



## **Использование европейских стандартов (Eurocode) в проектах**

**ЗАО « Институт Гипростроймост  
Санкт-Петербург»**

**Генеральный директор**

**Колюшев И.Е.,**

**<http://www.gpsm.ru>**

**E-mail: [office@gpsm.ru](mailto:office@gpsm.ru)**



## **Опыт института в проектировании по европейским стандартам**

- Разработка технологии сооружения сталежелезобетонных пролетных строений пяти мостов через канал Кейтеле-Пяанне.– 1987 год
- Разработка металлоконструкций сталежелезобетонных пролетных строений (KORTES Ltd) – 1995 год
- Конкурсное предложение для моста StoneCutters bridge (KORTES Ltd) – 2002 год
- Адаптация европейской документации к российским стандартам. Проект «Сахалин II». Основания нефтяных платформ (AKER KVAERNER) – 2003 год



- Разработка эскизного проекта и технической документации на строительство Южного моста и транспортных развязок на подходах к нему – 2004-2011 год
- Южный мост в г. Риге, Латвийская республика
- Транспортная развязка на подходах к Южному мосту (I очередь)
- Транспортная развязка на подходах к Южному мосту (II очередь)
- Расчет сталежелезобетонного пролетного строения путепровода через железную дорогу по ул. Славу в г. Риге (ОАО «Трансмост»)

# Сопоставительная таблица EN и СНиП для проектирования мостов

№п/п	Система EN			Система СНиП и ГОСТ	
	Номер	Часть	Название	Номер	Название
1	1990		<u>Basis of structural design</u>	ГОСТ Р 54257-2010	Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования
		A2	Application for bridges	СП 35.13330.2011	Мосты и трубы
2	1991	1-1...7	<u>Actions on structures</u> General actions...	СП 20.13330.2011	Нагрузки и воздействия
				СП 35.13330.2011	Мосты и трубы
		2	Traffic loads on bridges	ГОСТ Р 52748-2007	Дороги а/м общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения
3	1992	1-1	<u>Design of concrete structures</u> General rules and rules for buildings	СП 63.13330.2011	Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения
			2	Concrete bridges-Design and detailing rules	СП 35.13330.2011
4	1993	1-1...8	<u>Design of steel structures</u> Design of steel...	СП 16.13330.2011	Стальные конструкции
		2	Steel bridges	СП 35.13330.2011	Мосты и трубы
5	1994		<u>Design of composite steel and concrete structures</u>	СП 35.13330.2011	Мосты и трубы
6	1995		<u>Design of timber structures</u>	СП 35.13330.2011	Мосты и трубы
7	1997		<u>Geotechnical design</u>	СП 22.13330.2011	Основания зданий и сооружений
				СП 24.13330.2011	Свайные фундаменты
8	1998		<u>Design of structures for earthquake resistance</u>	СП 14.13330.2011	Строительство в сейсмических районах



