

ПОКРИВНА ДЪСЧЕНА ОБШИВКА

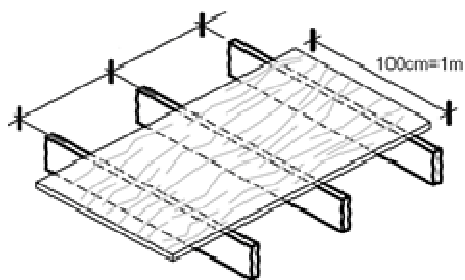
1. Обща информация, статическа схема, напречно сечение и материал.

Дъсчената обшивка се наковава напречно на столиците (или ребрата), при което статическата схема за изчисление се подбира като се вземат предвид разстоянието между столиците и възможните производствени и доставни дължини на дъските.

При подобрани разстояния между столиците в диапазона 80 – 120см и налични дъски с дължина 3 – 4м, ясно се вижда, че една дъска може да се разположи на не повече от 3 до 4 подпорни разстояния със статическа схема непрекъснатата греда на съответно 3 или 4 полета.

В проекта сме избрали **статическа схема непрекъснатата греда на 2 полета** поради две основни причини: (1) приемането е консервативно и води до по-високи изчислителни стойности на разрезните усилия и провисванията, сравнено с очакваните действителни; (2) приемането е напълно възможно и реално за изпълнение, т.е. не е изключено дъските да бъдат доставяни на дължини от 2 – 3м за изпълнение на обшивката;

Статическа схема проста греда изключваме от възможностите основно защото изпълнението на дъсчена обшивка с дъсчици с дължина едно подпорно разстояние е много нетехнологично и трудоемко и е почти невероятно да бъде изпълнена по този начин.



Напречното сечение, което вземаме за изчисление на статически идеализираната във вид на греда дъсчена обшивка е правоъгълно с височина – проектната дебелина на дъските (а за начало тя се приема, например 19мм) и ширина – по наше усмотрение. Приетата ширина принципно може да бъде всяка една, стига натоварването да бъде мащабирано и отчетено за тази приета ширина. В проекта, за ширина на напречното сечение обикновено се приема 1,0м с цел изчислително опростяване - по този начин,

например, площните товари [kN/m^2] се превръщат в линейни по дължина на идеализираната греда [kN/m] със същата интензивност като стойност, защото се умножават по ширината на напречното сечение, равна на 1,0м.

Материалът, от който се изпълняват дъските за дъсчена обшивка обикновено е най-нисък стандартен клас иглолистна дървесина – С14 или С16 по БДС EN 338;

Дъските се произвеждат с дебелини по стандарт – виж Ръководството.

При изчисляване в курсовите проекти, моля, приемете статическа схема, напречно сечение и материал по Ваше усмотрение, но така че да можете да обосновете решението си!

2. Натоварване

Натоварването върху дъсчената обшивка по покрива включва постоянни и временни товари

2.1 Постоянни товари

- собствено тегло покривно покритие (топло и хидроизолация):

$$g_{k,1} = g_k \times b_1 \times \cos \alpha \quad [kN / m]$$

$$g_{d,1} = g_{k,1} \times \gamma_G \quad [kN / m]$$

В случая умножението по (cos α) стои заради ъгъла на натоварването спрямо дъсчената обшивка. Тя следва наклона на покрива, а натоварването е гравитачно и посоката му е строго вертикално надолу. Полученият вектор на натоварване с помощта на (cos α) представлява компонентата на натоварването насочена перпендикулярно към равнината на покрива. Другата компонента, която е успоредна на ската на покрива, следва да бъде получена с умножение по (sin α), но в нашия случай се пренебрегва, тъй като е с много малка стойност.

g_k – тегло на покривното покритие (по задание)

b_1 – приета ширина на напречното сечение на статически идеализираната греда.

