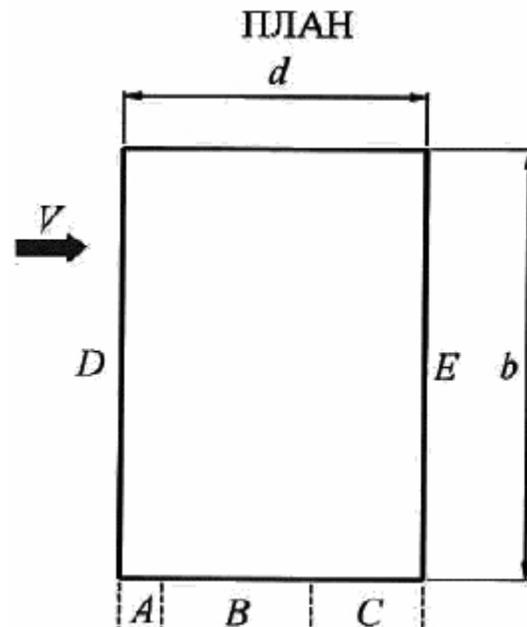
Районирование по давлению ветра:



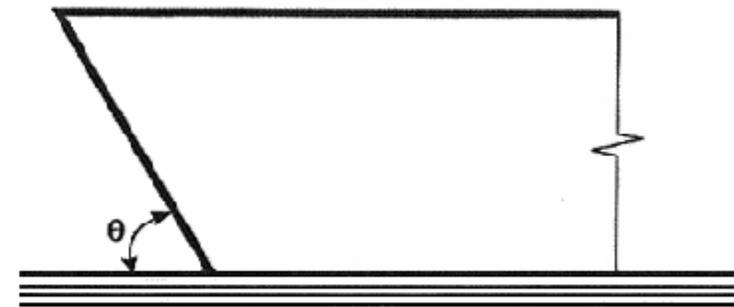
Аэродинамические коэффициенты – c (Приложение В СП 20)

Для вертикальных стен прямоугольных в плане зданий:

Боковые стены			Наветренная стена	Подветренная стена
Участки				
A	B	C	D	E
-1,0	-0,8	-0,5	0,8	-0,5



Величина e равняется меньшему из b или $2h$



Пульсационная составляющая ветра (п. 11.1.8 СП 20)

В общем случае на высоте z_e определяется в зависимости от частоты собственных колебаний f конструктивной системы:

- при $f_1 > f_{lim}$ по формуле: $w_g = w_m \zeta(z_e) v$
- при $f_1 < f_{lim} < f_2$ по формуле: $w_g = w_m \xi \zeta(z_e) v$
где $\xi > 1$ – коэффициент динамичности (рис. 11.1 СП 20)
- при $f_2 < f_{lim}$ выполняется динамический расчет с учетом s первых форм собственных колебаний, количество форм s находится из условия $f_s < f_{lim} < f_{s+1}$
- при расчете зданий допускается учитывать динамическую реакцию по трем низшим собственным формам колебаний (двум изгибным и одной крутильной или смешанным крутильно-изгибным)

Усилия и перемещения при динамическом расчете определяются по формуле:

$$X^2 = \sum X_s^2 \quad \text{или} \quad X = \sqrt{\sum X_s^2}$$

где X – суммарные усилия или перемещения

X_s – усилия или перемещения по s -й форме колебаний

Предельная частота (п. 11.1.10 СП 20)

Собственных колебаний f_{lim} (Гц) определяется по формуле:

$$f_{lim} = \frac{\sqrt{w_0 k(z_{ЭК}) \gamma_f}}{940 T_{g,lim}}$$

где w_0 – нормативное ветровое давление

$k(z_{ЭК})$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты $z_{ЭК}$ (п. 11.1.6 СП 20), для зданий и сооружений $z_{ЭК} = 0,8h$ (h – высота сооружений)

$T_{g,lim} = 0,023$ при $\delta = 0,3$ – для железобетонных и каменных сооружений, а также для зданий со стальным каркасом при наличии ограждающих конструкций

$T_{g,lim} = 0,014$ при $\delta = 0,22$ – для стальных сооружений, футерованных дымовых труб, аппаратов колонного типа, в том числе на железобетонных постаментах