## **Объекты института, проектирование которых велось с использованием европейских стандартов**

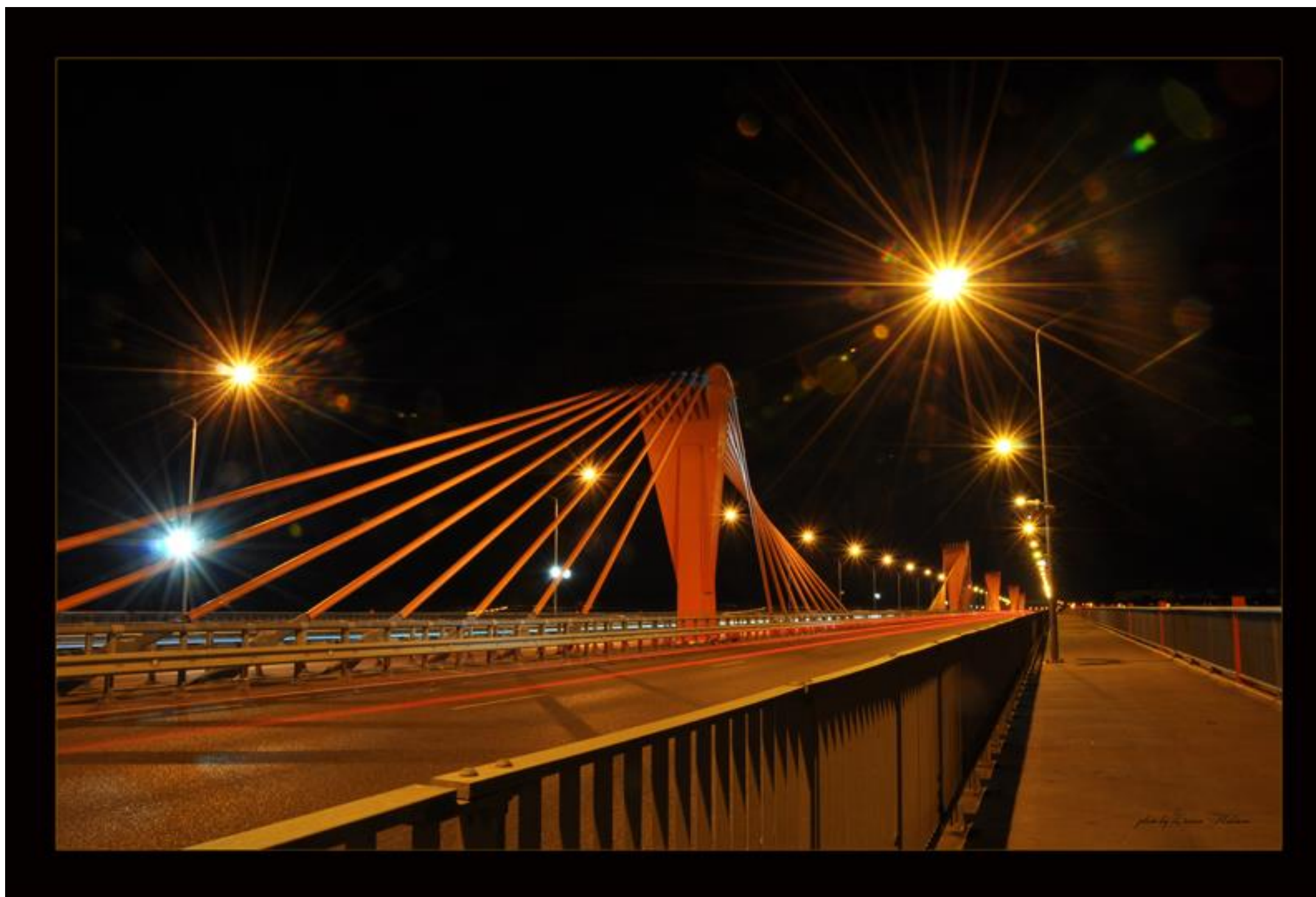




# **Южный мост через р. Даугаву и транспортные развязки на подходах к нему в г. Риге, Латвийская республика**



## Южный мост через реку Даугава







## Транспортная развязка на подходах к Южному мосту (I очередь)







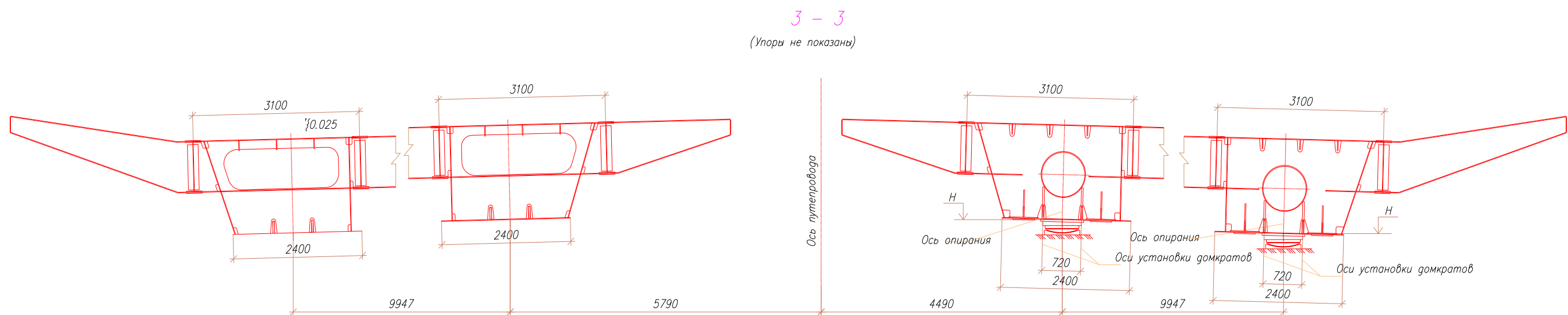
## Транспортная развязка на подходах к Южному мосту (II очередь)







## Расчет сталежелезобетонного пролетного строения путепровода через железную дорогу по ул. Славу в г. Риге 42,0+2x56,0+42,0 м, 2008г.



- **Автомобильные нагрузки EN 1991-2 - Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges**
- **Ползучесть и усадка ж/б плиты по EN 1992-1-1, EN 1992-2 . General rules and rules for buildings. Concrete bridges - Design and detailing rules**
- **Расчетные проверки сталежелезобетонных сечений EN 1994-2:2005 Design of composite steel and concrete structures. Part 2: General rules and rules for bridges**
- **Расчет выносливости EN1993-1-9:2005 Design of steel structures —Part 1-9: Fatigue**





