

**НАУЧНО - МЕТОДИЧЕСКИЙ СЕМИНАР
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРОМЫШЛЕННОЕ
И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»
(г. Минск, БНТУ — 24.05.2011)**

УДК 624.012

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ
EN 1990 «ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ»**

ТУР В.В.

Брестский государственный технический университет
Брест, Беларусь

**ТКП EN 1990: Основы проектирования конструкций
(EN 1990: Basis of Structural Design)**

Содержание

- 1 Общие положения
- 2 Требования
- 3 Принципы расчета предельных состояний
- 4 Базисные переменные
- 5 Расчет конструкций и проектирование, подкрепляемое испытаниями
- 6 Расчеты методом частных коэффициентов

Приложение А (обязательное) Указания, касающиеся зданий

Приложение В (справочное) Управление надежностью строительных конструкций

Приложение С (справочное) Основы расчетов с применением частных коэффициентов и основы анализ надежности

Приложение D (справочное) Проектирование, подкрепляемое испытаниями

Воздействие (“Action”) — имеет смысл нагрузки или вынужденной деформации (например, температурной, усадочной, осадки опор и т.д.).

Эффекты воздействий или эффекты от воздействий (“Effects of Actions” или “Actions effects”) — это внутренние усилия (изгибающие моменты, продольные и поперечные силы) и деформации, вызванные воздействиями.

Прочность (“Strength”) — механическое свойство материала, выраженное в единицах напряжений.

Сопrotивление (“Resistance”) — механическое свойство поперечного сечения элемента или конструкции.

Раздел 2. Требования

2.1 Основные требования

(1) Р Конструкцию следует проектировать и изготавливать таким образом, чтобы она в течение предполагаемого срока эксплуатации с назначенным уровнем надежности и без чрезмерных экономических затрат:

- воспринимала все воздействия и влияния, появление которых, во всей вероятности, следует ожидать в процессе ее возведения и эксплуатации, и
- оставалась пригодной к требуемым условиям эксплуатации.

(2) Р Конструкцию следует проектировать таким образом, чтобы были обеспечены надлежащие:

- несущая способность;
- эксплуатационная пригодность и
- долговечность.

Требования надежности конструкции включают:

- **безопасность** людей и конструкций;
- **эксплуатационная пригодность**: функционирование, комфорт, внешний вид;
- **живучесть**: исключение непропорционального обрушения;
- **долговечность**: учет условий эксплуатации

Раздел 3. Принципы расчетов предельных состояний

3.1 Общие положения

(1) Р Следует различать основные предельные состояния несущей способности и предельные состояния эксплуатационной пригодности.

Примечание – В некоторых случаях могут потребоваться дополнительные проверки, например, для обеспечения безопасности движения.

(3) Р Предельные состояния следует относить к расчетным ситуациям, см. 3.2.

3.2 Расчетные ситуации

(1) Р Характерные расчетные ситуации следует выбирать с учетом условий, при которых требуется, чтобы конструкция выполняла свои функции.

(2) Р Расчетные ситуации следует классифицировать следующим образом:

– постоянные расчетные ситуации, относящиеся к условиям нормального использования конструкции;

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

– особые расчетные ситуации, относящиеся к исключительным условиям, применимым к конструкции или условиям окружающей ее среды, например, пожар, удар или последствия локализованного разрушения;

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

Примечание – Информация для установленных расчетных ситуаций в пределах каждого из этих классов приведена в EN 1991 – EN 1999.]

(3) Р Выбранные расчетные ситуации должны в достаточной мере охватывать все условия, кото-

3.3 Основные предельные состояния несущей способности

(1) Р Предельные состояния, касающиеся:

– безопасности людей и/или

– безопасности конструкций

следует классифицировать как основные предельные состояния.

(4) Следующие критические основные состояния несущей способности следует проверять в том случае, если они являются значимыми:

– потерю равновесия конструкции или любой ее части, рассматриваемой как жесткое тело;

– разрушение в результате чрезмерных деформаций, превращение конструкции или любой ее части в механизм, нарушение целостности в результате разрушения материалов, потеря устойчивости конструкции или любой ее части, включая опоры и фундаменты;

– разрушение, обусловленное усталостью или другими эффектами, зависящими от времени.

Примечание – К различным предельным состояниям несущей способности относятся различные частные коэффициенты, см. 6.4.1. Разрушение, обусловленное чрезмерными деформациями, является разрушением конструкции, связанной с потерей устойчивости формы.

