



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ

КАФЕДРА БУДІВНИЦТВА



Особливості розрахунку дерев'яних конструкцій за європейськими нормами

Фесенко Олег Анатолійович,
к.т.н., старший викладач
кафедри будівництва

Єврокоди

- Комплекс стандартів із проектування конструкцій, розроблених Європейським комітетом стандартизації (CEN) з початку 1990-х років з метою охоплення питання проектування несучих конструкцій.
- Єврокоди разом із Євростандартами являють собою замкнений апарат керування надійністю та контролю довговічності будівлі, що відповідає національній системі.

Нормативні системи

Національна система

Система ДБН та СНИП, які стосуються промислових, громадських будівель, інших конструкцій, корозії, тощо

Система ДСТУ та ГОСТ у розвиток ДБН та СНИП

Європейська система

Система Єврокодів на основі проєктування, впливи та навантаження для проєктування різних конструкцій, тощо

Система Євростандартів (EN) у розвиток Єврокодів

Використання Єврокодів в Україні

- Стало правомірним з 1 липня 2013 року у відповідності з ДБН А.1.1-94:2010 «Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами. Основні положення». Гармонізовані документи видані з позначенням ДСТУ-Н Б EN 1991 - EN 1999 та ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 (EN 1990), більшість із яких складаються з низки «Частин» та Національних додатків (Зміни до ДСТУ-Н EN).

Постанова КМУ № 547 від 23.05. 2011 р.

- затверджує Порядок застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу.
- Дія цього Порядку поширюється на здійснення проектування конструкцій будівель і споруд будівництва (нового будівництва та реконструкції), які за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів з незначними (СС1), середніми (СС2) та значними (СС3) наслідками.

Особливості застосування Єврокодів

- Вибір того, за якими з нормативних документів здійснювати проєктування конструкцій, визначає Замовник разом з проєктувальником у завданні на проєктування.
- У проєктній документації на один об'єкт не можуть одночасно застосовуватися різні будівельні норми.

Стандарти Єврокодів (Eurocodes)

- Встановлюють загальні норми проектування у будівництві для їх повсякденного застосування при проектуванні споруд у цілому і окремих частин, як традиційного, так і інноваційного типу.

Європейські норми (EN)

- **EN 1995-1-1:2004 Eurocode 5:**
Design of timber structures – Part 1-1:
General – Common rules and rules for
buildings (Єврокод 5: Проектування
дерев'яних конструкцій – Частина 1-1:
Загальні правила і правила для будівель)

EN 1995-1-1

- застосовують для проектування будівель і споруд із деревини (цільної деревини, обробленої, плоскої форми або у виді стійок, дощатоклеєні вироби, на основі деревини, напр., фанеровані пиломатеріали), деревинних плит, з'єднаних між собою за допомогою клею або механічними з'єднувальними елементами.

Структура EN 1995-1-1

- Розділ 1: Загальні положення
- Розділ 2: Основи проектування
- Розділ 3: Властивості матеріалів
- Розділ 4: Довговічність
- Розділ 5: Основи розрахунку конструкцій
- Розділ 6: Граничні стани за міцністю і стійкістю
- Розділ 7: Граничні стани за придатністю до експлуатації
- Розділ 8: З'єднання на металевих елементах
- Розділ 9: Елементи і конструкції
- Розділ 10: Конструювання та контроль

Таблиця 2.1 – Класи тривалості навантаження

Клас тривалості навантаження	Порядок розподілу тривалості характеристичних навантажень	Приклади навантаження
Постійне	більше 10 років	власна вага
Довготривале	6 місяців – 10 років	навантаження при зберіганні
Середньої тривалості	1 тиждень – 6 місяців	тимчасове навантаження на перекриття, снігове
Короткочасне	менше ніж один тиждень	снігове, вітрове
Миттєве		вітрове, аварійне навантаження

Експлуатаційні класи

- Експлуатаційний клас 1 характеризується вологістю матеріалів, що відповідає температурі 20 °С і відносній вологості, що перевищує 65% тільки декілька тижнів протягом року.
- Експлуатаційний клас 2 характеризується вологістю матеріалів, що відповідає температурі 20 °С і відносній вологості, що перевищує 85% тільки декілька тижнів протягом року.
- Експлуатаційний клас 3 характеризується кліматичними умовами, що призводять до вищої вологості, аніж для експлуатаційного класу 2.