$\gamma_G = 1,35$ (коефициент за натоварване, за постоянни товари, за крайни гранични състояния)

α – ъгъл на наклона на покрива

- собствено тегло дъсчена обшивка:

$$g_{k,2} = t_d \times b_1 \times \rho_k \times \cos \alpha \text{ [kN / m]}$$

$$g_{d,2} = g_{k,2} \times \gamma_G \text{ [kN / m]}$$

Тук също умножението по (cosa) стои заради ъгъла на натоварването спрямо дъсчената обшивка.

t_d – дебелина на дъските от дъсчената обшивка (приема се, например 19мм = 0,019м)

b_1 – приета ширина на напречното сечение на статически идеализираната греда.

ρ_k – обемно тегло (плътност) на дървесината; взема се стойността (например от Ръководството) за приетия клас дървесина [kN/m³]

$\gamma_G = 1,35$ (коефициент за натоварване, за постоянни товари, за крайни гранични състояния)

α – ъгъл на наклона на покрива

Общо постоянни товари:

Характеристични стойности: $g_{k,0} = g_{k,1} + g_{k,2} \text{ [kN / m]}$

Изчислителни стойности: $g_{d,0} = g_{d,1} + g_{d,2} \text{ [kN / m]}$

2.2 Временни товари

- натоварване от сняг – дадено е в нормите по следната формула, като изчисленото по този начин натоварване е площно натоварване за хоризонтална повърхност.

$$S = \mu \times C_e \times C_t \times s_k \text{ [kN / m}^2\text{]}$$

μ – коефициент, отчитащ формата на покрива ($\mu=0,8$ за едноскатни и двускатни покриви с малки наклони)

C_e – коефициент на изложение. ($C_e = 1,0$)

C_t – температурен коефициент. ($C_t = 1,0$)

s_k – базова стойност на натоварването от сняг (по задание) [kN/m²]

Коефициентът на изложение и температурният коефициент имат нормална стойност, равна на 1,0 като могат по принцип да се задават от проектанта с различни стойности, но само ако има налице надеждно основание, че натоварването от сняг през целия експлоатационен срок на сградата ще бъде намалено или респ. увеличено вследствие на специфични условия и фактори.

$$S_{k,1} = S \times b_1 \times (\cos \alpha)^2 \text{ [kN / m]}$$

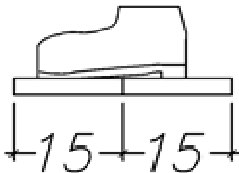
$$S_{d,1} = S_{k,1} \times \gamma_Q \text{ [kN / m]}$$

Тук едното умножение по (cosa) стои заради ъгъла на натоварването спрямо дъсчената обшивка, а второто умножение по (cosa) стои заради факта, че снегът, определен по нормативната процедура е за хоризонтална повърхност (хоризонталната проекция на покрива), а се натрупва и разпределя всъщност по наклонената повърхност на покрива.

$\gamma_Q = 1,50$ (коефициент за натоварване, за временни товари, за крайни гранични състояния)

- натоварване от вятър – натоварването от вятър е възможно да бъде по-голямо от натоварването от сняг и може да бъде определящо за дебелината на дъсчената обшивка и особено за съединителните средства. В курсовия проект, с цел опростяване, натоварване от вятър по покрива, респ. дъсчената обшивка не се изчислява.

- натоварване от монтажник – товарът е приет със стойност 1,0kN концентрирана сила, обаче, разпределена на ширината на две дъски (прието 30см), както е показано долу на картинката.



За да бъде ефектът от монтажен товар съизмерим за различни от 30см приети ширини на изчислителното напречно сечение, то той трябва да бъде подходящо мащабиран. Така например, ако сме приели ширина на напречното сечение на статически идеализираната като греда дъсчена обшивка, равна на 30см – то силата, приложена за статическо изчисление ще бъде 1,0kN, но ако сме приели друга ширина, например 60см, то ще вземем сила 2,0kN, за да бъде ефектът (напрежения, деформации) от натоварването съизмерим, така сякаш сме оразмерявали само натоварените две дъски. Накрая, ако сме взели ширина на изчислителното напречно сечение, равна на 1,0м, то силата трябва да бъде $1,0/0,3 = 3,33$ пъти по голяма.