3.4 Предельные состояния эксплуатационной пригодности

(1) Р Предельные состояния, относящиеся к:

- функционированию конструкции или элементов конструкции при нормальных условиях эксплуатации;
- комфорту пользователей;
- внешнему виду строений

следует классифицировать как предельные состояния эксплуатационной пригодности.

Примечание 1 – В контексте эксплуатационной пригодности термин "внешний вид" связан с такими критериями, как большие прогибы и чрезмерная ширина раскрытия трещин, а не с эстетичностью.

Примечание 2 – Требования эксплуатационной пригодности обычно устанавливаются для каждого отдельного проекта.

(2) Р Следует различать обратимые и необратимые предельные состояния эксплуатационной пригодности.

(3) Проверку предельных состояний эксплуатационной пригодности следует осуществлять, пользуясь критериями, касающимися:

а) деформаций, которые оказывают влияние:

- на внешний вид;
- комфорт пользователя или
- функционирование конструкции (включая функционирование оборудования и обслуживающего персонала), или которые вызывают повреждения отделочных слоев или несущих элементов;
- б) вибрации (колебаний)
 - которая вызывает дискомфорт у людей, или
 - ограничивает функциональность конструкции;
- в) повреждения, которые могут отрицательно влиять:
 - на внешний вид;
 - на долговечность или
 - на функционирование конструкции.

Примечание – Дополнительные положения, связанные с критериями эксплуатационной пригодности, приведены в соответствующих частях EN 1992 – EN 1999.

3.5 Проверки предельных состояний

(1) Р При проверках предельных состояний следует использовать расчетные модели конструкций и воздействий для соответствующих предельных состояний.

(2) Р Следует проверять, что никакое из предельных состояний не будет превышено, если в этих расчетных моделях используются соответствующие расчетные значения:

- воздействий;
- свойств материалов;
- свойств изделий;
- геометрических величин.

(3) Р Проверки следует выполнять для всех значимых расчетных ситуаций и случаев нагружения.

Раздел 4. Базисные переменные

4.1 Воздействия и влияния окружающей среды

4.1.1 Классификация воздействий

(1) Р Воздействия в зависимости от их изменения во времени следует классифицировать следующим образом:

- постоянные воздействия (G), например, собственный вес конструкций, стационарное оборудование, дорожное покрытие и не прямые воздействия вследствие усадки и неравномерных осадок;
- переменные воздействия (Q), например, полезные нагрузки на перекрытия зданий, балки и покрытия, ветровые воздействия и снеговые нагрузки;
- особые воздействия (A), например, взрывы или удары транспортных средств.

Примечание – Непрямые воздействия, вызванные вынужденными деформациями, могут быть либо постоянными, либо переменными.

3.4 Пределные состояния эксплуатационной пригодности

(1) Р Пределные состояния, относящиеся к:

– функционированию конструкции или элементов конструкции при нормальных условиях эксплуатации;

– комфорту пользователей;

– внешнему виду строений

следует классифицировать как предельные состояния эксплуатационной пригодности.

Примечание 1 – В контексте эксплуатационной пригодности термин "внешний вид" связан с такими критериями, как большие прогибы и чрезмерная ширина раскрытия трещин, а не с эстетичностью.

Примечание 2 – Требования эксплуатационной пригодности обычно устанавливаются для каждого отдельного проекта.

(2) Р Следует различать обратимые и необратимые предельные состояния эксплуатационной пригодности.

(3) Проверку предельных состояний эксплуатационной пригодности следует осуществлять, пользуясь критериями, касающимися:

а) деформаций, которые оказывают влияние:

– на внешний вид;

– комфорт пользователя или

– функционирование конструкции (включая функционирование оборудования и обслуживающего персонала), или которые вызывают повреждения отделочных слоев или несущих элементов;

б) вибрации (колебаний)

– которая вызывает дискомфорт у людей, или

– ограничивает функциональность конструкции;

в) повреждения, которые могут отрицательно влиять:

– на внешний вид;

– на долговечность или

– на функционирование конструкции.

Примечание – Дополнительные положения, связанные с критериями эксплуатационной пригодности, приведены в соответствующих частях EN 1992 – EN 1999.

3.5 Проверки предельных состояний

(1) Р При проверках предельных состояний следует использовать расчетные модели конструкций и воздействий для соответствующих предельных состояний.

