

Назва об'єкту	Влаштування сонячних панелей ФЕМ на даху будівлі
Адрес об'єкту	м. Ужгород
Розрахунок статичний на міцність алюмінієвої баластної конструкції ФЕМ "Південь"	
Назва системи	Баластна алюмінієва система "Південь" для закріплення панелей ФЕМ

1. Вихідні дані

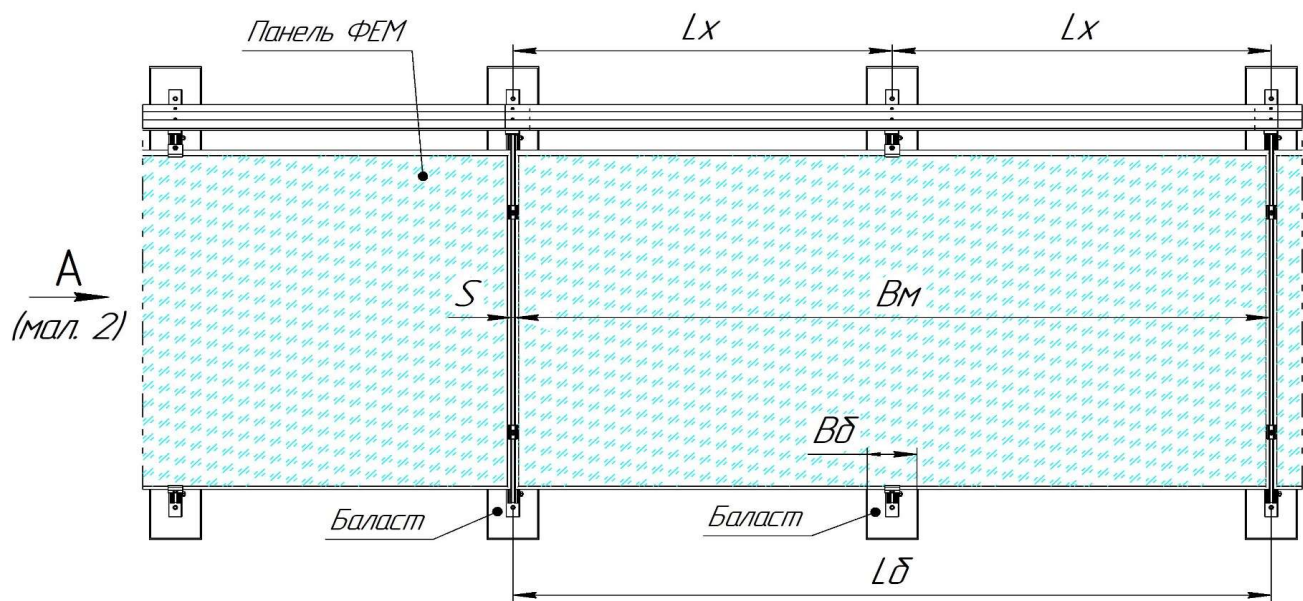


Рис. 1 Розташування системи з панелями ФЕМ в плані.

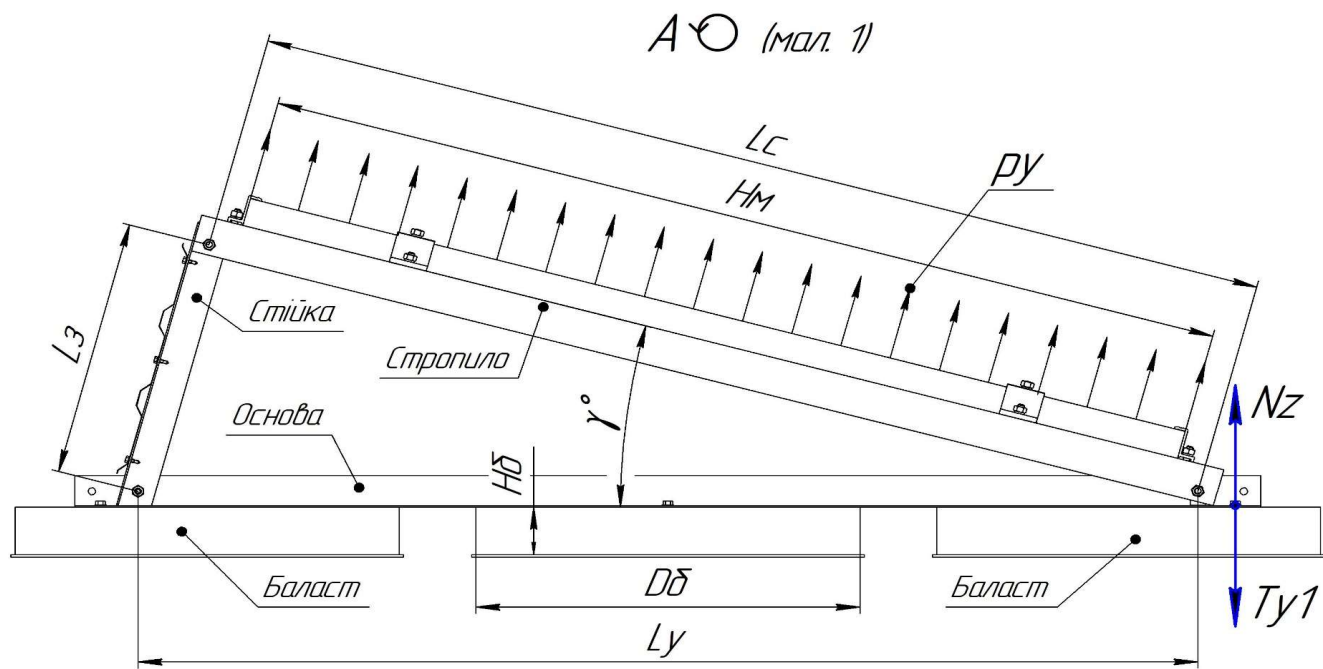


Рис. 2 Розрахункова схема дії навантажень на систему

Назва об'єкту	Влаштування сонячних панелей ФЕМ на даху будівлі		
Адрес об'єкту	м. Ужгород		
<p>Баластна система "Південь" призначена для закріплення фотоелектричних модулів (<b>ФЕМ</b>) на плоскій поверхні за допомогою несучої алюмінієвої підконструкції (див. рис. 1, 2). Підконструкція складається з деталей і виробів, які можна розділити на: 1) базові деталі: основа; стропила; стойки; 2) кріпильні елементи – затискувачі (Г і Т) панелей для закріплення до стропила; 3) загальні деталі: баласты; зв'язки; прокладки; 5) деталі покупні з нержавіючої сталі для закріплення – болти, гайки, шайби, гвинти. На конструкцію баластної системи діють навантаження від: вітру, снігу, ваги конструкції, панелей, баластів.</p> <p>Висота монтажу системи <math>H_{фс} = 30</math> м. В системі використовується фотоелектричний модуль <b>2278x1134x35</b> Скляна панель ФЕМ вмонтована в рамку із алюмінієвого сплаву з моментом інерції в перерізі <math>J_{x1} = 32500</math> мм<sup>4</sup> та з моментом опору: <math>W_{x1} = 2440</math> мм<sup>3</sup> відповідні сумарні (подвійні) моменти в перерізі для правого та лівого профілів рами ФЕМ: інерції <math>J_x = 2 \cdot J_{x1} = 65000</math> мм<sup>4</sup> та опору: <math>W_x = 2 \cdot W_{x1} = 4880</math> мм<sup>3</sup></p> <p>Ширина фотоелектричного модуля <math>B_m = 2278</math> мм. Висота фотоелектричного модуля <math>H_m = 1134</math> мм. Розмір довгої сторони скла ФЕМ: <math>L_{дс} = 2274</math> мм. Розмір короткої сторони скла ФЕМ: <math>L_{кс} = 1130</math> мм. Площа одного фотоелектричного модуля <math>A_{фм} = 2583252</math> мм<sup>2</sup> Густина скла ФЕМ <math>\rho_s = 25000</math> Н/м<sup>3</sup> Товщина скла панелі ФЕМ верхнього <math>S_v = 3,2</math> мм; нижнього <math>S_n = 0,0</math> мм;</p> <p>Приведена товщина скляної панелі по міцності: <math>\delta_{см} = (S_v^2 + S_n^2)^{0,5} = 3,2</math> мм. Приведена товщина скляної панелі по жорсткості: <math>\delta_{сж} = (S_v^3 + S_n^3)^{0,333} = 3,2</math> мм. Геометричні характеристики скляної панелі ФЕМ в перерізах: поздовжньому - момент інерції <math>J_{x3} = 6220</math> мм<sup>4</sup> та момент опору: <math>W_{x3} = 3888</math> мм<sup>3</sup> та поперечному - момент інерції <math>J_{y3} = 3097</math> мм<sup>4</sup> та момент опору: <math>W_{y3} = 1935</math> мм<sup>3</sup> Вага панелі ФЕМ - <math>Q_m = 28</math> кг = 275 Н. Питома вага панелі ФЕМ - <math>G_m = 0,000106</math> Мпа Кут нахилу панелі ФЕМ до горизонту <math>Y = 15</math> град; Значення косинуса кута: <math>\cos Y = 0,97</math> Монтажний зазор між панелями ФЕМ для установки Т-затискувачів: <math>S = 13</math> мм. Кількість затискувачів, розташованих на одному стропилі - <math>K_{пм} = 2</math> шт. Профіль стропил- <b>Uno KS-M8</b> з питомою вагою <math>q_{st} = 0,68</math> кг/м.