



УКРАИНСКИЙ ЦЕНТР
СТАЛЬНОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА

Расчет элементов ЛСТК по эксплуатационной пригодности (предельным состояниям второй группы). Предельные перемещения

Семко Владимир,
кандидат технических наук

Семинар «ЛСТК: проектирование, производство и монтаж»

16-17 апреля 2015



Предельные состояния второй группы

Согласно п. 3.4 EN 1990 расчеты эксплуатационной пригодности должны производиться по следующим критериям:

а) деформации и смещения, которые влияют:

— на внешний вид несущей конструкции и хорошее самочувствие пользователей;

— на функции несущей конструкции (включая работу машин и оборудования) или вызывают повреждения облицовок, покрытий или ненесущих элементов конструкции;

б) вибрации, вызывающие у людей неприятные физические ощущения или ограничивающие функциональную способность несущей конструкции;

в) повреждения, которые предположительно отрицательно влияют на внешний вид, долговечность или функциональную способность несущей конструкции.

Предельные состояния второй группы

Согласно Национального приложения к ДСТУ EN 1990 эксплуатационная пригодность относительно допустимых прогибов и перемещений формулируется исходя из следующих условий:

- технологических;
- конструкционных;
- физиологических;
- эстетико-психологических.

Каждое из перечисленных условий должно быть выполнено при расчете независимо от других.

Вертикальные предельные прогибы элементов конструкций

Елементи конструкцій	Встановлені вимоги	Вертикальні граничні прогини f_u
1 Балки, ферми, ригелі, прогони, плити, настили (включаючи поперечні ребра плит і настилів):		
а) покриттів і перекриттів, відкритих для огляду, при прольоті L, м:	Естетико-психологічні	
L ≤ 1		L / 120
L = 3		L / 150
L = 6		L / 200
L = 24 (12)		L / 250
L ≥ 36 (24)		L / 300
б) покриттів і перекриттів при наявності перегородок під ними	Конструктивні	L / 300
в) покриттів і перекриттів при наявності на них елементів, що зазнають розтріскування (стяжок, підлог, перегородок)	Конструктивні	L / 150
г) покриттів і перекриттів при наявності тельферів (талів), підвісних кранів, керованих:	Технологічні Фізіологічні	L/300 або a/150 (менше з двох) L/400 або a/200 (менше з двох)
з підлоги		
з кабіни		

Вертикальные предельные прогибы элементов конструкций

Елементи конструкцій	Встановлені вимоги	Вертикальні граничні прогини f_u
д) перекриттів, що зазнають дії: переміщуваних вантажів, матеріалів, вузлів і елементів устаткування та інших рухомих навантажень (у тому числі при безрейковому напідлоговому транспорті) навантажень від рейкового транспорту: вузькоколійного ширококолійного	Фізіологічні і технологічні	L /350 L /400 L /500
2 Елементи сходів (марші, площадки, косоури), балконів, лоджій	Естетико-психологічні	Те саме, що в поз.1,а
3 Плити перекриттів, сходові марші і площадки, прогини яких не перешкоджають суміжні елементи	Фізіологічні	0,7 мм
4 Перемички і навісні стінові панелі над віконними і дверними прорізами (ригелі і прогони скління)	Конструктивні Естетико-психологічні	L /200 Те саме, що в поз.1,а

Позначення, прийняті в таблиці:

L — розрахунковий прогін елемента конструкції;

a — крок балок або ферм, до яких кріпляться підвісні кранові колії.

Примітка 1. Для консоли замість L слід приймати подвоєний її виліт.

Примітка 2. Для проміжних значень L у поз. 2,а граничні прогини слід визначати лінійною інтерполяцією.

Примітка 3. У поз. 1,а цифри, зазначені в дужках, слід приймати при висоті приміщень до 6 м включно.

Примітка 4. Прогини кроквяних конструкцій при наявності підвісних кранових шляхів (поз. 1,г) слід приймати як різницю між прогинами суміжних кроквяних конструкцій.

