

# Основные принципы разработки строительных норм по надежности строительных конструкций и оснований

Сравнительный анализ Еврокодов EN 1990 и  
EN 1991 с российскими и межгосударственными (МСН) строительными  
нормами

Разработка национальных приложений к EN 1990

Попов Н.А.

Лаборатория надежности сооружений,  
АО "НИЦ "Строительство", ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

[popov.nik.a@gmail.com](mailto:popov.nik.a@gmail.com)

# Введение

По поручению Министерства и ТК 464 «Строительство» были выполнены следующие работы:

2010 год - пересмотр и актуализация ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету»

2010 год - пересмотр и актуализация СНиП 2.01.07-85\* «Нагрузки и воздействия».

2010 год – перевод Еврокодов EN 1990 и EN 1991

2011 год - разработка национальных приложений к EN 1990 и 10 частям EN 1991

2012 год - разработка межгосударственных строительных норм (МСН) по надежности и нагрузкам (для Таможенного союза)

2012 и 2013 разработка Изменения №1 к ГОСТ Р 54257-2010 по надежности и СП по нагрузкам

2013 год - разработка межгосударственного ГОСТ по надежности (для СНГ)

При этом ставились две основные задачи:

- ▶ Во первых, с момента выхода указанных документов в середине 80-х годов как в России, так и за рубежом был накоплен значительный опыт по обеспечению надежности и нормированию нагрузок, который необходимо учитывать в практике проектирования.
- ▶ Кроме того при пересмотре этих документов были адаптированы и, по возможности, согласованы подходы и методики, принятые в России и зарубежных нормах, в первую очередь в Еврокоде. При этом считалось необходимым оставаться в рамках привычных для российских проектировщиков системы нормирования и принятых обозначений.

# Введение

В 2010 по поручению ТК 465 «Строительство» и некоторых национальных объединений был выполнен перевод Еврокода 1990 «Основные положения по проектированию сооружений» и Еврокода 1991 «Воздействия на сооружения».

№	Еврокод	Название	Примечание
2	Еврокод 1991-1-1	Удельный вес, собственный вес и временные нагрузки на здания	Densities, self-weight, imposed loads for buildings
3	Еврокод 1991-1-2	Воздействия при пожаре	Actions on structures exposed to fire
4	Еврокод 1991-1-3	Снеговые нагрузки	Snow loads
5	Еврокод 1991-1-4	Ветровые воздействия	Wind actions
6	Еврокод 1991-1-5	Температурные воздействия	Thermal actions
7	Еврокод 1991-1-6	Воздействия в ходе строительства	Actions during execution
8	Еврокод 1991-1-7	Особые воздействия	Accidental actions
9	Еврокод 1991-2	Транспортные нагрузки на мосты	Traffic loads on bridges
10	Еврокод 1991-3	Воздействия от кранов	Actions induced by cranes and machinery
11	Еврокод 1991-4	Воздействия на сilosы и резервуары хранения жидкостей	Silos and tanks



## EN 1990 - Основы проектирования сооружений

ГОСТ «Надежность строительных конструкций и оснований.

Основные положения и требования»

СНиП «Нагрузки и воздействия»

СНиП «Мосты и трубы»

СТО «Обеспечение безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях»

Рекомендации и справочная литература

## EN 1991 - Воздействия на сооружения

### Часть 1: Основные воздействия

- ▶ EN 1991-1-1 – Удельный вес, собственный вес и временные нагрузки на здания
  - ▶ EN 1991-1-3 – Снеговые нагрузки
  - ▶ EN 1991-1-4 – Ветровые воздействия
  - ▶ EN 1991-1-5 – Температурные воздействия
  - ▶ EN 1991-1-6 – Воздействия при производстве работ
- Часть 3: EN 1991-3** – Воздействия от кранов

**Часть 2: EN 1991-2** – Транспортные нагрузки на мосты

**Часть 1: EN 1991-1-7** – Аварийные воздействия

**Часть 1: EN 1991-1-2** – Воздействия на сооружения от пожара

**Часть 4: EN 1991-4** – Воздействия на силосы и резервуары для хранения жидкостей

## Межгосударственный ГОСТ «Надежность ...»

- 1 Область применения
- 2 Термины и определения
  - 2.1 Общие термины...
  - 2.2 Термины расчетных положений...
- 3. Общие требования
- 4 Долговечность конструкций и оснований сооружений.....
- 5 Предельные состояния.....
- 5.1 Общие положения
- 5.2 Расчет по предельным состояниям
- 6 Нагрузки и воздействия.....
  - 6.1 Классификация воздействий..
  - 6.2 Нормативные и расчетные нагрузки...
  - 6.3 Расчетные сочетания нагрузок
- 7 Свойства строительных материалов и грунтов
- 8 Геометрические параметры
- 9 Условия работы материалов, конструкций и оснований
- 10 Учет ответственности сооружений
- 11 Общие требования к расчетным моделям
- 12 Контроль качества
- 13 Оценка технического состояния
- 14 Применение вероятностно-статистических методов
- Приложение А (обязательное) Классификация сооружений...
- Приложение Б.(рекомендуемое).Перечень зданий и сооружений с массовым нахождением людей