пог = 6,7 н/м.пог. Стропила мають в перерізі момент інерції <math>J_{x2} = 69000</math> мм<sup>4</sup> та момент опору <math>W_{x2} = 2860</math> мм<sup>3</sup> Крок стропил по горизонталі <math>L_x = (B_m + S)/2 = 1146</math> мм. <math>L_6 = 2 \cdot L_x = 2291</math> мм. Відстань між шарнірами стропил <math>L_c = 1200</math> мм. стойки <math>L_3 = 320</math> мм. стяжки <math>L_y = 1242</math> мм. Профіль стійки і основи-куток <b>L40.40.2A</b> з питомою вагою <math>q_{st} = 0,43</math> кг/м.пог = 4,2 н/м.пог. Вага компонентів фасадної системи: затискувача з кріпленням <math>Q_p = 0,1</math> кг = 0,98 Н Основи з кріпленням <math>Q_o = 0,6</math> кг = 6,03 Н.; стойки з кріпленням <math>Q_3 = 0,15</math> кг = 1,55 Н стропил <math>Q_{st} = 0,84</math> кг = 8,29 Н; профнастилу (в межах кроку <math>L_x</math>) <math>Q_n = 1,6</math> кг = 16 Н</p>			
<b>2. Параметри міцності та прогину</b>			
Модуль пружності: сталі $E_1 = 200000$ МПа алюмінія і скла $E_2 = 70000$ МПа			
Розрахунковий опір на розтягання, стиск і вигин конструкцій, виготовлених із сталі:			
$R_{y1} = 230$ МПа (згідно табл. Г.2 ДБН В.2.6-198:2022)			
Допустимий опір на розтягання і вигин сталевих деталей: $R_{d1} = R_{y1} \cdot \gamma_{c1} = 230 \times 0,90 = 207$ МПа де коефіцієнт умов роботи для сталевих конструкцій $\gamma_{c1} = 0,90$ згідно таблиці 5.1 ДБН В.2.6-198:2022			
Розрахунковий опір на зминання отворів під болти в сталевих конструкціях:			
$R_{y2} = 475$ МПа (згідно табл. Д.5 ДБН В.2.6-198:2022)			
Допустимий опір на зминання отворів під болти: $R_{z1} = R_{y2} \cdot \gamma_{c1} = 475 \times 0,90 = 428$ МПа			
Розрахунковий опір на розтягання, стиск і вигин профілів, виготовлених з алюмінієвого сплаву марки АД31Т1: $R_{y2} = 120$ Мпа (див. табл. 6.3 ДБН В.2.6-165:2011)			
Коефіцієнт умов роботи $\gamma_{c2} = 0,75$ (див. п. 5.2.2.3 ДСТУ Б В.2.6-35)			
Допустимий опір на вигин алюмінієвих профілів: $R_{d2} = R_{y2} \cdot \gamma_{c2} = 120 \times 0,75 = 90$ Мпа			
Розрахунковий опір на зминання отворів під болти в профілях, виготовлених із алюмінієвого сплаву: $R_{uz} = 285$ Мпа (згідно табл. 6.13 ДБН В.2.6-165:2011)			
Допустимий опір на зминання отворів під болти: $R_{d3} = R_{y3} \cdot \gamma_{c3} = 285 \times 0,90 = 257$ Мпа де коефіцієнт умов роботи $\gamma_{c3} = 0,90$ (згідно табл. 4.1 ДБН В.2.6-165:2011)			
Допустимий опір на вигинання загартованих скляних ФЕМ: $R_{d3} = 50$ МПа згідно DIN 1249			
Розрахунковий допустимий опір гвинтів та болтів класу 5.6, виготовлених із сталі (див. табл. Д.4, ДБН В.2.6-198:2022): на розтягання - $R_{bt} = 225$ Мпа на зрізання - $R_{bs} = 210$ Мпа			
Допустимий коефіцієнт прогину профілів $K_{пд} = 150$ згідно табл.1 ДСТУ Б В.1.2-3			