## Мост через бухту Золотой Рог в г. Владивостоке







## Проектирование антисейсмических устройств EN 1998-1; EN 1998-2; EN 15129



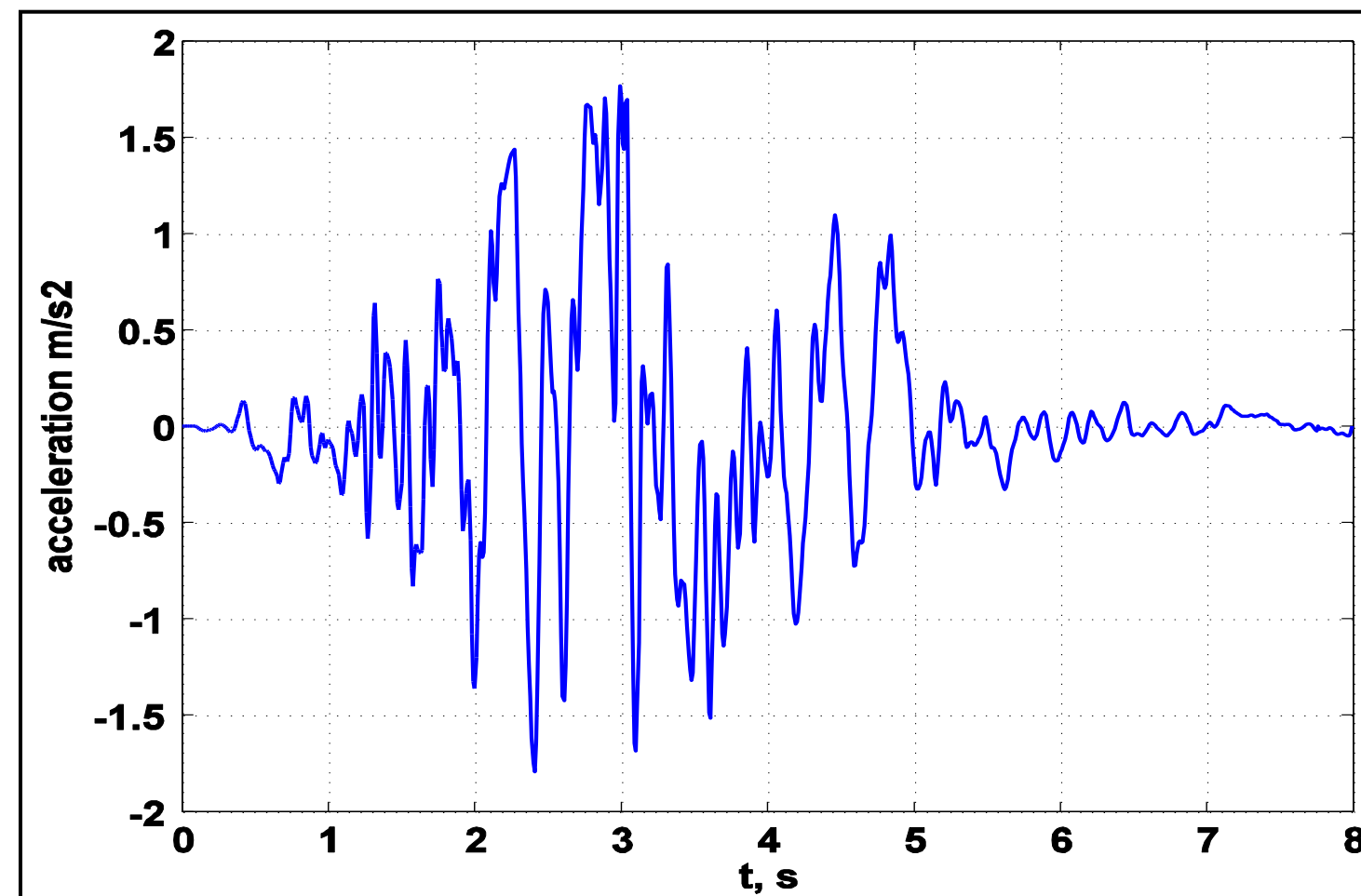
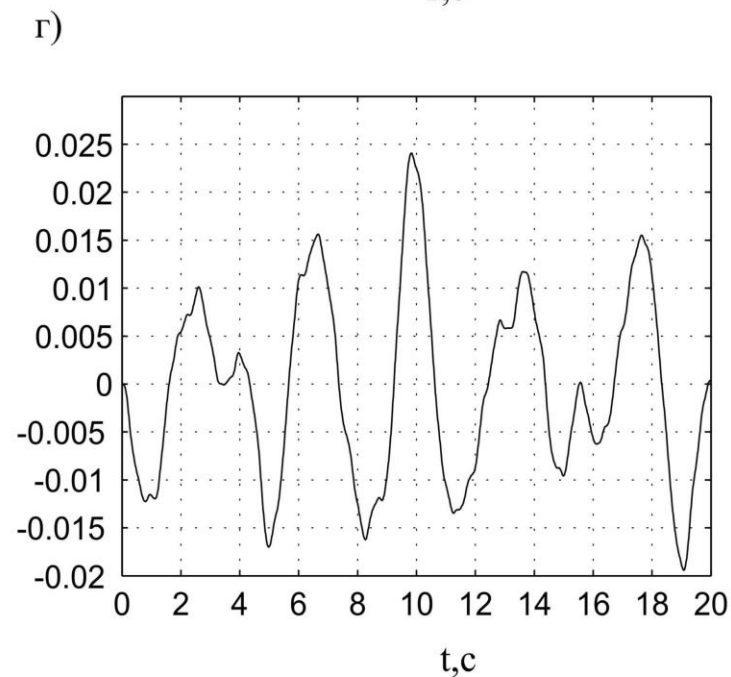
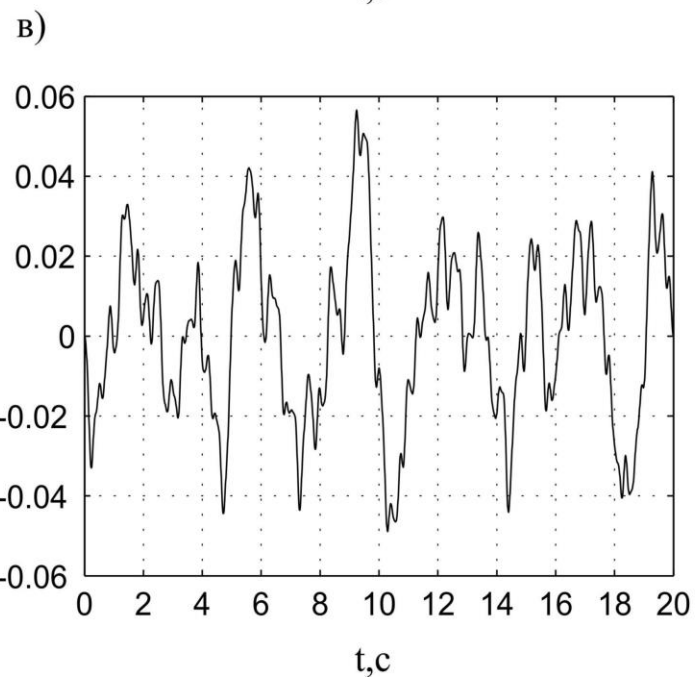
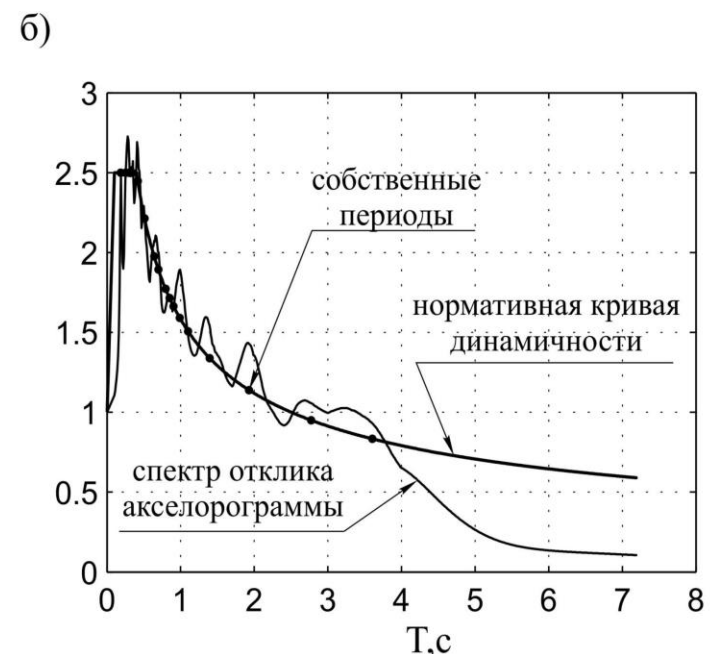