Вертикальные предельные прогибы элементов конструкций

Предельные прогибы элементов перекрытий (балок, ригелей, плит), лестниц, балконов, лоджий, помещений жилых и гражданских зданий, а также бытовых помещений производственных зданий исходя из физиологических условий следует определять по формуле:

$$f_u = \frac{g(p + p_1 + q)}{30n^2(bp + p_1 + q)},$$

где g — ускорение свободного падения;

p — эксплуатационное значение удельной нагрузки от людей, которые возбуждают колебания;

p_1 — значение удельной нагрузки на перекрытие.

q — эксплуатационное значение удельной нагрузки от веса элемента, который рассчитывается, и конструкций, которые опираются на него (кПа);

n — частота приложения нагрузки при ходьбе человека;

b — коэффициент.

Вертикальные предельные прогибы элементов конструкций

Приміщення, що приймаються за табл. НБ. А1.1	p, кПа	p ₁ , кПа	n, Гц	b
Категорії А, В (окрім класних та побутових приміщень) Категорії Н, що не використовуються для відпочинку	0,25	Приймається за EN 1991-1-1	1,5	$125 \sqrt{\frac{Q}{\alpha p a l}}$
Категорії В - класні та побутові приміщення ; Категорії С и О (окрім танцювальних залів) Категорії Н з можливим скопиченням людей	0,5	Te same	1,5	$125 \sqrt{\frac{Q}{\alpha p a L}}$
Танцювальні зали	1,5	0,2	2,0	50

Позначення, прийняті в таблиці:

Q — вага однієї людини, приймається такою, що дорівнює 0,8 кН (80 кгс);

α — коефіцієнт, що дорівнює 1,0 для елементів, які розраховуються за балковою схемою, і $\alpha = 0,5$ — в інших випадках (наприклад, при спиранні плит по трьох або чотирьох сторонах);

a — крок балок, ригелів, ширина плит (настилів), м;

L — розрахунковий проліт елемента конструкції, м.

Горизонтальные предельные перемещения

Будівлі, стіни та перегородки	Кріплення стін і перегородок каркаса будівлі до	Граничне переміщення f_u
1 Багатоповерхові будівлі	Будь-яке	$h/500$
2 Один поверх багатоповерхових будівель:	Податливе	$h_s/300$
а) стіни та перегородки з цегли, гіпсокартону, залізобетонних панелей	Жорстке	$h_s/500$
б) стіни, облицьовані природним каменем, із керамічних блоків, із скла (вітражі)	Жорстке	$h_s/700$
3 Одноповерхові будівлі (з самонесучими стінами) висотою поверху h_s , м:	Податливе	
$h_s \leq 6$		$h_s/150$
$h_s = 15$		$h_s/200$
$h_s \geq 30$		$h_s/300$

Позначення, прийняті в таблиці:

h — висота багатоповерхових будівель, що дорівнює відстані від верху фундаменту до осі ригеля покриття;

h_s — висота поверху в одноповерхових будівлях, що дорівнює відстані від верху фундаменту до низу кроквяних конструкцій; у багатоповерхових будівлях: для нижнього поверху — дорівнює відстані від верху фундаменту до осі ригеля перекриття; для інших поверхів — дорівнює відстані між осями суміжних ригелів.

Примітка 1. Для проміжних значень h_s (поз. 3) горизонтальні граничні переміщення слід визначати лінійною інтерполяцією.

Примітка 2. До податливих кріплень належать кріплення стін або перегородок до каркаса, що не перешкоджають зміщенню каркаса (без передачі на стіни або перегородки зусиль, здатних викликати пошкодження конструктивних елементів); до жорстких — кріплення, що перешкоджають взаємним зсувам каркаса, стін або перегородок.

Особенности расчета прогибов по EN1993-1-3

При расчете холодноформованных элементов и профилированных листов по предельным состояниям второй группы, должны использоваться геометрические характеристики эффективного поперечного сечения.

Стоит помнить, что напряжения от эксплуатационных нагрузок, как правило меньше чем от нагрузок при расчете конструкций по первой группе предельных состояний.

Поэтому, следует использовать эффективное сечение определенное именно для данного уровня напряжений в сечении.