Допустимий прогин стропил $f_{sd} = L_c / K_{пд} = 1200 / 150 = 8,0$ мм., табл.1 ДСТУ Б В.1.2-3			
Коефіцієнт надійності за відповідальністю $\gamma_{п} = 0,95$ згідно таблиці 5 ДБН В.1.2-14:2018 для об'єктів з класом наслідків <b>СС1</b> та з категорією відповідальності конструкції - <b>В</b>			

	Аркуш
	2

Назва об'єкту	Влаштування сонячних панелей ФЕМ на даху будівлі		
Адрес об'єкту	м. Ужгород		
<div>3. Визначення вітрових навантажень на ФЕМ</div> <p>Граничне розрахункове значення вітрового навантаження за ДБН В.1.2-2:2006: <math>W_m = \gamma_{fm} \cdot W_o \cdot C</math> де <math>\gamma_{fm}</math>— коефіцієнт надійності ; <math>W_o</math> — характеристичне значення вітрового тиску. Коефіцієнт <math>C</math> визначається по формулі (ДБН В.1.2-2:2006): <math>C = C_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} \cdot C_d</math> де <math>C_{aer}</math>— аеродинамічний коефіцієнт; <math>C_h</math>— коефіцієнт висоти споруди; <math>C_{alt}</math>— коефіцієнт географічної висоти; <math>C_{rel}</math>— коефіцієнт рельєфу; <math>C_{dir}</math>— коефіцієнт напрямку; <math>C_d</math>— коефіцієнт динамічності. Об'єкт знаходиться в <b>1</b> вітровому районі з <math>W_o = 370</math> Па (див. ДБН В.1.2-2:2006, додаток Е) Коефіцієнти визначаємо згідно ДБН В.1.2-2:2006: <math>\gamma_{fm} = 0,90</math> (см. табл.9.1 для середнього періоду повторюваності <math>T=30</math> років) <math>C_{aer} = C_e = 0,70</math> при відривному вітрі, перпендикулярному до торця будівлі (див. додаток І, схема 2, примітка) <math>C_{e1} = 0,20</math> для двохсхилого покриття при вітрі, який притискує панелі ФЕМ (див. додаток І, схема 2) <math>C_h = 2,10</math> для об'єкта висотою до 30 м на місцевості <b>III</b> типу (див. рис. 9,2) <math>C_{alt} = 1,00</math> (див. п. 9.10) <math>C_{rel} = 1,0</math> (див. п. 9.11) <math>C_{dir} = 1,0</math> (див. п. 9.12) <math>C_d = 0,95</math> (див. п. 9.13) Маємо при відриванні панелей ФЕМ від покрівлі: <math>C = 0,7 \times 2,10 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,00 \times 0,95 = 1,4</math> <math>W_m = 0,90 \times 370 \times 1,4 = 465</math> Па = 0,000465 МПа Маємо у випадку притиску панелей ФЕМ до покрівлі: <math>C_2 = 0,2 \times 2,10 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,00 \times 0,95 = 0,4</math> <math>W_{m2} = 0,90 \times 370 \times 0,4 = 133</math> Па = 0,000133 МПа</p> <div>4. Визначення снігових навантажень на панелі</div> <p>Граничне розрахункове значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття (конструкції) обчислюється за формулою (8.1) згідно ДБН В.1.2.-2:2006: <math>S_m = \gamma_m \cdot S_o \cdot \mu \cdot C_e \cdot C_{alt} / 1000000 =</math> <math>S_m = 0,90 \times 1340 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 / 1000000 = 0,001206</math> Мпа де <math>\gamma_m = 0,90</math> -коефіцієнт надійності за граничним значенням снігового навантаженням при експлуатації 30 років згідно п. 8.11 ДБН В.1.2.-2:2006 <math>S_o = 1340</math> Па – характеристичне значення снігового навантаження за додатком Е ДБН В.1.2.