(2) Р Следует проверять, что никакое из предельных состояний не будет превышено, если в этих расчетных моделях используются соответствующие расчетные значения:

- воздействий;
- свойств материалов;
- свойств изделий;
- геометрических величин.

(3) Р Проверки следует выполнять для всех значимых расчетных ситуаций и случаев нагружения.

Раздел 4. Базисные переменные

4.1 Воздействия и влияния окружающей среды

4.1.1 Классификация воздействий

(1) Р Воздействия в зависимости от их изменения во времени следует классифицировать следующим образом:

- постоянные воздействия (G), например, собственный вес конструкций, стационарное оборудование, дорожное покрытие и не прямые воздействия вследствие усадки и неравномерных осадок;
- переменные воздействия (Q), например, полезные нагрузки на перекрытия зданий, балки и покрытия, ветровые воздействия и снеговые нагрузки;
- особые воздействия (A), например, взрывы или удары транспортных средств.

Примечание – Непрямые воздействия, вызванные вынужденными деформациями, могут быть либо постоянными, либо переменными.

Раздел 6. Метод частных коэффициентов

6.1 Общие положения

(1) *Р*. Метод частных коэффициентов следует использовать для подтверждения того, что во всех соответствующих расчетных ситуациях ни одно из значимых предельных состояний не будет превышено, если в расчетных моделях приняты расчетные значения воздействий или эффектов воздействий и сопротивлений.

(2) Для выбранных расчетных ситуаций и значимых предельных состояний отдельные воздействия для критических случаев *нагрузки* следует объединять в сочетания по правилам, установленным в настоящем разделе. Вместе с тем, воздействия, которые не могут появиться одновременно, например, по физическим причинам, не обязательно должны рассматриваться в одном в сочетании.

(3) Расчетные значения следует устанавливать используя:

- характеристические или
- другие репрезентативные значения

в сочетании с частными и другими коэффициентами, как это определено в настоящем разделе и EN 1991 – EN 1999.

(4) Допускается определять непосредственно расчетные значения при условии, что эти значения получены из достоверных источников и выбраны с запасом.

(5) *Р*. Расчетные значения, определяемые непосредственно на основе статистических данных, должны обеспечивать как минимум такой же уровень надежности для различных предельных состояний, как это предусматривает метод частных коэффициентов, приведенный в настоящем стандарте.

Техническая надежность — свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных условиях применения.

Причины изменчивости базисных переменных:

- физические несовершенства материалов
- погрешности измерений
- статистические погрешности
- несовершенства расчетных моделей

Метод частных коэффициентов

$$E_d \leq R_d,$$

$$E_d = \gamma_{sd} \cdot E\{\gamma_{f,i} \cdot F_{rep,i}; a_d\}, i \geq 1,$$

$$F_{rep} = \psi \cdot F_k,$$

$$E_d = E\{\gamma_{F,i} \cdot F_{rep,i}; a_d\}, i \geq 1,$$

$$R_d = \frac{I}{\gamma_{Rd}} R\{x_{d,i}; a_d\} = \frac{I}{\gamma_{Rd}} R\left\{\eta_i \frac{x_{k,i}}{\gamma_{m,i}}; a_d\right\}, i \geq 1,$$

$$R_d = R\left\{\eta_i \frac{x_{k,i}}{\gamma_{m,i}}; a_d\right\}, i \geq 1,$$

$$B = P[S(t) \in \{S_{dep}\}_{0 \leq t \leq T}].$$

6.2 Ограничения

(1) Правила применения, приведенные в EN 1990, ограничиваются проверками предельных состояний (несущей способности и эксплуатационной пригодности) применительно к конструкциям, подверженным статическим нагрузкам, включая случаи, когда динамические эффекты оцениваются с использованием эквивалентных квазистатических нагрузок и динамических повышающих коэффициентов (например, ветровые и транспортные нагрузки). Для нелинейных расчетов и расчетов на усталость следует применять подробные правила, приведенные в различных частях EN 1991 – EN 1999.