## Область применения

Стандарты устанавливают общие принципы обеспечения надежности конструкций и оснований сооружений и его следует применять при проектировании, расчете, введении в эксплуатацию и эксплуатации строительных объектов, а также при разработке нормативных документов и стандартов.

**В ГОСТе и Еврокодах установлен расчет по предельным состояниям**

Обеспечение надежности:

Метод частных коэффициентов надежности – основной в ГОСТ и в Еврокоде

Еврокод – Вероятностный метод (альтернативный)



# ГОСТ Р 54257-2010 - Долговечность

Необходимые меры по обеспечению долговечности конструкций и оснований зданий и сооружений с учетом конкретных условий эксплуатации проектируемых объектов, а также расчетные сроки их службы должен определять Генпроектировщик по согласованию с Заказчиком.

Таблица 1. Рекомендуемые сроки службы зданий и сооружений

	Наименования объектов	Примерные сроки службы
1	Временные здания и сооружения (бытовки строительных рабочих и вахтового персонала, склады временные, летние павильоны и т.п.)	10 лет
2	Сооружения, эксплуатируемые в условиях сильноагрессивных сред (сосуды и резервуары, трубопроводы предприятий нефтеперерабатывающей, газовой и химической промышленности, сооружения в условиях морской среды и т.п.)	Не менее 25 лет
3	Здания и сооружения массового строительства в обычных условиях эксплуатации (здания жилищно-гражданского и производственного строительства)	Не менее 50 лет
4	Уникальные здания и сооружения (здания основных музеев, хранилищ национальных и культурных ценностей, произведения монументального искусства, стадионы, театры, большепролетные сооружения и т.п.)	100 лет и более

Примечание: сроки службы ограждающих конструкций при соответствующем обосновании могут быть приняты меньшими, чем для сооружения в целом.



# КЛАССИФИКАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ

## ► Класс сооружений КС-1:

- а) теплицы, парники, мобильные здания (сборно-разборные и контейнерного типа), склады временного содержания, в которых не предусматривается постоянного пребывания людей;
- б) сооружения с ограниченными сроками службы и пребыванием в них людей.

## ► Класс сооружений КС-2:

- здания и сооружения, не вошедшие в классы КС-1 и КС-3.

## ► Класс сооружений КС-3:

- а) здания и сооружения особо опасных и технически сложных объектов.  
► П р и м е ч а н и е 1 – Перечень (или классификация) опасных и технически сложных объектов устанавливается национальным законодательством.
- П р и м е ч а н и е 2 – Для отдельных зданий и сооружений опасных производственных объектов допускается устанавливать класс КС-3 в том случае, если
  - - на них не предусматривается постоянных рабочих мест и
  - - они не относятся к классу КС-1 по другим критериям.
- б) все сооружения, при проектировании и строительстве которых используются принципиально новые конструктивные решения и технологии, которые не прошли проверку в практике строительства и эксплуатации;
- в) объекты жизнеобеспечения городов и населенных пунктов;
- е) тоннели, трубопроводы на дорогах высшей категории или имеющие протяженность более 500 м;
- ж) строительные объекты высотой более 100 метров;
- и) пролетные строения мостов с пролетом более 200 метров;
- к) большепролетные покрытия строительных объектов с пролетом более 100 метров;
- л) строительные объекты с консольными конструкциями более 20 метров;
- м) строительные объекты с заглублением подземной части более чем на 15 метров;



# КЛАССИФИКАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ И УЧЕТ ИХ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Для каждого сооружения необходимо установить его класс (КС-1, КС-2 или КС-3) в зависимости от его назначения, а также социальных, экологических и экономических последствий их повреждений и разрушений.

В зависимости от класса сооружений при их проектировании сооружений необходимо использовать коэффициенты надежности по ответственности

## Минимальные значения коэффициента надежности по ответственности

Уровень ответственности	Минимальные значения коэффициента надежности по ответственности
1а - повышенный	1,2
КС-3 повышенный	1,1
КС-2 нормальный	1,0
КС-1 пониженный	0,8

Для разных конструктивных элементов сооружений допускается устанавливать различные уровни ответственности и, соответственно, назначать различные значения коэффициента надежности по ответственности.