-2:2006. <math>\mu = 1,0</math> -коефіцієнт переходу від ваги снігового покриву на поверхні ґрунту до снігового навантаження на покрівлю за додатком Ж ДБН В.1.2.-2:2006 <math>C_e = 1,0</math> -коефіцієнт, що враховує режим експлуатації покрівлі за п. 8.9 ДБН В.1.2.-2:2006 <math>C_{alt} = 1,0</math> -коефіцієнт географічної висоти за п. 8.10 ДБН В.1.2.-2:2006 Снігове навантаження на похиле покриття: <math>S_{m\gamma} = S_m \cdot \cos Y = 0,001165</math> Мпа</p> <div>5. Перевірочний розрахунок на міцність і прогин стропил і рами ФЕМ</div> <p>Стропила в парі із профілями рами ФЕМ сприймають навантаження від панелей ФЕМ, вітру, ожеледиці, снігу, затискувачів. Вага підконструкції, яка діє на стропило <math>Q_{пк} = Q_{п} \cdot K_{пм} + Q_{ст}</math> <math>Q_{пк} = 0,98 \times 2 + 8,29 = 10,2</math> Н Площа панелей ФЕМ від яких стропило і рама ФЕМ сприймають навантаження: <math>A_m = L_x \cdot H_m = 1146 \times 1134 = 1298997</math> мм<sup>2</sup> Розподілене навантаження на пару стропило-рама: <math>p_y = (A_m \cdot (W_{m2} + (G_m + S_{m\gamma}) \cdot \cos Y) + Q_{пк} \cdot \cos Y) / L_c</math> <math>p_y = (1298997 \times (0,000133 + (0,000106 + 0,001165) \times 0,97) + 10,2 \times 0,97) / 1200 = 1,48</math> н/мм Згинальний момент в парі стропило-рама від навантаження: <math>M_x = p_y \cdot L_c \cdot L_c / 8 = 1,48 \times 1200 \times 1200 / 8 = 266629</math> н*мм Сумарний момент опору панелі ФЕМ, приведений до алюмінію: <math>W_{xc} = (W_x \cdot R_{d2} + W_{x3} \cdot R_{d3}) / R_{d2} =</math> <math>= (4880 \times 90 + 3888 \times 50) / 90 = 7040</math> мм<sup>3</sup> Розрахунковий опір, що виникає в парі стропило-рама ФЕМ при навантаженні: <math>R = \gamma_p \cdot M_x / (W_{xc} + W_{x2})</math> <math>R = 1,0 \times 266629 / (7040 + 2860) = 26</math> Мпа менше опору, що допускається <math>R_{d2} = 90</math> МПа на 252% з коефіцієнтом запасу міцності <math>K_{зм} = 3,52</math> Сумарний момент інерції панелі ФЕМ: <math>J_{xc} = J_x + J_{x3} = 65000 + 6220 = 71220</math> мм<sup>3</sup> Найбільший прогин в парі стропило-рама ФЕМ від навантаження: <math>f_{max} = \gamma_p \cdot p_y \cdot L_c^4 / (76,8 \cdot E^2 \cdot (J_{xc} + J_{x2}))</math> <math>f_{max} = 1,0 \times 1,48 \times 1200^4 / (76,8 \times 70000 \times (71220 + 69000))</math> <math>f_{max} = 3,9</math> мм. менше допустимого прогину <math>f_{sd} = 8,0</math> мм на 107%</p> <p><b>Висновок:</b> профіль <b>Uno KS-M8</b> несучої балки підібраний <b>вірно</b></p>			
			Аркуш
			3

Назва об'єкту	Влаштування сонячних панелей ФЕМ на даху будівлі		
Адрес об'єкту	м. Ужгород		