Особенности расчета прогибов по EN1993-1-3

Как вариант, момент инерции сечения может быть рассчитан с использованием интерполяции полного и эффективного поперечных сечений, по формуле:

$$I_{fic} = I_{gr} - \frac{\sigma_{gr}}{\sigma} (I_{gr} - I(\sigma)_{eff}),$$

где

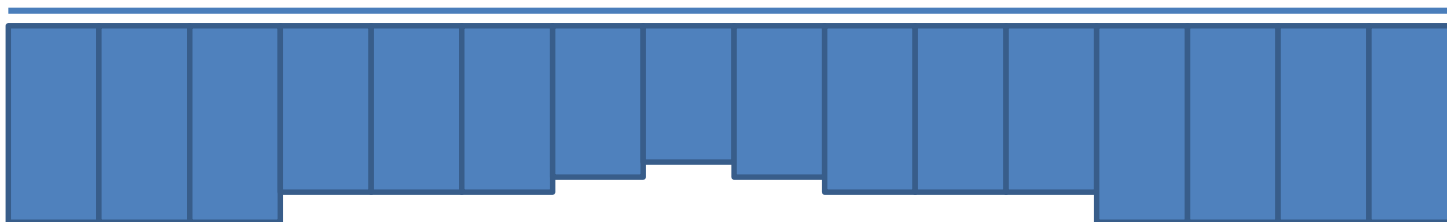
I_{gr} момент инерции полного поперечного сечения;

σ_{gr} максимальное сжимающее напряжение от изгиба, при расчете по предельным состояниям второй группы, основанное на полном поперечном сечении (в формуле со знаком «плюс»);

$I(\sigma)_{eff}$ момент инерции эффективного поперечного сечения, с учетом потери местной устойчивости, вычисленной при максимальном напряжении $\sigma \geq \sigma_{gr}$. Максимальным напряжением является наибольшее по абсолютному значению напряжение в пределах рассматриваемой расчетной длины элемента.

Особенности расчета прогибов по EN1993-1-3

Момент инерции эффективного сечения I_{eff} (или I_{fic}) может быть принят переменным вдоль пролета. Как вариант, может использоваться постоянное значение момента инерции, полученное исходя из максимального абсолютного момента в пролете от нормативной нагрузки.



Прогибы могут быть определены в предположении упругой работы стали.

В расчете прогибов, усилий и моментов должно учитываться влияние податливости соединений (например, в случае неразрезных балочных систем с соединениями внахлестку и на накладках).

Особенности расчета прогибов по EN1993-1-3

Пример 6.1: Определить прогиб балки. Этот пример является продолжением примера 5.2.

Максимальный изгибающий момент
для предельных состояний второй группы
Момент инерции эффективного сечения
относительно оси у-у

$$M_{Ed,ser}=12,5 \text{ кНм}$$

$$I_{eff,y}=8,4 \cdot 10^6 \text{ мм}^4$$

Геометрические характеристики эффективного поперечного сечения для предельных состояний второй группы.

Момент инерции сечения может быть рассчитан с использованием интерполяции полного и эффективного поперечных сечений, по формуле:

$$I_{fic} = I_{gr} - \frac{\sigma_{gr}}{\sigma} (I_{gr} - I(\sigma)_{eff}),$$

Особенности расчета прогибов по EN1993-1-3

где

I_{gr} $= 10,25 \cdot 10^6 \text{ мм}^4$ момент инерции полного поперечного сечения;
 σ_{gr} максимальное сжимающее напряжение от изгиба, при расчете по второй группе предельных состояний;

$z_{c,gr}$ $= 125 \text{ мм}$ расстояние от центральной оси до сжатой полки;

$$\sigma_{gr} = \frac{M_{Ed,ser}}{W_{gr}} = \frac{12,5 \cdot 10^6}{10,25 \cdot 10^6 / 125} = 152,4 \text{ Н/мм}^2;$$

$\sigma = f_{yb} = 350 \text{ Н/мм}^2$;

$I(\sigma)_{eff} = I_{eff,y} = 8,4 \cdot 10^6 \text{ мм}^4$.

$$I_{fic} = 10,25 \cdot 10^6 - \frac{152,4}{350} (10,25 \cdot 10^6 - 8,4 \cdot 10^6) = 9,44 \cdot 10^6.$$

Определение прогиба балки.

$$\delta = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_{Ed,ser} L^2}{E I_{fic}} = \frac{5}{48} \cdot \frac{12,5 \cdot 10^6 \cdot 4000^2}{210000 \cdot 9,44 \cdot 10^6} = 0,84 \text{ мм}.$$

СПАСИБО!

www.uscc.com.ua | +38-044-590-01-56