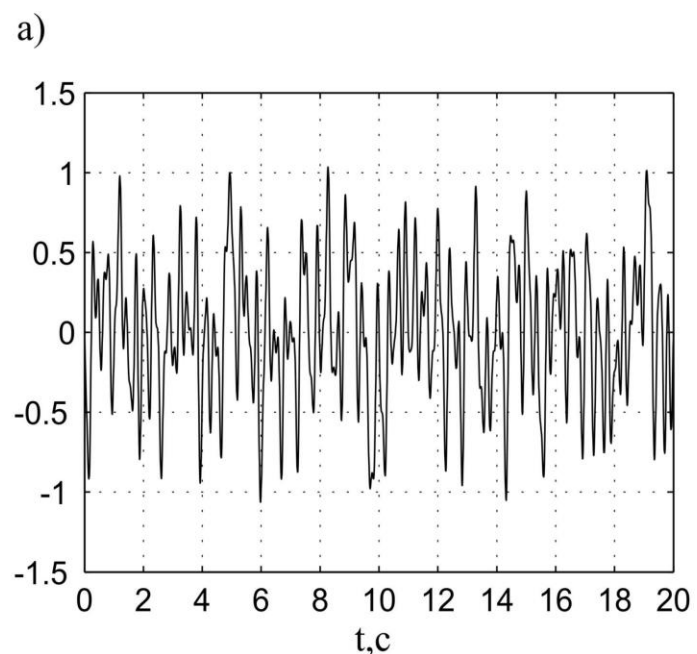
- Расчет на максимальное расчетное землетрясение (МРЗ) и проектное землетрясение (ПЗ).
- Определение расчетных перемещений шок-трансмитера и опорных частей.
- Учет сочетания сейсмического и температурного воздействия при расчете перемещений
- Изготовление шок-трансмитеров