<div>6. Перевірка потрібної ваги баласту для панелей ФЕМ</div> <div>Вітрове навантаження відриває базову трикутну конструкцію від монтажної поверхні. Утримує конструкцію вага системи та комплект баластів, установлених під кронштейни трикутних конструкцій.</div> <div>Кількість панелей ФЕМ, які утримує комплект баластів від вітрового навантаження <math>K_m=</math> 6 шт.</div> <div>Кількість базових трикутних конструкцій, установлених під панелями ФЕМ <math>K_{тк}=</math> 13 шт.</div> <div>Кількість баластів-підшв, закріплених до однієї трикутної конструкції <math>K_{бп}=</math> 3 шт.</div> <div>Кількість баластів-підшв в одному комплекті, установленому під панелями ФЕМ <math>K_{кб}=</math> 39 шт.</div> <div>Вітрове вертикальне навантаження на поверхню однієї панелі ФЕМ: <math>Q_{w1}=W_m \cdot L_6 \cdot H_m \cdot \cos Y</math></div> <div><math>Q_{w1}= 0,000465 \quad \times \quad 2291 \quad \times \quad 1134 \quad \times \quad 0,97 \quad = \quad 1167 \text{ Н} = \quad 119 \text{ кг}</math></div> <div>Вітрове вертикальне відривне навантаження на панелі ФЕМ, які утримуються комплектом баластів:</div> <div><math>Q_w=\gamma_p \cdot Q_{w1} \cdot K_m= 1,0 \quad \times \quad 1167 \quad \times \quad 6 \quad = \quad 6652 \text{ Н} = \quad 678 \text{ кг}</math></div> <div>Сумарна вага комплекту панелей ФЕМ, які протидіють відривному вітровому навантаженню:</div> <div><math>Q_{км}=K_m \cdot Q_m= 6 \quad \times \quad 275 \quad = \quad 1648 \text{ Н} = \quad 168,0 \text{ кг}</math></div> <div>Вага одієї базової трикутної конструкції для закріплення панелей <math>Q_t=Q_p \cdot K_{пм}+Q_o+Q_z+Q_{st}+Q_n</math></div> <div><math>Q_t= 0,98 \quad \times \quad 2 \quad + \quad 6,03 \quad + \quad 1,55 \quad + \quad 8,29 \quad + \quad 16 \quad = \quad 33,9 \text{ Н} = \quad 3,45 \text{ кг.}</math></div> <div>Сумарна вага комплекту трикутних конструкцій, які протидіють відривному вітровому навантаженню:</div> <div><math>Q_{кт}=K_{тк} \cdot Q_t= 13 \quad \times \quad 33,9 \quad = \quad 440 \text{ Н} = \quad 44,9 \text{ кг.}</math></div> <div>Баласта виготовлені із бетону густиною: <math>\rho_b=</math> 2330 кг/м³</div> <div>Розміри одного баласту в плані: довжина <math>D_b=</math> 300 мм                      ширина <math>B_b=</math> 300 мм</div> <div>Висота одного баласту <math>H_b=</math> 60 мм                      Вага одного баласту-підшви: <math>Q_b=</math> 12,6 кг. = 123 Н</div> <div>Сумарна вага комплекту баластів, які утримують конструкцію при відривному вітровому навантаженні</div> <div><math>Q_{кб}=K_{кб} \cdot Q_b= 39 \quad \times \quad 123,4 \quad = \quad 4814 \text{ Н} = \quad 491 \text{ кг}</math></div> <div>Сумарна вага комплекту трикутних конструкцій з баластами і панелями ФЕМ, які протидіють відривному вітровому навантаженню: <math>Q_{тб}=Q_{км}+Q_{кт}+Q_{кб}= 1648 \quad + \quad 440 \quad + \quad 4814</math></div> <div><math>Q_{тб}= 6902 \text{ Н} = \quad 704 \text{ кг}</math>      більша за вітрове вертикальне відривне навантаження</div> <div><math>Q_w= 6652 \text{ Н} = \quad 678 \text{ кг}</math>      на 4%                      з коефіцієнтом запасу міцності <math>K_{зм}= 1,04</math></div> <div>Висновок: вага і кількість баластів підібрана вірно</div>			