Приведено към ивица с ширина b_1 [m], натоварването от монтажник придобива стойността:

$$F_k = 1,0kN \times \frac{b_1}{0,30}$$

$$F_d = F_k \times \gamma_Q$$

2.3 Комбинации на товарите.

В тези товарни комбинации влизат постоянни G_k и временни товари Q_k . Комбинирането на въздействията в основна комбинация обобщено може да се опише чрез израза:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$$

Всички постоянни товари, разбира се, действат постоянно през целия експлоатационен срок и затова те винаги участват в товарните комбинации. Временните товари могат да се комбинират с постоянните и едни с други само в съчетания, които са физически възможни и принципно допустими. Така например, напълно невъзможно, а и физически нелогично е да комбинираме например сняг и обледяване като един временен товар с разширение от екстремално високи температури като друг временен товар за една външна открита конструкция в една и съща товарна комбинация.

Възможните и логически допустими комбинации се разиграват във всичките им варианти. Така например снегът и вятърът могат да действат върху конструкцията заедно. Следователно, комбинация от постоянни товари, сняг и вятър трябва да се разгледа като натоварване. Самата комбинация от тези товари има две разновидности, поради следната причина. Натоварването от сняг и натоварването от вятър поотделно са определени с период на повторяемост 50 години – с по-прости думи казано най-големите им стойности за период от 50 години. Те обаче с тези свои екстремни стойности няма да съвпадат като въздействие в един и същи момент. Затова едната разновидност на комбинацията е (постоянни товари + сняг + редуциран вятър), а другата разновидност е (постоянни товари + вятър + редуциран сняг). Това е и същността на горепоказаната обща формулировка на товарните комбинации, в която коефициентите ψ се наричат коефициенти за съчетание на товарите и се използват за редуциране на второстепенните в съответната комбинация временни товари.

Общо за курсовия проект, с приемането, че монтажен товар и сняг не се комбинират, съставяме две товарни комбинации:

(1) Постоянни товари [G] + Сняг [S] (среднопродължителна изчислителна ситуация)

Общ разпределен товар с характеристични стойности за ЕГС: $q_{k,1} = g_{k,1} + g_{k,2} + S_{k,1} [kN / m]$

Общ разпределен товар с изчислителни стойности за КГС: $q_{d,1} = g_{d,1} + g_{d,2} + S_{d,1} [kN / m]$

(2) Постоянни товари [G] + Монтажен товар [F] (мигновена изчислителна ситуация)

Общ разпределен товар с характеристични стойности за ЕГС: $q_{k,2} = g_{k,1} + g_{k,2} [kN / m]$

Обща концентрирана сила с характеристична стойност за ЕГС: $F_k [kN]$

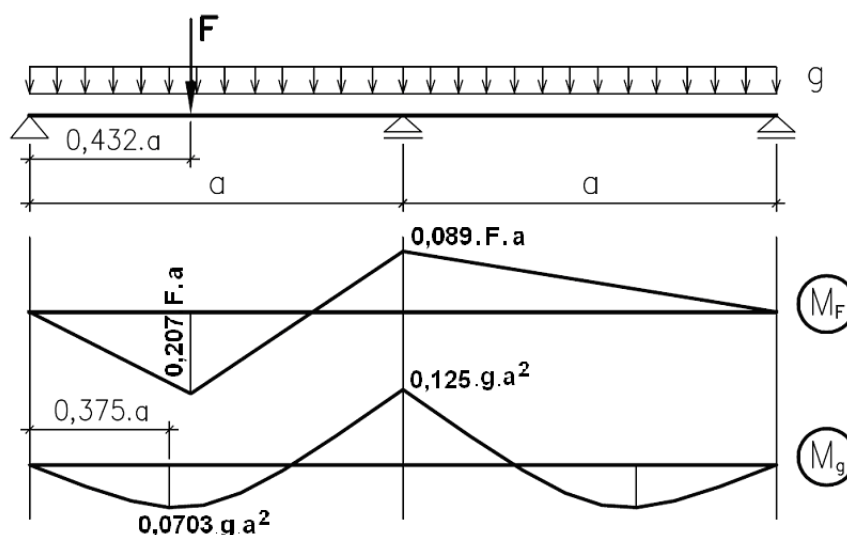
Общ разпределен товар с изчислителни стойности за КГС: $q_{d,2} = g_{d,1} + g_{d,2} [kN / m]$