## Сейсмические воздействия и антисейсмические устройства EN 1998-1; EN 1998-2; EN 15129

### Генерация искусственных акселерограмм землетрясений





## Ветровые нагрузки и аэродинамика

### Вероятностный подход к определению ветровой нагрузки EN 1991-1-4 Wind action

- Стадия строительства. Период повторяемости  $T=10$  лет.
- Стадия эксплуатации. Период повторяемости  $T=100$  лет
- Расчет аэродинамической неустойчивости  $T=10000$  лет

$$c_{\text{prob}} = \left( \frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1 - p))}{1 - K \cdot \ln(-\ln(0,98))} \right)^n$$

$K=0.2$ ;  $n=0.5$  – параметры вероятностной модели  
 $p=1/T$ - вероятность ежегодного превышения

## Аэродинамика EN 1991-1-4 Wind action

- Вертикальные профили интенсивности турбулентности
- Спектральные плотности пульсаций ветрового потока
- Расчет ветрового резонанса и аэродинамической устойчивости. EN 1991-1-4. Annex E.



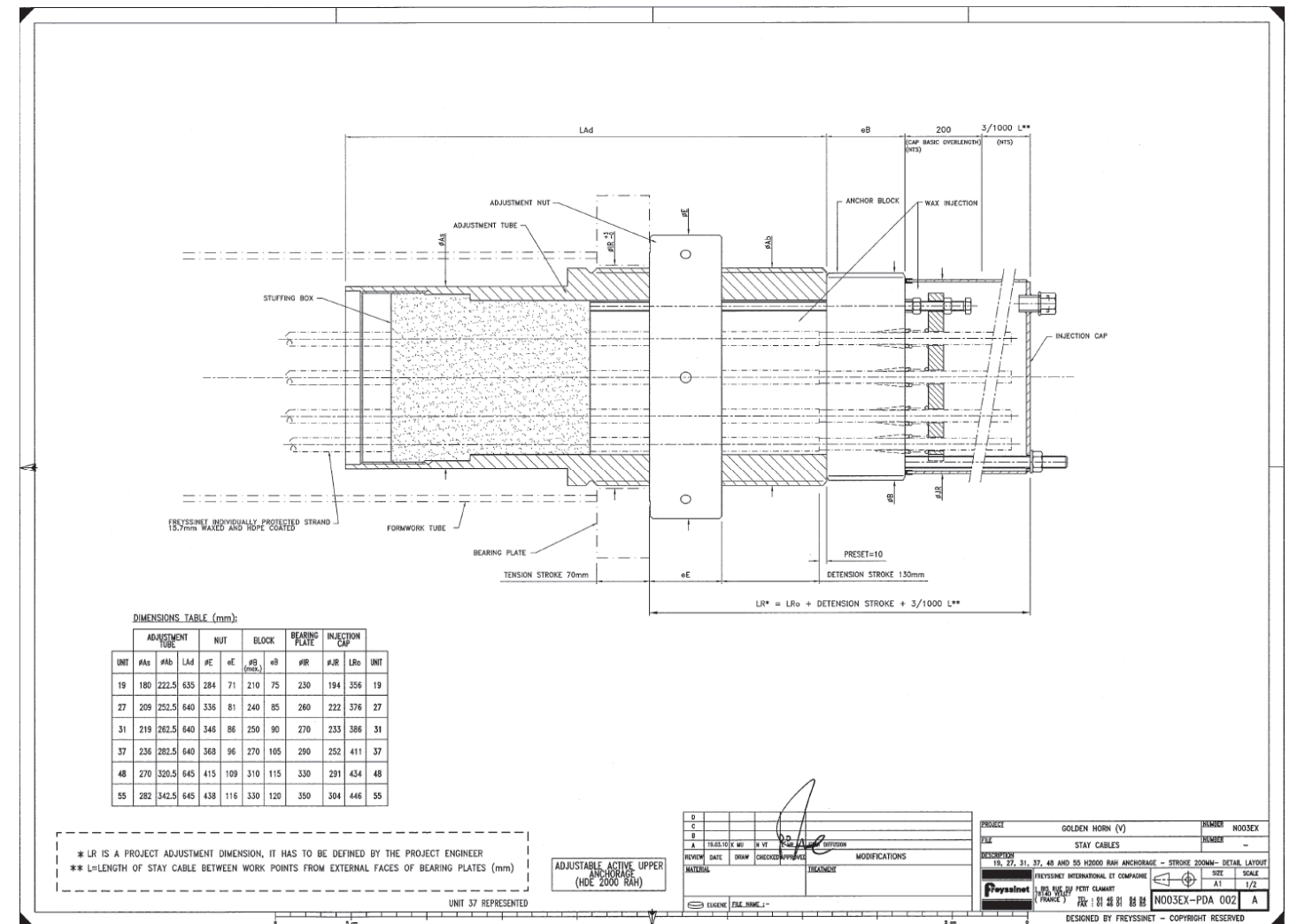
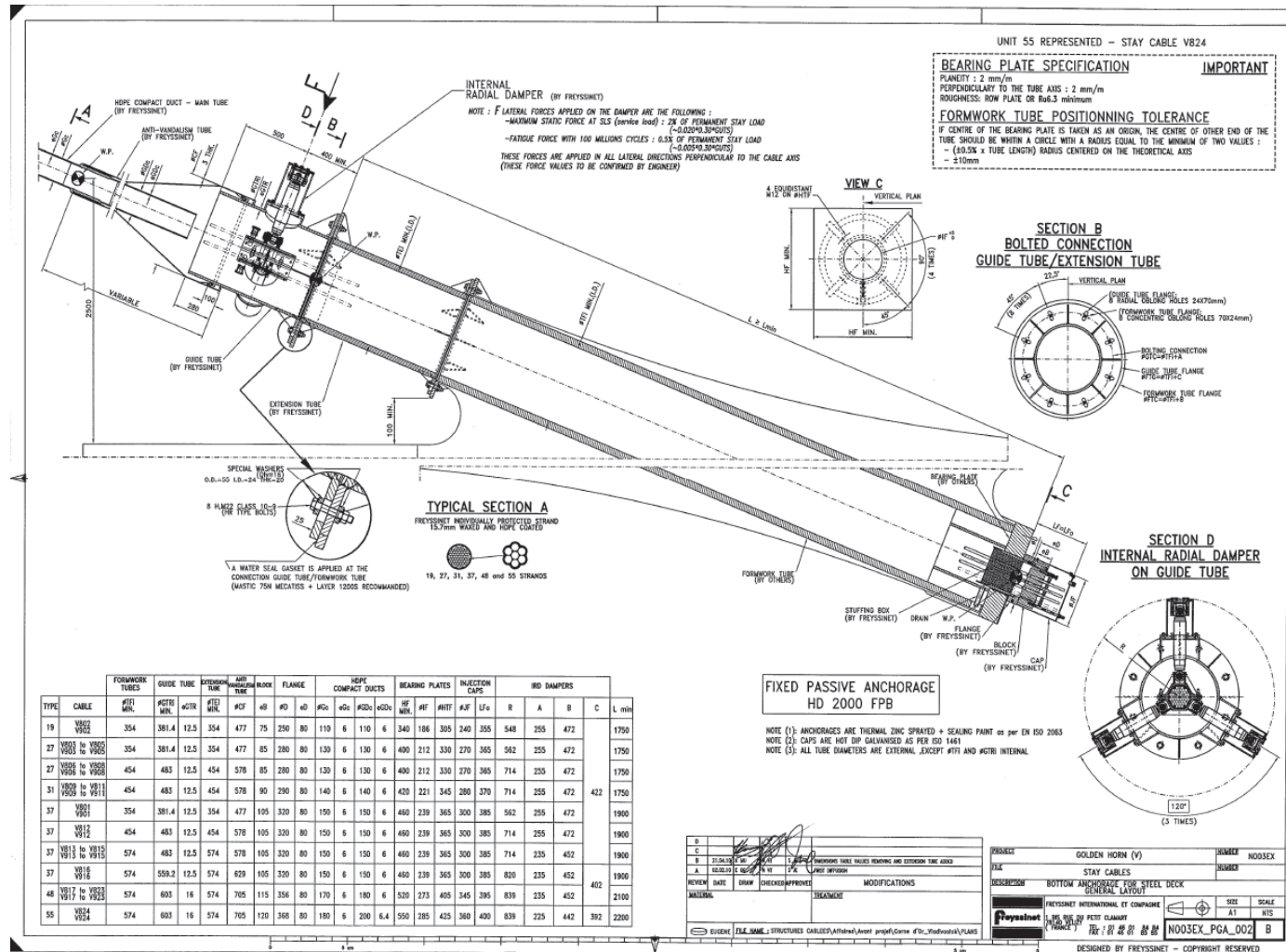


## **Вантовая система**

- **Семипроволочные канаты в индивидуальной оболочке EN 10138  
Prestressing steels**
- **Расчеты прочности и выносливости. EN 1993-1-11:2006 Part 1-11: Design of structures with tension components и рекомендации CIP SETRA**
- **Расчет прогрессирующего обрушения. Обрыв и замена вант. EN 1993-1-11:2006 Part 1-11: Design of structures with tension components и рекомендации CIP SETRA**
- **Требования по расчету узлов крепления вант. Рекомендации CIP SETRA**
- **Система антикоррозионной защиты**
- **Испытания на прочность, выносливость, водонепроницаемость**
- **Внешняя оболочка вант**



# Вантовая система







## Мост на о. Русский в г. Владивостоке





## Применение Eurocode

- Вантовая система. Расчет прочности и выносливости вант
- Система демпфирования вант.
- Системы предварительного напряжения
- Ветровые нагрузки и аэродинамика. Продувка в аэродинамической трубе  
**Инженерные вопросы, не отраженные в требованиях Eurocode**
- Требования к амплитуде вибраций вант. EN 1993-1-11 – 1/500L. FIP - 1/1750L
- Параметрический резонанс вант. Учет демпфирования при параметрическом резонансе.
- Галопирование вант при образовании льда
- Вибрация вант при воздействии ветра и дождя
- Влияние комбинации ветровых и автомобильных временных нагрузок на выносливость вант





## Применение Eurocode при проектировании мостов и путепроводов в Туркмении в районах с интенсивностью сейсмичности 9 и более баллов