<div>7. Перевірка міцності закріплення баластів гвинтами</div> <div>Вітрове навантаження відриває базову трикутну конструкцію від баластів. Утримують конструкцію спеціальні турбогвинти, якими кронштейни закріплені до баластів.</div> <div>Кількість турбогвинтів, які утримують один баласт на кронштейні <math>K_{тг}=</math> 1 шт.</div> <div>Діаметр турбогвинта зовнішній <math>d_{гз}=</math> 7,5                      внутрішній <math>d_{гв}= 5,6 \text{ мм}</math></div> <div>мінімальна площа поперечного перерізу турбогвинта <math>A_{тг}= 24,8 \text{ мм}^2</math></div> <div>Розтягувальні зусилля, що виникають в усіх турбогвинтах комплекту від прикладених сил:</div> <div><math>N_{z1}=Q_w-Q_{км}-Q_{кт}= 6652 \quad - \quad 1648 \quad - \quad 440 \quad = \quad 4563 \text{ Н} = \quad 465 \text{ кг.}</math></div> <div>Розтягувальні зусилля, що виникають в одному турбогвинті від прикладених сил:</div> <div><math>N_z=2 \cdot N_{z1}/(K_{кб} \cdot K_{тг})= 2 \quad \times \quad 4563 \quad / \quad ( \quad 39 \quad \times \quad 1 \quad ) = \quad 234 \text{ Н}</math></div> <div>Опір, що виникає в поперечному розрізі гвинта від розтягувальних сил:</div> <div><math>R_{тг}=\gamma_p \cdot N_z/A_{тг}= 1,0 \quad \times \quad 234 \quad / \quad 24,8 \quad = \quad 9,0 \text{ МПа}</math></div> <div>менше опору, що допускається <math>R_{bt} = 225 \text{ МПа}</math>      на 2414%</div> <div>з коефіцієнтом запасу міцності <math>K_{зм}= 25</math> , отже умова виконана.</div> <div>Висновок: діаметр турбогвинта для закріплення конструкції на баласті вибраний вірно</div> <div>Мінімальні зусилля виривання із баласту по результатам випробувань, які повинен забезпечувати турбогвинт: 239 кгс;                      тобто з коефіцієнтом запасу міцності <math>K_{змк}= 10,0</math></div>			
			Аркуш
			4

Назва об'єкту	Влаштування сонячних панелей ФЕМ на даху будівлі																																																														
Адрес об'єкту	м. Ужгород																																																														
<div>8. Перевірка міцності поверхні покрівлі для монтажу системи</div> <p>Покрівля, на якій змонтована система, сприймає вертикальні навантаження від підшви баластів, на які діє зусилля від вітру, ожеледиці, снігу, баластів та конструкції самої системи. Перевірочний розрахунок ведемо для однієї базової трикутної конструкції системи.</p> <p>Допустимий опір на зминання полімерної ПВХ-покрівлі: <math>R_{d4} = 0,1</math> МПа</p> <p>Площа панелей ФЕМ від яких сприймає навантаження одна трикутна конструкція:</p> $A_t=L_x \cdot H_m= 1146 \times 1134 = 1298997 \text{ мм}^2$ <p>Вертикальні навантаження на баласты-підшви однієї базової трикутної конструкції системи:</p> $T_y=A_t \cdot (W_{m2} \cdot \cos Y + S_{mY} + G_m) + Q_t + Q_6 \cdot K_{6п}= 1298997 \times ( 0,000133 \times 0,97 + 0,001165 + 0,000106 ) + 33,9 + 123 \times 3 = 2222 \text{ Н} = 227 \text{ кг.}$ <p>Вертикальні навантаження, які діють на один баласт трикутної конструкції:</p> $T_{y1}=T_y/K_{6п}= 2222 / 3 = 741 \text{ Н} = 75,5 \text{ кг.}$ <p>Площа підшви одного баласту <math>A_{п6}=D_6 \cdot B_6= 90000 \text{ мм}^2</math></p> <p>Розрахунковий опір змінанню, що виникає на поверхні покрівлі:</p> $R_{уп}=\gamma_p \cdot T_{y1}/A_{пк}= 1,0 \times 741 / 90000 = 0,01 \text{ МПа}$ <p>менше опору, що допускається <math>R_{d4} = 0,1</math> МПа на 1179% з коефіцієнтом запасу міцності <math>K_{зм}= 12,8</math> , отже умова міцності виконана</p> <p><b>Висновок:</b> площа підшви баластів підібрана <b>вірно</b></p>																																																															