6.4 Пределные состояния несущей способности (ULS)

6.4.1 Общие положения

(1) Р. Следует проверять отдельно следующие предельные состояния:

a) EQU: Потеря статического равновесия конструкции или любой ее части, рассматриваемой как жесткое тело, когда

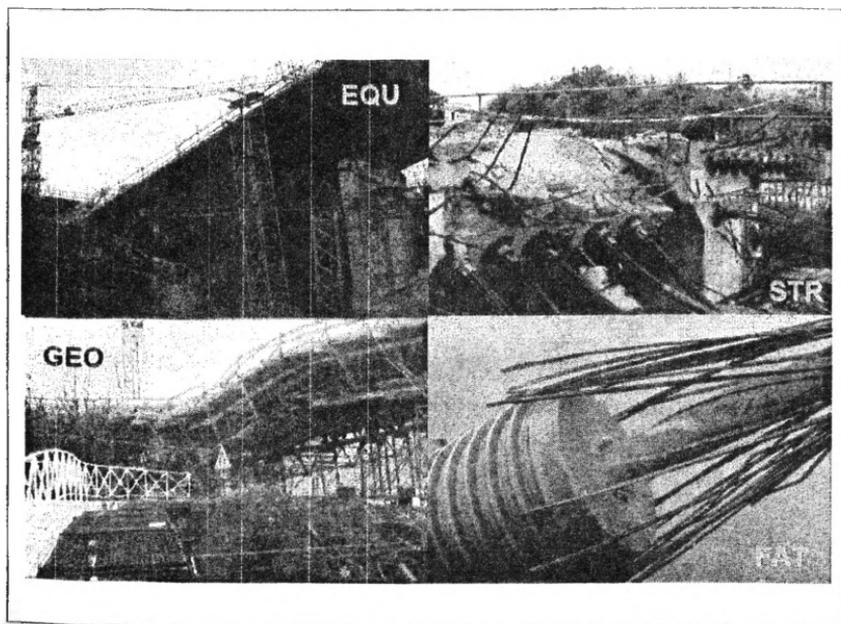
- незначительные изменения в значении или пространственном распределении воздействий одного происхождения являются существенными, и
- прочность материалов конструкции или основания не оказывают влияния на предельное состояние,

b) STR: Внутреннее разрушение или чрезмерные деформации конструкции или элементов конструкции, включая фундаменты, сваи, подпорные стены и т.д., когда прочность материалов конструкций, имеет решающее значение;

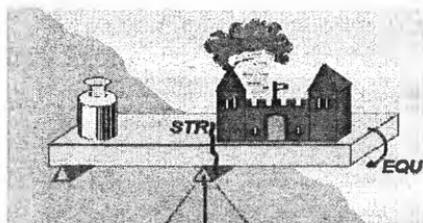
c) GEO: Разрушение или чрезмерные деформации основания, когда прочность основания или скальной породы являются значимыми для обеспечения несущей способности конструкции;

d) FAT: Усталостное разрушение конструкции или элементов конструкции

Примечание: Сочетания воздействий при расчетах на усталость приведены в EN 1992 – EN 1999

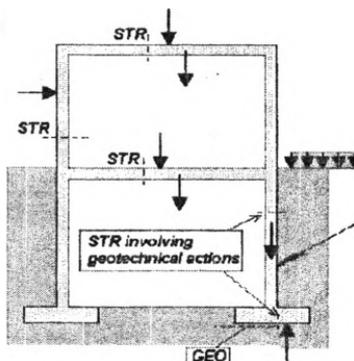


EN 1990: ULTIMATE LIMIT STATES: EQU – STR - GEO



Approaches 1 2 3

Ultimate limit states



Расчетные значения воздействий EQU (группа А)

Постоянная и временная расчетные ситуации	Постоянные воздействия		Доминирующее воздействие ⁴⁾	Сопутствующие воздействия ⁴⁾
	неблагоприятные	благоприятные		прочие
Формула (6.10)	$\gamma_{G,н.р} G_{н.р}$	$\gamma_{G,б.р} G_{б.р}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
<p>Примечание 1 – Значения γ могут быть установлены в Национальном приложении. Рекомендуемые значения частных коэффициентов:</p> <p>$\gamma_{G,н.р} = 1,10$; $\gamma_{G,б.р} = 0,90$; $\gamma_{Q,1} = 1,50$ – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии); $\gamma_{Q,i} = 1,50$ – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии).</p> <p>Примечание 2 – В тех случаях, когда расчет статического равновесия включает также сопротивление элементов конструкции, альтернативно к двум отдельным расчетам по таблицам А.1.2(А) и А.1.2(В) допускается выполнение комбинированного расчета, основывающегося на таблице А.1.2(А), причем рекомендуется применять следующие значения частных коэффициентов:</p> <p>$\gamma_{G,н.р} = 1,35$; $\gamma_{G,б.р} = 1,15$; $\gamma_{Q,1} = 1,50$ – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии); $\gamma_{Q,i} = 1,50$ – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии).</p> <p>При условии, что применение коэффициента $\gamma_{G,н.р} = 1,0$ для неблагоприятно и благоприятно действующих компонентов постоянного воздействия будет оказывать более неблагоприятный эффект.</p>				
<p>⁴⁾ Переменные воздействия указаны в таблице А.1.</p>				