Обща концентрирана сила с изчислителна стойност за КГС: $F_d [kN]$

При натоварването стойностите са изчислени като характеристични (нормални, стандартни) и изчислителни (завишени с коефициент за натоварване γ) и впоследствие се използват за проверките съответно по ЕГС (Експлоатационни Гранични Състояния) и КГС (Крайни Гранични Състояния). Методът за проектиране по гранични състояния дефинира състоянията на конструкцията (или елемента, или част от конструкцията и т.н.), които са ГРАНИЧНИ, тоест, до които не бива да достигаме, и ги разделя в две основни групи - КГС и ЕГС. Най-общо КГС са всички състояния, които водят до разрушение и загуби, а ЕГС обединяват състоянията, които пречат на функцията и/или експлоатацията на конструкцията и нарушават комфорта на ползвателя. Тъй като едните са, така да се каже, „опасни“ гранични състояния, техните проверки се изчисляват със завишени стойности на натоварването (изчислителни стойности за КГС), а другите са „неопасни“, те се изчисляват с нормални, стандартни, незавишени стойности (характеристични стойности за ЕГС). Това накратко и с най-прости думи описва философията на Метода за проектиране по гранични състояния.

3. Разрезни усилия

Определяме разрезните усилия в дъсчената обшивка. На показаната долу Фиг.3.1 са показани диаграмите на огъващ момент от концентрирана сила (M_F), в която в аналитичен вид са дадени стойностите на огъващ момент в полето и опората при произволна сила $F [kN]$, разположена в най-неблагоприятна позиция (на разстояние $0,432 \cdot a$ от опората, където a е разстоянието между столиците). На диаграмата (M_g) е показан видът и стойностите на огъващ момент от произволен разпределен товар $g [kN/m]$.



Фиг. 3.1. Статическа схема и натоварване по дъсчената обшивка

Въпреки, че максималните стойности на огъващите моменти в полето от разпределен товар (M_g) и от монтажнен товар (M_F) се получават в различни сечения, допустимо е за опростяване на изчисленията да се сумират с техните абсолютни стойности (в полза на сигурността е).

4. Проверки по КГС

Крайно гранично състояние за дъсчената обшивка е достигане на напреженията от огъване до граничните за материала. Загуба на обща устойчивост (характерна за гредите) не може да се реализира поради формата на напречното сечение.

Напреженията от огъване в еластичен стадий за елемент с правоъгълно сечение се намират по формулата:

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

- Проверяваме напреженията в застрашените сечения – това са сеченията на гредата с максимален сумарен огъващ момент при отделните товарни комбинации.
- Огъващите моменти са с изчислителна стойност – т.е. от изчислителни товари.
- Съпротивителният момент на правоъгълно напречното сечение знаете от „Съпротивление на материалите“. Размерите на условното напречно сечение на идеализираната като греда дъсчена обшивка сме дефинирали в т.1.
- Напреженията се получават в мерни единици „сила върху единица площ“ - [N/mm²], [kN/m²], [kN/cm²]. Моля, съблюдавайте изравняването на мерните единици!

В процедурите на нормите, напреженията са означени с допълнителни индекси - $\sigma_{m,y,d}$

Индексите имат следното значение:

m – напрежения от огъване;

y – оста, спрямо която се извършва огъването (y -у обикновено е хоризонталната ос на сечението)

d – изчислителна стойност; може да бъде и k – характеристична стойност;

Проверката на напреженията се изписва така:

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,y,d}$$

което смислово означава, че напреженията в гредата не бива да надвишават граничните допустими за материала.

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \times \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \times k_h$$

където k_{mod} е коефициент, отчитащ влиянието на продължителността на натоварване и на съдържанието на вода в дървесината;

= 0,80 за масивен дървен материал, средно продължително въздействие и 1 или 2 категория по експлоатация;

= 1,10 за масивен дървен материал, мигновено въздействие и 1 или 2 категория по експлоатация.