Розрахункові характеристики

$$X_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M},$$

- X_k - характеристичне значення міцності;
- γ_M - коефіцієнт надійності за матеріалом;
- k_{mod} - перехідний коефіцієнт, що враховує тривалість навантаження та вологість.

Розрахункова несуча здатність

$$R_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M},$$

- R_k - характеристичне значення несучої здатності;
- γ_M - коефіцієнт надійності за матеріалом;
- k_{mod} - перехідний коефіцієнт, що враховує тривалість навантаження та вологість.

Коефіцієнти надійності γ_M

Основні сполучення:	
Цільна деревина	1,3
Дощатоклеєна деревина	1,25
Фанеровані пиломатеріали LVL, фанера, OSB	1,2
Деревно-стружкові плити (ДСП)	1,3
Деревно-волокнисті плити, тверді	1,3
Деревно-волокнисті плити, середньої твердості	1,3
Деревно-волокнисті плити, (MDF)	1,3
Деревно-волокнисті плити, м'які	1,3
З'єднання	1,3
З'єднання перфорованими металевими пластинами	1,25
Аварійні сполучення	1,0

Коефіцієнти k_{mod}

Матеріал	Стандарт	Експлуатаційний клас	Класи за тривалістю навантаження					
			Постійна дія	Довготривала дія	Середньотривала	Короткотривала	Миттєва дія	
Цільна деревина	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	
Дошато-клеєна деревина	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	
Фанеровані матеріали LVL	EN 14374, EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	
Фанера	EN 636	Частина 1, 2, 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		Частина 2, 3	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		Частина 3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
OSB	EN 300	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		OSB/3, OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		OSB/3, OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
ДСП	EN 312	Частина 4, 5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		Частина 5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		Частина 6, 7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		Частина 7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
ДВП тверда	EN 622-2	HB.LA, HB.HLA або 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		HB.HLH або 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
ДВП Середньої твердості	EN 622-3	MBH.LA1 або 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		MBH.HLS1 або 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		MBH.HLS1 або 2	2	-	-	-	0,45	0,80
ДВП MDF	EN 622-5	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		MDF.HLS	2	-	-	-	0,45	0,80

Класи міцності та характеристики деревини

		Coniferous species and Poplar											Deciduous species						
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Strength properties in N/mm ²																			
Bending	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70
Tension parallel to grain	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42
Tension perpendicular to grain	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compression parallel to grain	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34
Compression perpendicular to grain	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Shear	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Stiffness properties in kN/mm ²																			
Mean value of modulus of elasticity parallel to grain	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20
5% value of modulus of elasticity parallel to grain	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Mean value of modulus of elasticity perpendicular to grain	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Mean value of shear modulus	G_{mean}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Density in kg/m ³																			
Density	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900
Mean value of density	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080

Цільна деревина

Для прямокутної цільної деревини з нормативною густиною $\rho_k \leq 700 \text{ кг/м}^3$, базова висота перерізу при згині або ширина (максимальний розмір перерізу) при розтязі приймається 150 мм.

Для висот перерізів з цільної деревини при згині або ширини при розтязі менше 150 мм, нормативні значення $f_{m,k} f_{t,0,k}$ можуть бути збільшені застосуванням коефіцієнту k_h , що визначається як:

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \\ 1,3 \end{array} \right.$$

Дощато-клеєна деревина

Для дощато-клеєної деревини прямокутного перерізу, за базову висоту при згині, або ширину при розтязі, приймається 600 мм. Для висоти при згині або ширини при розтязі дощато-клеєної деревини менше ніж 600 мм, нормативні значення $f_{m,k}$ і $f_{t,0,k}$ можуть збільшуватись на коефіцієнт k_h , прийнятий як:

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} ; 1,1 \right.$$

Фанеровані пиломатеріали (LVL)

Базовою при згині є висота 300 мм.
Для висотах при згині, що не дорівнюють 300 мм, характеристичне значення $f_{m,k}$ повинно збільшуватись на коефіцієнт k_h , що визначається як:

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{300}{h} \right)^s \\ 1,2 \end{array} \right.$$

При розтязі базовою є довжина 3000 мм.
Для довжин при розтязі не рівних 3000 мм, нормативне значення $f_{t,0,k}$ повинно збільшуватись на коефіцієнт k_l , що визначається як:

$$k_l = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{3000}{l} \right)^{s/2} \\ 1,1 \end{array} \right.$$

Фанеровані пиломатеріали (LVL)

Базовою при згині є висота 300 мм.
Для висотах при згині, що не дорівнюють 300 мм, характеристичне значення $f_{m,k}$ повинно збільшуватись на коефіцієнт k_h , що визначається як:

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{300}{h} \right)^s \\ 1,2 \end{array} \right.$$

При розтязі базовою є довжина 3000 мм.
Для довжин при розтязі не рівних 3000 мм, нормативне значення $f_{t,0,k}$ повинно збільшуватись на коефіцієнт k_l , що визначається як:

$$k_l = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{3000}{l} \right)^{s/2} \\ 1,1 \end{array} \right.$$

Розтяг паралельно волокнам

(1)Р Повинна задовольнятися наступна умова:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d},$$

де:

$\sigma_{t,0,d}$ - розрахункове напруження розтягу поздовж волокон,

$f_{t,0,d}$ - розрахунковий опір розтягу поздовж волокон.

Стиск паралельно волокнам

(1)Р Повинна задовольнятися наступна умова:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

де:

$\sigma_{c,0,d}$ - розрахункове напруження стиску
ПОЗДОВЖ ВОЛОКОН,

$f_{c,0,d}$ - розрахунковий опір стиску поздовж
ВОЛОКОН.

Стиск перпендикулярно волокнам

(1)Р Повинна задовольнятися наступна умова:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90,d}$$

де:

$\sigma_{c,90,d}$ - розрахункові напруження стиску у зоні контакту перпендикулярно волокну;

$f_{c,90,d}$ - розрахунковий опір стиску перпендикулярно волокну;

$k_{c,90}$ - коефіцієнт, що враховує конфігурацію навантаження, можливість розколювання і ступінь стискаючих деформацій

Згин перпендикулярно волокнам

(1)Р Повинні задовольнятись наступні умови:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