## Применение Eurocode

- Разработка СТУ и утверждение в экспертных органах Туркменистана.
- Использование двухуровневого подхода к расчетам на сейсмическое воздействие. Расчет на МРЗ и ПЗ.
- Применение антисейсмических устройств в соответствии с EN 15129. Расчет антисейсмических устройств по EN 1998-1; EN 1998-2
- Учет сочетания сейсмического и температурного воздействия для протяженных мостов при расчете перемещений (EN 1998-2).
- Генерация искусственных акселерограмм землетрясений
- Расчет свайных ростверков с учетом взаимодействия с грунтом EN 1998-5





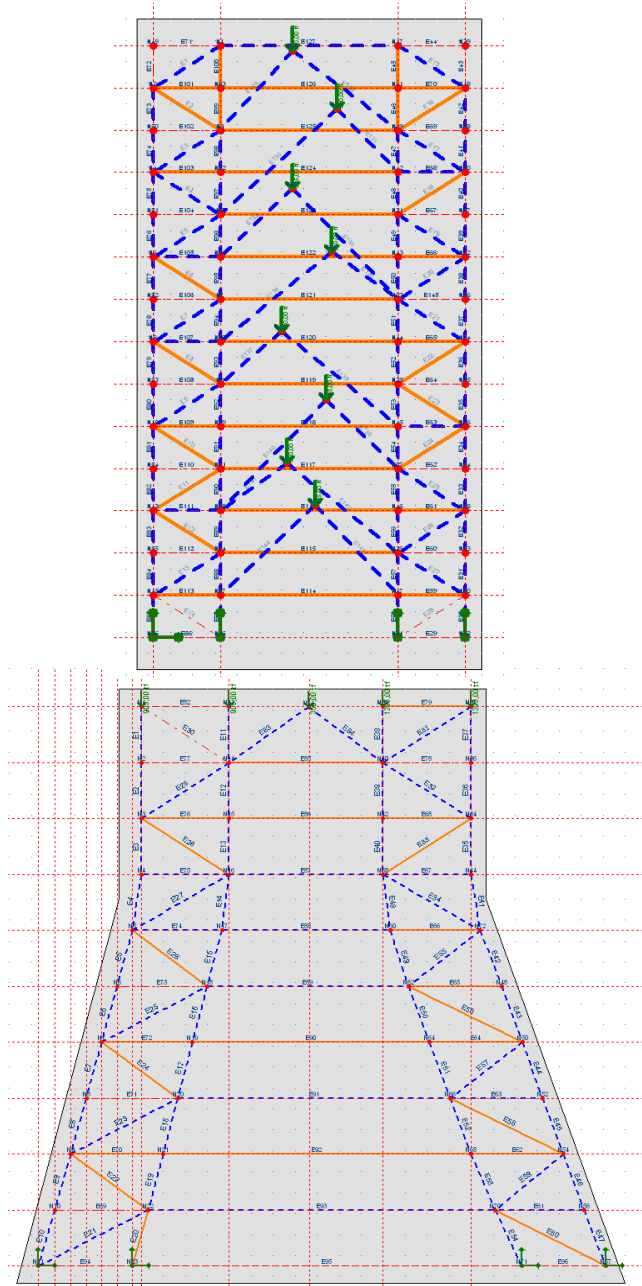
## Путепровод через ж/д пути в створе пр. Александровской Фермы (использование каркасно-стержневой модели)



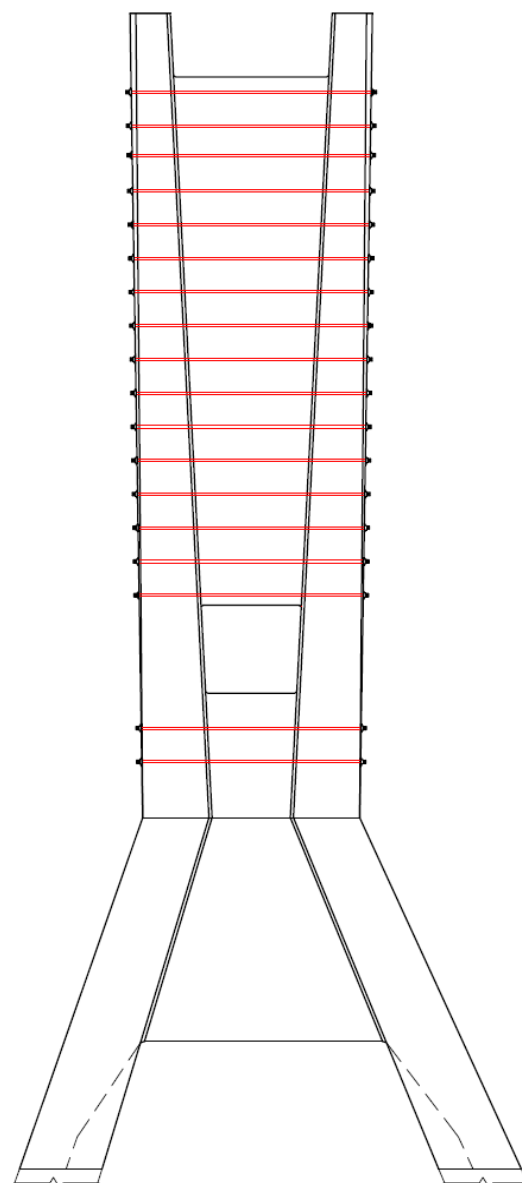


## Расчет с использованием каркасно-стержневой модели из EN 1992-1-1

Фрагмент расчетной схемы



Расположение напрягаемых  
арматурных элементов



Готовый объект







# **Модели нагрузок по EuroCode и разделы EN, рекомендуемые к применению или отсутствующие в СНиП**



## EN1991-1-2

### Модели нагрузок

- Вертикальные
  - LM1 – тандемная система (двухосная тележка) + распределенная нагрузка;
  - LM2 – одноосная нагрузка;
  - LM3 – нагрузка от спец. транспортных средств;
  - LM4 – нагрузка от большого количества транспортных средств  $q=5\text{кН/м}^2$ .
- Горизонтальные
  - От торможения. Модель основана на LM1 (LM3). Величина нагрузки ограничена значением 900 кН;
  - Центробежная.
- Вызывающие усталость (5 моделей)
- Аварийные
  - Заезд транспортного средства на тротуар (при наличии физической возможности);
  - Столкновение с бордюром