<div>9. Визначення питомих навантажень на покрівлю.</div> <table><tr><td colspan="4">Сумарні граничні навантаження на 1 м.кв. покрівлі від системи "Південь":</td></tr><tr><td>Граничне розрахункове відривне вітрове навантаження <math>W_m \cdot \gamma_p =</math></td><td>442 Па =</td><td>45 кг/м²</td><td></td></tr><tr><td>Граничне розрахункове притискне вітрове навантаження <math>W_{m2} \cdot \gamma_p =</math></td><td>126 Па =</td><td>12,9 кг/м²</td><td></td></tr><tr><td>Граничне розрахункове значення снігового навантаження <math>S_m \cdot \gamma_p =</math></td><td>1146 Па =</td><td>117 кг/м²</td><td></td></tr><tr><td>Граничне розрахункове значення навантаження панелей ФЕМ <math>G_m \cdot \gamma_p =</math></td><td>101 Па =</td><td>10,3 кг/м²</td><td></td></tr><tr><td>Граничне розрахункове навантаження від підконструкції <math>G_{п} =</math></td><td>15 Па =</td><td>1,55 кг/м²</td><td></td></tr><tr><td>Граничне розрахункове значення навантаження баластів <math>G_6 =</math></td><td>167 Па =</td><td>17 кг/м²</td><td></td></tr><tr><td colspan="4">Сумарне граничне розрахункове значення навантажень на 1 м.кв. покрівлі (вітер, сніг, панелі ФЕМ, підконструкція, баласты) <math>W_{п} =</math></td></tr><tr><td></td><td>1555 Па =</td><td>159 кг/м²</td><td></td></tr><tr><td colspan="4">Додаткове граничне розрахункове значення навантажень від системи ФЕМ (панелі, підконструкції, баластів) на 1 м.кв. покрівлі <math>W_d =</math></td></tr><tr><td></td><td>283 Па =</td><td>28,8 кг/м²</td><td></td></tr><tr><td colspan="4">Вертикальні граничні навантаження (від вітру, ожеледиці, снігу, баластів, конструкції), які діють <b>взимку</b> на один баласт: <math>T_{y1з} =</math></td></tr><tr><td></td><td>741 Н =</td><td>75,5 кг.</td><td></td></tr><tr><td colspan="4">Вертикальні граничні навантаження (від вітру, баластів, конструкції), які діють <b>влітку</b> на один баласт: <math>T_{y1л} =</math></td></tr><tr><td></td><td>236 Н =</td><td>24,1 кг.</td><td></td></tr></table>				Сумарні граничні навантаження на 1 м.кв. покрівлі від системи "Південь":				Граничне розрахункове відривне вітрове навантаження $W_m \cdot \gamma_p =$	442 Па =	45 кг/м²		Граничне розрахункове притискне вітрове навантаження $W_{m2} \cdot \gamma_p =$	126 Па =	12,9 кг/м²		Граничне розрахункове значення снігового навантаження $S_m \cdot \gamma_p =$	1146 Па =	117 кг/м²		Граничне розрахункове значення навантаження панелей ФЕМ $G_m \cdot \gamma_p =$	101 Па =	10,3 кг/м²		Граничне розрахункове навантаження від підконструкції $G_{п} =$	15 Па =	1,55 кг/м²		Граничне розрахункове значення навантаження баластів $G_6 =$	167 Па =	17 кг/м²		Сумарне граничне розрахункове значення навантажень на 1 м.