$T_{g,lim} = 0,0077$ при $\delta = 0,15$ – для стекла, а также смешанных сооружений, имеющих одновременно стальные и железобетонные несущие конструкции

δ – суммарный логарифмический декремент колебаний

Комфортность пешеходных зон

Учитывается при разработке архитектурно-планировочных решений городских кварталов, а также при планировании возведения зданий внутри существующих городских кварталов



Моделирование ветровых воздействий:

Для сооружений повышенного уровня ответственности, а также во всех случаях, не предусмотренных нормами, аэродинамические коэффициенты устанавливаются в рекомендациях, разработанных с учетом испытаний в аэродинамических трубах



«Танцующий» мост через Волгу в Волгограде

20 мая 2010 г.
вошел в резонанс с
амплитудой
колебаний в
вертикальной
плоскости около
50-60 см

Визуальный осмотр
показал, что
дорожное
покрытие и опоры
не получили
повреждений



Температурные воздействия (р. 13 СП 20) с $\gamma_f = 1,1$

В виде изменения средней температуры Δt и перепада по сечению элемента ϑ учитываются для конструкций, незащищенных от суточных и сезонных колебаний. Изменения средних температур по сечению элемента в теплое Δt_w и холодное Δt_c время года соответственно определяются по формулам:

$$\Delta t_w = t_w - t_{0c}$$

$$\Delta t_c = t_c - t_{0w}$$

где t_w и t_c – нормативные значения средних температур по сечению элемента в теплое и холодное время года соответственно (п. 13.3 СП 20)

$t_{0w} = 0,8t_{VII} + 0,2t_I$ и $t_{0c} = 0,2t_{VII} + 0,8t_I$ – начальные температуры в теплое и холодное время года соответственно (п. 13.6 СП 20)

t_I и t_{VII} – многолетние средние месячные температуры воздуха в январе и июле для надземной части сооружений соответственно (табл. 5.1 СП 131.13330)

$t_I = t_{min}(h)$ и $t_{VII} = t_{max}(h)$ – средняя минимальная и максимальная температура почвы на глубинах (Приложение Г СП 20)

Расстояния между температурными швами (п. 10.2.3 СП 63)

Определяются по результатам расчета конструктивных элементов каркаса с учетом температурных климатических воздействий
 Допускается при расчетной температуре наружного воздуха минус 40°C и выше принимать без расчета по табл. 10.1а СП 63.13330

Конструкции (в зданиях без вертикальных связей или при размещении связей по середине температурного блока)	Наибольшие расстояния (м) между температурно-усадочными швами для конструкций, находящихся		
	в отапливаемых зданиях или в грунте	в неотапливаемых зданий	на открытом воздухе
1. Бетонные: а) сборные б) монолитные: при конструктивном армировании без конструктивного армирования	40 30 20	35 25 15	30 20 10
2. Железобетонные: а) сборно-каркасные: одноэтажные многоэтажные б) сборно-монолитные и монолитные: каркасные сплошные	72 60 50 40	60 50 40 30	48 40 30 25

Расстояния между температурными швами (р. 15.1 СП 16)

Расстояния l между температурными швами стальных каркасов одноэтажных зданий и сооружений не должны превышать наибольших значений l_u , приведенных в табл. 44 СП 16.13330

Характеристика		Наибольшее расстояние l_u , м, при расчетной температуре воздуха, °С		
		$t \geq -45$	$t < -45$	
Отапливаемое здание	направления	вдоль блока (по длине здания)	230	160
		по ширине блока	150	110
	от температурного шва или торца здания до оси ближайшей вертикальной связи	90	60	
Неотапливаемое здание и горячий цех	направления	вдоль блока (по длине здания)	200	140
		по ширине блока	120	90
	от температурного шва или торца здания до оси ближайшей вертикальной связи	75	50	
Открытая эстакада	между температурными швами вдоль блока	130	100	
	от температурного шва или торца здания до оси ближайшей вертикальной связи	50	40	

Примечание – При наличии между температурными швами здания или сооружения двух вертикальных связей расстояние между последними в осях не должно превышать: для зданий – 40-50 м и для открытых эстакад 25-30 м, при этом для зданий и сооружений, возводимых при расчетных температурах $t < \text{минус } 45^\circ\text{C}$, должны приниматься меньшие из указанных расстояний.