# **Здания и сооружения с массовым нахождением людей**

- ▶ Б.1 Здания (жилые, офисные, административные, общественные и др.) высотой 5 этажей и более.
- ▶ Б.2 Здания музеев, государственных архивов, административных органов управления, хранилищ национальных и культурных ценностей федерального и регионального уровней подчинения.
- ▶ Б.3 Зрелищные, спортивные развлекательные объекты, торговые предприятия в том случае, если:
  - количество находящихся в них людей составляет 500 человек и более;
  - количество людей, находящихся на прилегающей территории превышает 10000 человек.
- ▶ Б.4 Здания, в которых расположены рестораны, кафе и другие подобные помещения на 100 посадочных мест и более.
- ▶ Б.5 Здания дошкольных образовательных учреждений, школ, учебных заведений на 100 постоянных посетителей и имеющих высоту 2 этажа и более.
- ▶ Б.6 Пассажирские терминалы (здания аэропортов, ж/д вокзалов, автовокзалов, речных и морских вокзалов) федерального и регионального уровней подчинения и на крупных транспортных узлах; станции метрополитена, здания культовых учреждений.
- ▶ Б.7 Гостиницы на 50 мест и более.
- ▶ Б.8 Стационары лечебных учреждений на 50 коек и более.
- ▶ Б.9 Амбулаторные лечебные учреждения на 100 посетителей и более.
- ▶ Б.10 Любые здания и сооружения с помещениями, в которых могут находиться 100 человек и более.



# Качество проектирования

## Контроль качества проектирования

Класс сооружений	Уровень ответственности	Минимальные требования к проверке качества проектирования
КС-3	Повышенный	Независимый контроль, осуществляемый организацией отличной от той, которая разрабатывала проект
КС-2	Нормальный	Контроль внутри организации, которая разрабатывала проект, лицами, которые не участвовали в разработке проекта
КС-1	Пониженный	Самопроверка: проверка производится лицами, которые разрабатывали проект

# Качество строительства

Класс сооружений	Уровень ответственности	Минимальные требования к контролю
КС-3	Повышенный	Независимый контроль
КС-2	Нормальный	Контроль в соответствии с правилами организации осуществляющей строительство
КС-1	Пониженный	Самоосвидетельствование

# Еврокод 1990

Введены **принципы и правила применения**.

**Принципы** обязательны к применению и обозначены буквой Р.

Правила и численные значения некоторых параметров могут определяться в **Национальном приложении**.

Допускается использовать альтернативные правила проектирования, при условии, что альтернативные правила согласуются с соответствующими Принципами и, по крайней мере, эквивалентны в отношении безопасности конструкций, пригодности к эксплуатации и долговечности, ожидаемых при использовании Еврокодов. Они задаются в Национальном приложении или в отдельном проекте

## **Приложение В (справочное) Обеспечение надежности в строительстве**

B4 Контроль качества проектирования

B5 Инспекция (контроль качества) строительства

## **Приложение С (справочное) Основы проектирования с применением анализа и коэффициентов надежности**

C5 Индекс надежности  $\beta$

C6 Целевые значения индекса надежности  $\beta$

5.2 Использование результатов испытаний при проектировании

Приложение D (Справочное) Проектирование на основе результатов испытаний



# Расчетные ситуации

## ГОСТ

1. Установившаяся ситуация, имеющая продолжительность, близкую к сроку службы строительного объекта;
2. Переходная ситуация, имеющая небольшую по сравнению со сроком службы строительного объекта продолжительность;
3. Аварийная - ситуация, соответствующая исключительным условиям работы сооружения (в том числе и при особых воздействиях), которые могут привести к существенным социальным, экологическим и экономическим потерям.

## Еврокод 1990

1. Постоянные расчетные ситуации, которые соответствуют условиям нормальной эксплуатации;
2. Переходные (временные) ситуации, которые соответствуют временным условиям, например, во время строительства или ремонта;
3. Аварийные расчетные ситуации, которые относятся к исключительным условиям или к случаям, когда сооружение подвергается, например, пожару, взрыву, удару или последствиям локального разрушения;
4. Сейсмические расчетные ситуации, которые соответствуют сейсмическим воздействиям.