кв. покрівлі (вітер, сніг, панелі ФЕМ, підконструкція, баласты) $W_{п} =$					1555 Па =	159 кг/м²		Додаткове граничне розрахункове значення навантажень від системи ФЕМ (панелі, підконструкції, баластів) на 1 м.кв. покрівлі $W_d =$					283 Па =	28,8 кг/м²		Вертикальні граничні навантаження (від вітру, ожеледиці, снігу, баластів, конструкції), які діють <b>взимку</b> на один баласт: $T_{y1з} =$					741 Н =	75,5 кг.		Вертикальні граничні навантаження (від вітру, баластів, конструкції), які діють <b>влітку</b> на один баласт: $T_{y1л} =$					236 Н =	24,1 кг.	
Сумарні граничні навантаження на 1 м.кв. покрівлі від системи "Південь":																																																															
Граничне розрахункове відривне вітрове навантаження $W_m \cdot \gamma_p =$	442 Па =	45 кг/м²																																																													
Граничне розрахункове притискне вітрове навантаження $W_{m2} \cdot \gamma_p =$	126 Па =	12,9 кг/м²																																																													
Граничне розрахункове значення снігового навантаження $S_m \cdot \gamma_p =$	1146 Па =	117 кг/м²																																																													
Граничне розрахункове значення навантаження панелей ФЕМ $G_m \cdot \gamma_p =$	101 Па =	10,3 кг/м²																																																													
Граничне розрахункове навантаження від підконструкції $G_{п} =$	15 Па =	1,55 кг/м²																																																													
Граничне розрахункове значення навантаження баластів $G_6 =$	167 Па =	17 кг/м²																																																													
Сумарне граничне розрахункове значення навантажень на 1 м.кв. покрівлі (вітер, сніг, панелі ФЕМ, підконструкція, баласты) $W_{п} =$																																																															
	1555 Па =	159 кг/м²																																																													
Додаткове граничне розрахункове значення навантажень від системи ФЕМ (панелі, підконструкції, баластів) на 1 м.кв. покрівлі $W_d =$																																																															
	283 Па =	28,8 кг/м²																																																													
Вертикальні граничні навантаження (від вітру, ожеледиці, снігу, баластів, конструкції), які діють <b>взимку</b> на один баласт: $T_{y1з} =$																																																															
	741 Н =	75,5 кг.																																																													
Вертикальні граничні навантаження (від вітру, баластів, конструкції), які діють <b>влітку</b> на один баласт: $T_{y1л} =$																																																															
	236 Н =	24,1 кг.																																																													
			Аркуш																																																												
			5																																																												