Температурные компенсаторы в теплосетях



Нагрузки и воздействия сочетаются

Для поиска и определения наиболее неблагоприятного и при этом возможного варианта загрузки в зависимости от вида расчета:

- **Основные сочетания:** постоянные P_d , длительные P_l , кратковременные P_t :

$$C_m = P_d + (\psi_{l1}P_{l1} + \psi_{l2}P_{l2} + \psi_{l3}P_{l3} + \dots) + (\psi_{t1}P_{t1} + \psi_{t2}P_{t2} + \psi_{t3}P_{t3} + \dots),$$

где $\psi_{l1} = 1,0$; $\psi_{l2} = \psi_{l3} = \dots = 0,95$ – коэффициенты сочетаний для длительных нагрузок;

$\psi_{t1} = 1,0$; $\psi_{t2} = 0,9$; $\psi_{t3} = \psi_{t4} = \dots = 0,7$ – коэффициенты сочетаний для кратковременных нагрузок

- **Особое сочетание:** неблагоприятное основное сочетание и одна особая:

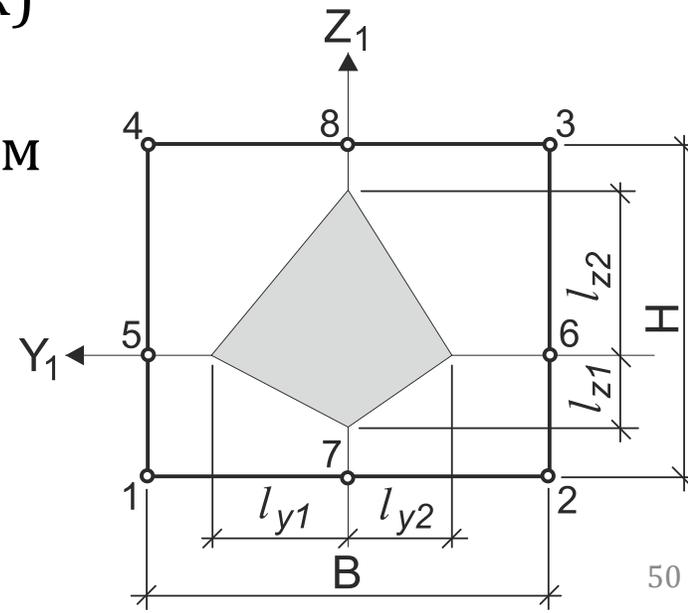
$$C_s = C_m + P_s$$

при этом $\psi_{t1} = 0,5$; $\psi_{t2} = \psi_{t3} = \dots = 0,3$ – коэффициенты сочетаний для кратковременных нагрузок

Расчетные сочетания (комбинации) усилий

Основой выбора невыгодных расчетных сочетаний усилий служит принцип суперпозиции. Из всех возможных сочетаний, отбираются те РСУ, которые соответствуют максимальному значению некоторой величины, избранной в качестве критерия и зависящей от всех компонентов напряженного состояния

- для **стержней** – экстремальные значения нормальных и касательных напряжений в контрольных точках сечения (см. рисунок)
- для **элементов**, находящихся в плоском напряженном состоянии, а также **плит** – по огибающим экстремальным кривым нормальных и касательных напряжений
- для **оболочек** также применяется аналогичный подход, но вычисляются напряжения на верхней и нижней поверхностях оболочки с учетом мембранных напряжений и изгибающих усилий



Литература:

- ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований
- СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия
- СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции
- СП 16.13330.2017 Стальные конструкции
- Емельянов С.Г., Голышев А.Б., Колчунов В.И. [и др.]. Методология проектирования строительных конструкций: Учебное пособие. – Юго-Западный государственный университет, 2016. – 352 с.

ИФО | 01.03.04 | ПМ | 6-й семестр

Строительные конструкции

Лекция №9



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

www: mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/ZhBK/

e-mail: gbk@mgsu.ru; dpekin@mail.ru

тел.: +7 495 287 49 14 доб. 3036, 3084

Пекин Дмитрий Анатольевич, доцент, к.т.н.