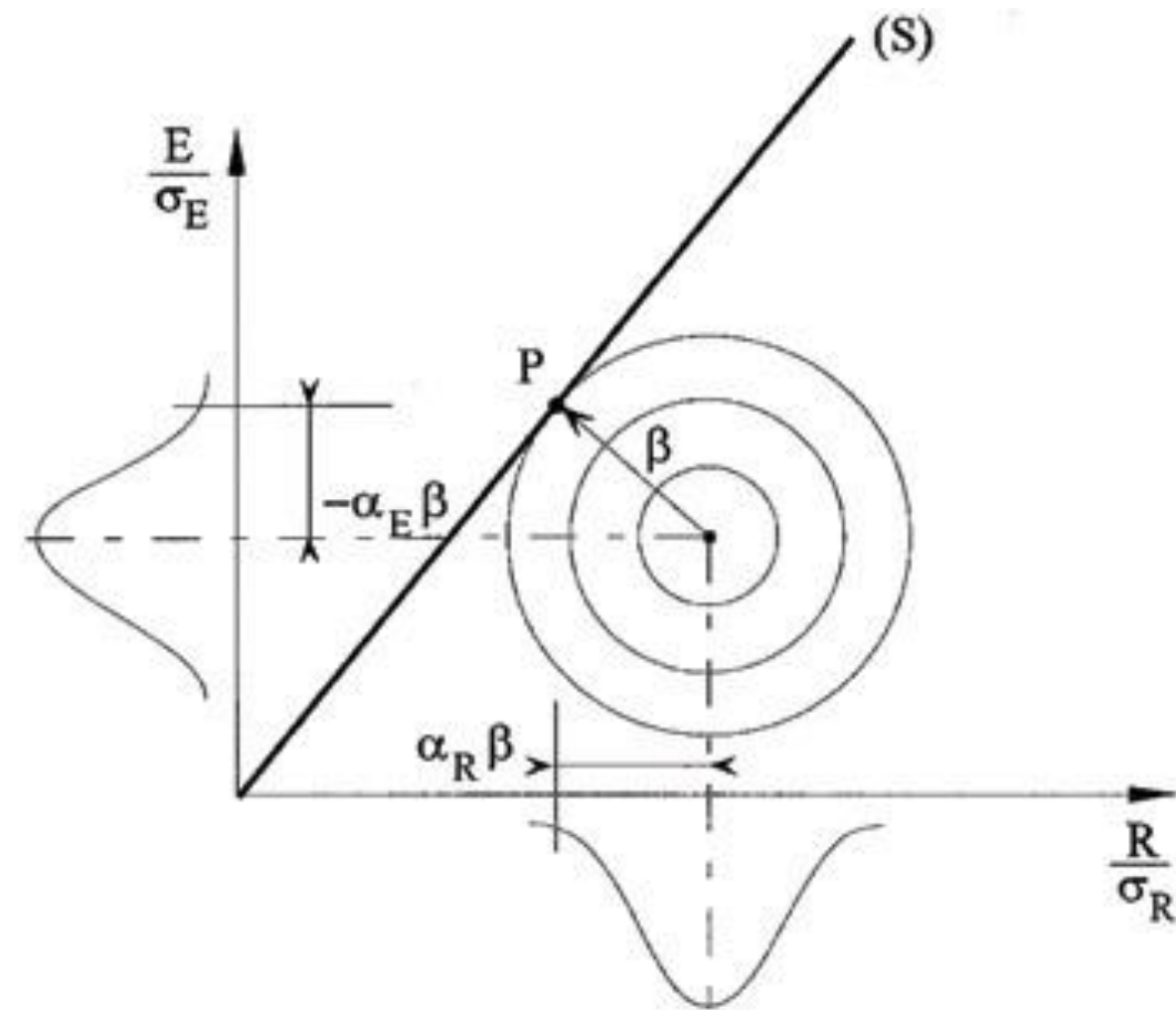




## EN1990 и ANNEX A2: Application for bridges

### Вероятностный подход к определению коэффициентов надежности

- G, Q, A – постоянное, временное и аварийное воздействие
- ULS@SLS - I и II предельных состояний
- Partial factor method – метод с использованием различных коэффициентов надежности (предусмотрен полностью вероятностный подход для определения значения коэффициентов)
- Characteristic - design – нормативные и расчетные значения нагрузок и сопротивлений
- ANNEX A2 – сочетания временных нагрузок и коэффициенты сочетаний





## Сроки службы сооружений

<b>Design working life</b>	<b>Examples</b>
10 years	Temporary structures
10 to 25 years	Replaceable structural parts
15 to 30 years	Agricultural and similar structures
50 years	Building structures and other common structures
100 years	Monumental buildings, bridges, other structures





## **Каркасно-стержневая модель (EN 1992-1-1)**

Предназначена для анализа несущей способности

- D-регионов – областей, не подчиняющихся теории изгиба стержней (коротких консолей, высоких балок, ростверков, мест резкого изменения сечений и т.п.);
- обычных балок при расчете на поперечную силу. КСМ представляет собой систему сжатых подкосов, моделирующих потоки главных сжимающих напряжений в бетоне, и растяжек, моделирующих арматуру.

Выполняются следующие проверки:

- Усилия в элементах КСМ, полученные в результате приложения внешней нагрузки, не должны превышать максимально допустимых, зависящих от прочности бетона (арматуры);
- Напряжения в узлах не должны превышать прочность бетона с учетом вида узла (всесторонне сжатый, сжато-растянутый).



## EN 1992-1-1

### Классы элементов по степени воздействия агрессивной окружающей среды

- X0 - отсутствие риска коррозии и химического воздействия;
- XC1...XC4 - коррозия, вызванная карбонизацией;
- XD1...XD3 - коррозия, вызванная хлоридами;
- XS1...XS3 - коррозия, вызванная хлоридами морской воды;
- XF1...XF4 - воздействие попеременного замораживания и оттаивания;
- XA1...XA3 - химическое воздействие.