# Предельные состояния

## ГОСТ

- ▶ Первая группа предельных состояний – состояния строительных объектов, превышение которых ведет к потере несущей способности строительных конструкций;
- ▶ Вторая группа предельных состояний – состояния, при превышении которых нарушается нормальная эксплуатация строительных конструкций, исчерпывается ресурс их долговечности или нарушаются условия комфортности;
- ▶ Особые предельные состояния - состояния, возникающие при особых воздействиях и ситуациях и превышение которых приводит к разрушению зданий и сооружений с катастрофическими последствиями.

## Еврокод 1990

Необходимо различать предельные состояния по несущей способности и предельные состояниями по эксплуатационной пригодности.

*Примечание. В некоторых случаях, например, для обеспечения безопасности движения, требуется проводить дополнительные проверки.*

Предельные состояния должны быть связаны с расчетными ситуациями



# Нагрузки

## ГОСТ и СП

- ▶ Основными характеристиками нагрузок, установленных в настоящих нормах, являются их **нормативные (базовые)** значения.
- ▶ При учете влияния длительности нагрузок, при проверке на выносливость и т.д. устанавливаются **пониженные нормативные значения** нагрузок от людей, животных, оборудования на перекрытия жилых, общественных зданий, от мостовых и подвесных кранов, сугробовых, температурных климатических воздействий.
- ▶ **Расчетное значение нагрузки** следует определять как произведение ее нормативного значения на коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$ , соответствующий рассматриваемому предельному состоянию ( $\gamma_f$  - минимальные).

## Еврокод 1990

**Характеристическое значение воздействия  $F_k$**  – это основное репрезентативное значение, которое задается в проектной документации как среднее, высшее или низшее значение, либо как номинальное значение .

К другим репрезентативным значениям относятся:

- значение нагрузки в комбинации  $\psi_0 Q_k$  , используемое при расчетах по основным предельным состояниям и для необратимых эксплуатационных предельных состояний ;
- пониженное значение  $\psi_1 Q_k$ , используемое при расчетах по основным предельным состояниям при аварийных воздействиях и для обратимых эксплуатационных предельных состояний;
- длительное значение  $\psi_2 Q_k$ , используемое при расчетах по основным предельным состояниям при случайных воздействиях и для обратимых эксплуатационных предельных состояний, а также для учета длительности воздействий.



# КЛАССИФИКАЦИЯ НАГРУЗОК

## СНиП и СП

**Постоянные** - вес частей сооружений, в том числе вес несущих и ограждающих строительных конструкций; вес и давление грунтов (насыпей, засыпок), горное давление; гидростатическое давление.

**Длительные** - вес временных перегородок, стационарного оборудования, нагрузки на перекрытия от складируемых материалов , температурные технологические, пониженные нагрузки и др.

**Кратковременные** - нагрузки от людей, животных, оборудования на перекрытия жилых, общественных зданий с полными нормативными значениями, подвижного подъемно-транспортного оборудования , от транспортных средств; климатические (снеговые, ветровые, температурные и гололедные) нагрузки.

**Особые** – сейсмические, взрывные , пожарные и т.п.

## Еврокоды

**Постоянные** (G), т.е. собственный вес конструкций, оборудования и дорожного покрытия и косвенные воздействия, вызываемые усадкой, неравномерной осадкой;

**Временные** (Q), т.е. временные нагрузки на полы, балки и покрытия зданий, ветровые воздействия и сугревые нагрузки;

**Аварийные** (A), т.е. вызванные взрывом или столкновением с транспортным средством.

**Непрямые** воздействия, вызванные приложенными деформациями, могут быть **постоянными** или **переменными**.

Некоторые воздействия, как **например**, **сейсмические и снеговые**, рассматриваются в Еврокоде двояко: как **аварийные** или **временные** (см. EN 1991 )



# ГОСТ «Надежность ...» - ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Вероятностно-статистические методы рекомендуется применять для обоснования нормативных и расчетных характеристик материалов и оснований, нагрузок и коэффициентов сочетаний. Использование указанных методов допускается при наличии достаточных данных об изменчивости основных параметров, в частности, в случае, если количество (длина ряда) данных позволяет проводить их статистический анализ и эти данные являются однородными и статистически независимыми.

Применение таких методов допустимо при наличии эффективных вероятностных методик учета случайной изменчивости основных параметров, соответствующих принятой расчетной схеме .



# Индекс надежности

Численные значения коэффициентов надежности и коэффициентов сочетаний могут быть определены одним из двух способов:

- a) На основе многолетнего опыта проектирования и строительства сооружений.

*Примечание. В настоящее время в Еврокодах, в основном, принят этот подход при назначении указанных коэффициентов.*

- b) На основе статистического анализа экспериментальных результатов и данных полевых наблюдений. (Для реализации этого подхода необходимо использовать вероятностную подходы).