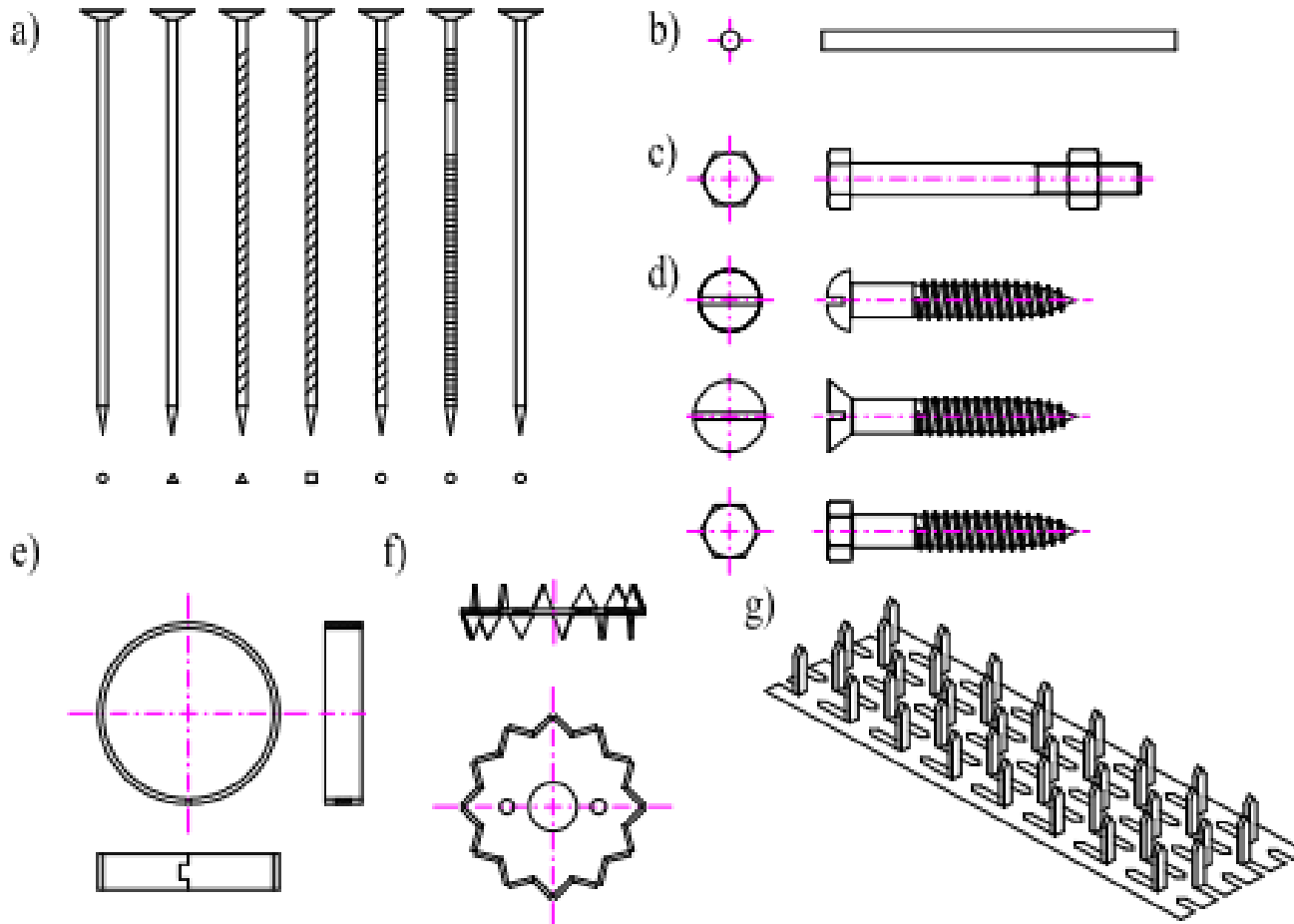
де:

$\sigma_{m,y,d}$ $\sigma_{m,z,d}$ - розрахункові напруження згину відносно головних осей, як показано на рисунку 6.1.

$f_{m,y,d}$ $f_{m,z,d}$ - відповідні розрахункові опори на згин/

ПРИМІТКА: Коефіцієнт k_m враховує перерозподіл напружень і вплив неоднорідності матеріалу у поперечному перерізі

Металеві з'єднання



- a) Цвяхи і саморізи
- b) Нагель
- c) Болт
- d) Гвинти
- e) Кільцева шпонка
- f) Зубчаста шпонка
- g) Перфорована металева з'єднувальна пластина

Перфорована металева з'єднувальна пластина



Зубчаті пластини застосовуються для механічного з'єднання збірних компонентів конструкцій з дерева, де всі частини розташовані в одній площині. Пластини виштампувані з оцинкованого сталевого листа і мають інтегровані цвяхи, якими повністю заходять у дерев'яні елементи.

Характеристики пластин

Тип пластини (маркування)	Товщина металу	Довжина «зуба» (шипа)
T150 MIT	1,5 мм	15 мм
M14	2 мм	20 мм
M16H	1,5 мм	20 мм
FSP14 (для укрупнення на будмайданчику)	2 мм	20 мм

Кроквяні ферми на металевих зубчатих пластинах

- З'єднання
виконане на
пластині нагадує
безліч цвяхів
вдавлених у
волокна деревини.



Мансардні ферми на металевих зубчатих пластинах

- Вузол дерев'яної ферми запресований з двох боків, а “зуби” пластини щільно входять в волокна деревини і з'єднання стає нерозбірним.

- Ця особливість технології дозволяє виконати зрощування деревини в разі недостатньої природної довжини дошки.



Posi-Балки

- Технологія Posi призначена для несучих конструкцій перекриття.
- Завдяки поєднанню деревини і сталевих розкосів така ферма може перекрити більший проліт аніж звичайна дерев'яна балка.



Влаштування комунікацій у Posi-балках

Ця інноваційна система для горизонтальних конструкцій дозволяє гнучке використання, наприклад провести у товщі стелі електричну мережу, мережу водопостачання та водовідведення, і т.д.