Расчетные значения воздействий STR/GEO (группа В)

Постоянная и временная расчетные ситуации	Постоянные воздействия		Доминирующее воздействие ^{а)}	Сопутствующие воздействия ^{а)}	
	неблагоприятные	благоприятные		прочие	
Формула (6.10)	$\gamma_{G,imp} G_{N,imp}$	$\gamma_{G,imp} G_{N,imp}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,j} \psi_{Q,j} Q_{k,j}$	
	неблагоприятные	благоприятные		главные (при наличии)	прочие
Формула (6.10a)	$\gamma_{G,imp} G_{N,imp}$	$\gamma_{G,imp} G_{N,imp}$	—	$\gamma_{Q,1} \psi_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,j} \psi_{Q,j} Q_{k,j}$
Формула (6.10b)	$\xi \gamma_{G,imp} G_{N,imp}$	$\gamma_{G,imp} G_{N,imp}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	—	$\gamma_{Q,j} \psi_{Q,j} Q_{k,j}$
<p>Примечание 1 – Выбор переменных формул (6.10) или (6.10a) и (6.10b) указывается в Национальном приложении. В случае применения формул (6.10a) и (6.10b) в Национальном приложении допускается изменение формулы (6.10a) таким образом, чтобы учитывались только постоянные воздействия.</p> <p>Примечание 2 – При применении формул (6.10) или (6.10a) и (6.10b) рекомендованы следующие значения частных коэффициентов γ и ξ:</p> <p>$\gamma_{G,imp} = 1,35$; $\gamma_{G,imp} = 1,00$; $\gamma_{Q,1} = 1,50$ – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии); $\gamma_{Q,j} = 1,50$ – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии).</p> <p>При применении формул (6.10a) и (6.10b) рекомендуется применять $\xi = 0,85$ так, что $\xi \gamma_{G,imp} = 0,85 \times 1,35 = 1,15$.</p> <p>Частные коэффициенты γ для вынужденных деформаций приведены в EN 1991 – EN 1999.</p> <p>Примечание 3 – Характеристические значения всех постоянных воздействий одиночного происхождения умножаются на $\gamma_{G,imp}$, если их общее влияние является неблагоприятным, и на $\gamma_{G,imp}$, когда их общее влияние является благоприятным. Например, все воздействия от собственного веса конструкций могут рассматриваться как имеющие одно происхождение. Это правило действует также при применении различных материалов в одной конструкции.</p> <p>Примечание 4 – В отдельных случаях значения γ_Q и γ_Q могут разделяться на коэффициенты γ_Q и ψ_Q соответственно, и коэффициент ψ_Q, учитывающий погрешности расчетной модели. Значение коэффициента ψ_Q в большинстве случаев может изменяться от 1,05 до 1,15 и уточняться в Национальном приложении.</p>					
<p>^{а)} Переменные воздействия указаны в таблице А.1.</p>					

Расчетные значения воздействий SRT/GEO (группа С)

Постоянная и временная расчетные ситуации	Постоянные воздействия		Доминирующее воздействие ^{а)}	Сопутствующие воздействия ^{а)}	
	неблагоприятные	благоприятные		прочие	
(Формула 6.10)	$\gamma_{G,imp} G_{N,imp}$	$\gamma_{G,imp} G_{N,imp}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,j} \psi_{Q,j} Q_{k,j}$	
<p>Примечание – Рекомендуются следующие значения частных коэффициентов:</p> <p>$\gamma_{G,imp} = 1,00$; $\gamma_{G,imp} = 1,00$; $\gamma_{Q,1} = 1,30$ – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии); $\gamma_{Q,j} = 1,30$ – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии).</p>					
<p>^{а)} Переменные воздействия указаны в таблице А.1.</p>					