Предельное состояние	Контрольное значение индекса надежности	
	1 год	50 лет
Несущая способность	4,7	3,8
Усталость		1,5 – 3,8
Эксплуатационная пригодность	2,9	1,5

## Национальные приложения

В соответствии с принципами Европейского комитета по стандартизации (CEN) национальные Стандарты, реализующие Еврокоды, должны содержать полный текст Еврокода (включая все приложения), опубликованный CEN, перед которым может находиться национальный титульный лист и национальное введение и за которым может следовать Национальное Приложение.

Национальное Приложение может содержать информацию только о тех параметрах, которые в Еврокоде оставлены открытыми для национального выбора и именуются Национально определяемыми параметрами, предназначенными для проектирования зданий и инженерных сооружений в данной стране, т.е.:

- ▶ – значения и (или) классы, заданные в Еврокоде альтернативными,
- ▶ – значения, которые следует использовать в тех случаях, когда в Еврокоде заданы только символы,
- ▶ – специальные данные о стране (географические, климатические и т.п.), например, карта районирования значений веса снегового покрова,
- ▶ – выбор методики, если в Еврокоде заданы альтернативные методики,
- ▶ – рекомендации по применению справочных приложений,
- ▶ – ссылки на не противоречащую дополнительную информацию, помогающую пользователю применять Еврокод.

## Национальные приложения

№	Еврокод	Название	Примечание
1	Еврокод 1990	Основные положения по проектированию сооружений	Более 20 параметров и
2	Еврокод 1991-1-1	Удельный вес, собственный вес и временные нагрузки на здания	15 параметров
3	Еврокод 1991-1-2	Воздействия при пожаре	9 параметров и 7 приложений
4	Еврокод 1991-1-3	Снеговые нагрузки	28 параметров и карта районирования
5	Еврокод 1991-1-4	Ветровые воздействия	70 параметров и приложений
6	Еврокод 1991-1-5	Температурные воздействия	21 параметр и карта районирования
7	Еврокод 1991-1-6	Воздействия в ходе строительства	21 параметр
8	Еврокод 1991-1-7	Особые воздействия	47 параметров
9	Еврокод 1991-2	Транспортные нагрузки на мосты	91 параметр и соотношений
10	Еврокод 1991-3	Воздействия от кранов	17 параметров
11	Еврокод 1991-4	Воздействия на силосы и резервуары хранения жидкостей	11 параметров



# Национальное приложение к EN 1990

## Сочетания нагрузок

Комбинация воздействий должна включать в себя:

- ▶ - расчетное значение ведущего (доминирующего) временного воздействия, и
- ▶ - расчетную комбинацию сопровождающих временных воздействий

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (6.10b)$$



## Национальные приложения

При разработке национальных приложений Еврокодов 1990-1991 необходимо иметь в виду следующее.

1. Действующие отечественные нормативные документы в течение длительного срока использования обеспечивали необходимый уровень безопасности и надежности зданий и сооружений.  
В связи с этим, назначаемые в национальных приложениях коэффициенты и правила применения необходимо устанавливать из условия примерного соответствия нагрузок и воздействий, определяемых по нормам РФ и Еврокодам. При этом целесообразно, там где это возможно, использовать данные и требования отечественных стандартов.
2. Еврокоды и стандарты РФ в области надежности строительных конструкций и нормирования нагрузок и воздействий имеют различные структурные построения. Это не позволяет напрямую использовать значения некоторых коэффициентов принятых в Еврокодах, и требует детального сравнительного анализа 2-х указанных систем нормирования.

## Национальные приложения

Таким образом, при разработке национальных приложений для каждого Еврокода необходимо выполнить следующие работы.

1. Проведение сравнительного анализа нагрузок, воздействий и уровней надежности, определяемых по стандартам РФ и Еврокодам.
2. Разработка национального приложения с назначением параметров, открытых в Еврокоде, включая карты районирования по некоторым типам климатических воздействий в соответствии с подходами, принятыми в Еврокодах.
3. Разработка окончательной редакции Российской версии Еврокода с учетом разработанного национального приложения.

Кроме того, по-видимому, целесообразно предусмотреть проведение сравнительного проектирования основных типов зданий и сооружений (высотные дома, пролеты мостов, промышленные здания, силосы и т.п.) по российским нормам и Еврокодам.

Несомненным достоинством отечественного ГОСТа «Надежность ...», а также СНиП «Нагрузки и воздействия» и других отечественных документов является их краткость и в тоже время полнота охватываемых вопросов. Указанное свойство является среднесрочной целью TC250 CEN , что отражено в Стратегическом плане развития Еврокодов.



# **Спасибо за внимание**