$f_{m,k}$ – клас по якост на огъване на дървесината, съгласно БДС EN 338 (виж Ръководството);

k_h – коефициент, зависещ от височината на напречното сечение, подложено на огъване;

γ_M – частен коефициент за сигурност по материал (за масивен дървен материал $\gamma_M = 1,30$);

При дъсчената обшивка от масивен дървен материал с дебелина по-малка от 150 mm, k_h се определя чрез израза:

$$k_h = \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \leq 1,30$$

в която h е височината на напречното сечение, подложено на огъване, в [mm]

Проверката се извършва за всяко застрашено сечение като трябва да се има предвид, че граничните напрежения на огъване $f_{m,y,d}$ зависят от продължителността на натоварване (виж т.2.3 Комбинации на товарите), респ. от товарната комбинация.

5. Проверки по ЕГС

От Експлоатационните Гранични Състояния за дъсчената обшивка контролираме единствено провисването при натоварване. Трябва да се знае, че поради спецификата на дървесината като материал, провисването при продължително и постоянно действащи товари се увеличава с течение на времето (вследствие пълзенето) и трябва да се изчислява и контролира както мигновеното провисване (индекс **inst**), така и дълготрайното (крайното) провисване (индекс **fin**).

В разглеждания случай проверяваме само провисването от постоянен товар и сняг. Мигновеното провисване в непрекъснатата греда на две полета от постоянни товари и отделно от сняг се намират по изразите:

$$w_{inst,G} = \frac{2,13}{384} \times \frac{g_{0,k} \times a^4}{E_{0,mean} \times I_y}$$

$$w_{inst,S} = \frac{2,13}{384} \times \frac{S_{1,k} \times a^4}{E_{0,mean} \times I_y}$$

a – разстояние между опорите (столиците);

$E_{0,mean}$ – средна стойност на модула на еластичността успоредно на влакната (виж Ръководството);

I_y – инерционен момент на изчислителното напречно сечение, спрямо ос y - y (хоризонталната ос);

Провисванията имат мерна единица за разстояние – [mm], [cm], [m].
Моля, съблюдавайте изравняването на мерните единици!

Съгласно БДС EN 1995-1-1/NA:2012, максималното мигновеното провисване w_{inst} на покривната обшивка е ограничено до:

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,S} \leq a/300,$$

Крайното провисване, което се получава само от дълготрайни и постоянни товари, изчислително се получава от мигновеното, мащабирано с помощта на деформационен коефициент (k_{def}):

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def})$$

k_{def} – деформационен коефициент, който отчита категорията на експлоатация и вида на дървесината (виж Ръководството);

Някои от временните товари също предизвикват пълзене в дървесината, ако са дълготрайни, и това води до увеличение на мигновеното провисване. В такъв случай, крайното провисване от временни товари се намира по израза:

$$w_{fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$$

ψ_2 – коефициент за квазипостоянна стойност на променливите въздействия;

= 0 за натоварване от сняг при терени с височини над морското равнище до 1000 m;

= 0,2 за натоварване от сняг при терени с височини над морското равнище по-големи от 1000 m;

= 0 за натоварване от вятър.

Стойностите на коефициента ψ_2 са дадени в Таблица NA.A1.1 в стандарт БДС EN 1990:2003/NA:2012.

Сумарното крайно провисване на дъсчената обшивка се ограничава до стойността:

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin,G}} + w_{\text{fin,S}} \leq a/250,$$

Накрая трябва да сте подбрали такава дебелина на дъсчената обшивка, която да удовлетворява всички проверки и при това да не бъде силно преоразмерена. Използваемост на напречното сечение в порядъка 70-90% е подходящо. Приятна работа!

Използвана литература.

[1] Бояджиева Д. Дървени конструкции. Ръководство за курсово и дипломно проектиране в съответствие с БДС EN 1995-1-1 (*второ допълнено и преработено издание*), София, 2016, ISBN 978-954-724-096-4

Благодарност на доц. Любомир Здравков за създадения template и взаимствани от него някои фигури и текстове!