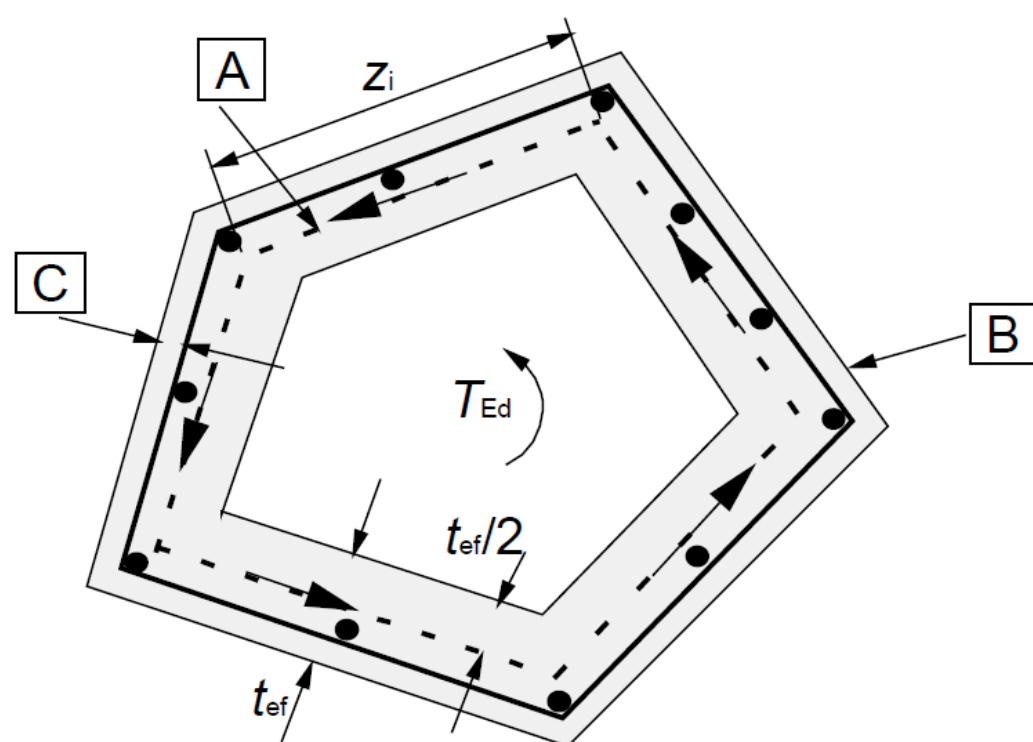
**Для каждого класса устанавливается минимальное значение проектной прочности бетона на сжатие, которое может быть больше полученного по расчету.**





## EN 1992-1-1. Кручение железобетонных элементов

При расчете прочности на кручение по контуру сечения выделяется полоса толщиной  $t_{ef} = A/u$  (площадь/периметр). Для каждой грани вычисляется перерезывающая сила  $\tau_t \cdot t_{ef} = T_{ED}/2 \cdot A_k$ ,  $V_{ED} = \tau_t \cdot t_{eff} \cdot z$ . Эта сила добавляется к перерезывающей силе от изгиба, и производится расчет прочности по КСМ.



- А – средняя линия
- В – внешний контур
- С – защитный слой



## Конструкции с предварительным напряжением и без предварительного напряжения EN 1992-1-1; EN 1992-2, EN 10138

### ➤ Системы предварительного напряжения Diwidag

- Пучки из 12-ти семипроволочных витых канатов Ø15,7 мм из стали класса 1860 МПа со сцеплением с бетоном

- Пучки из 5-ти семипроволочных витых канатов Ø15,7 мм из стали класса 1860 МПа в индивидуальной защитной оболочке со смазкой без сцепления, укладываемые в конструкцию без каналобразователей

- Цельноизготавливаемые канаты из 66-ти параллельных проволок Ø7 мм из стали класса 1770 МПа, располагаемые вне сечения бетона

### ➤ Девиаторы

### ➤ Механическое соединение ненапрягаемой арматуры





## Нормативные и расчетные значения интенсивности нагрузки и расчетных сопротивлений материалов по СНиП vs EN

		СВ	АК		10ХСНД	Бетон В40	А600	
			Р	V				
<b>СНиП</b>	Норм.		2x28=56	1,4+0,6x1,4=2,24	390	29	590	Норм.
	$(1 + \mu) \times \gamma_f$	1,1;1,3;1,5 (2,0)	1,4x1,5=2,1	1x1,15=1,15	$\frac{1}{1,125}$	$\frac{0,9}{1,3} = \frac{1}{1,44}$	$\frac{0,95}{1,2} = \frac{1}{1,26}$	$\frac{m}{\gamma_m}$
	Расчет.		<b><u>118</u></b>	<b><u>2,6</u></b>	<b><u>350</u></b>	<b><u>20</u></b>	<b><u>465</u></b>	Расчет.
	Норм.		60+40=100	2,7+0,75=3,45	355	30	500	Норм.
<b>EN</b>	$\gamma_f$	1,35	1,35	1,35	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1,5}$	$\frac{1}{1,15}$	$\frac{1}{\gamma}$
	Расчет.		<b><u>135</u></b>	<b><u>4,7</u></b>	<b><u>355</u></b>	<b><u>20</u></b>	<b><u>435</u></b>	Расчет.
		SW	TS	UDL	S355	C30/37	B500B	
			LM1					

1. Расчетная нагрузка на перекрытие по СНиП  
 $q_{расч} = (1 + \mu) \times \gamma_f \times q_{норм}$   
 $q_{расч} = (1 + 0,05) \times 1,5 \times 28 = 46,5 \text{ кПа}$   
 $q_{расч} = 1,1 \times 1,5 \times 28 = 46,2 \text{ кПа}$   
 $q_{расч} = 1,3 \times 1,5 \times 28 = 54,6 \text{ кПа}$   
 $q_{расч} = 1,5 \times 1,5 \times 28 = 63 \text{ кПа}$   
 $q_{расч} = 2,0 \times 1,5 \times 28 = 84 \text{ кПа}$



З а к р ы т о е   А к ц и о н е р н о е   О б щ е с т в о  
«Институт Гипростроймост – Санкт-Петербург»

**Спасибо за внимание!**