

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН СТАЛЕВОЇ ПЛАСТИНИ ПРЯМОКУТНОЇ ФОРМИ ВУЗЛА З'ЄДНАННЯ СТРИЖНЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУКТУРНО-ВАНТОВОЇ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ

Гасій Г.М. к.т.н., доцент

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

Abstract. The stress-strain state of the rectangular steel plate for a nodal junction of rods elements of the composite steel and concrete grid-cable shell was studied with the FE method. The value of the maximum stresses and places of concentration it was obtained in the result of the solution.

Вступ. Структурно-вантова сталезалізобетонна оболонка – нова композитна просторова система, що об'єднує у собі переваги структурних, висячих і сталебетонних покриттів. Основною особливістю і відмінною рисою, яка виділяє структурно-вантове сталезалізобетонне покриття з-поміж низки інших, є його конструктивне рішення, що дозволяє максимально ефективно та раціонально використовувати будівельні матеріали. Структурно-вантове сталезалізобетонне покриття є збірною конструкцією, яка складається із просторових сталезалізобетонних модулів і гнучкого нижнього пояса. Просторовий сталезалізобетонний модуль включає в себе сталеві трубчасті стрижні і сталебетонну плиту, яка відіграє роль верхнього пояса. Зважаючи на те, що покриття є збірним, – значну увагу необхідно приділити аналізу і дослідженню напружено-деформованого стану вузлових з'єднань та їх деталей.

Огляд останніх джерел і публікацій показав, що значна кількість праць присвячена дослідженню сталезалізобетонних плитних елементів, які за будовою і характером роботи є подібними елементам верхнього пояса структурно-вантового сталезалізобетонного покриття [6, 7, 9]. Результати цих досліджень свідчать про високі показники міцності й ефективність роботи сталезалізобетону у складі різноманітних конструкцій покриття та перекриття [1–4, 8]. Для дослідження напружено-деформованого стану композитних матеріалів і конструкцій широко застосовують чисельні методи [5].

Виділення невирішених раніше частин питання. З аналізу попередніх праць видно, що не дослідженим залишається питання напружено-деформованого стану вузлових з'єднань елементів структурно-вантового сталезалізобетонного покриття.

Постановка завдання. Зважаючи на достатню вивченість напружено-деформованого стану елементів верхнього пояса структурно-вантового сталезалізобетонного покриття, – нагальної потреби в їх подальшому дослідженні не має, на відміну від дослідження вузлових елементів. Виходячи з цього, метою роботи є чисельний розрахунок і аналіз напружено-деформованого стану вузлової деталі, що призначена для з'єднання стрижневих трубчастих елементів просторових сталезалізобетонних модулів. На основі отриманих діаграм розподілу напружень встановити можливі вразливі місця деталі або можливі шляхи оптимізації геометричної форми.

Виклад основного матеріалу. Аналіз напружено-деформованого стану і проектні пропозиції вузлових деталей виконано на прикладі експериментальної структурно-вантової сталезалізобетонної циліндричної оболонки прольотом 8,6 м зі стрілою підйому 0,56 м. За результатами теоретичного розрахунку конструкції оболонки на дію рівномірно-розподіленого навантаження рівним $2,65 \text{ кН/м}^2$ було побудовано епюру поздовжніх сил N (рис. 1).

Максимальне зусилля розтягу, що діє в стрижневих трубчастих елементах просторових сталезалізобетонних модулів (рис. 2) дорівнює $9,99 \text{ кН}$, а зусилля стиску досягає величини $8,47 \text{ кН}$.

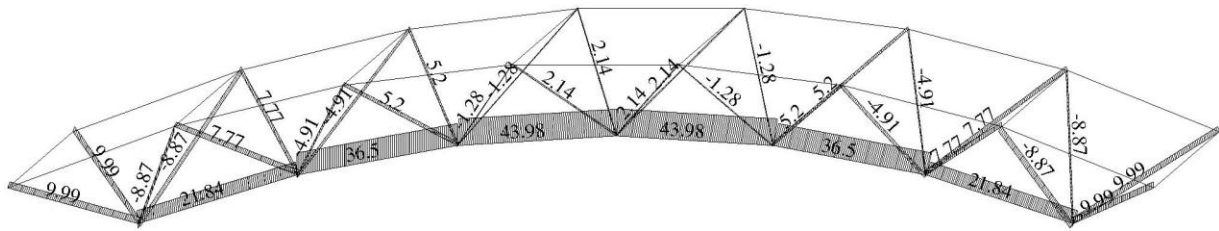


Рис. 1. Епюра повздовжніх сил N , кН

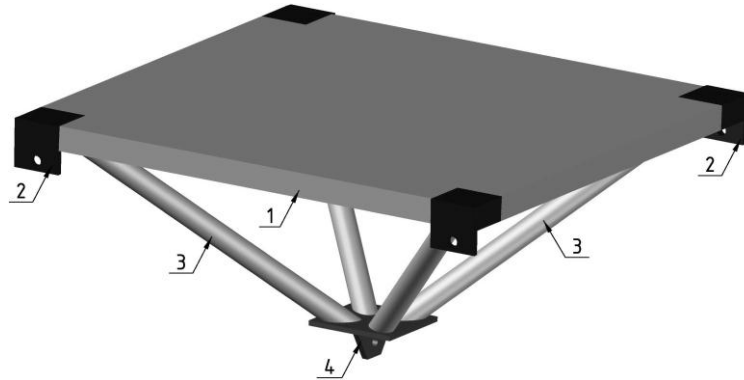


Рис. 2. Просторовий сталезалізобетонний модуль структурно-вантового сталезалізобетонного покриття:

- 1 – сталобетонна плита; 2 – сталеві вузлові деталі верхнього пояса; 3 – трубчасті стрижні;
4 – сталева вузлова деталь нижнього пояса

Згідно вимог дійсних будівельних норм з проектування сталевих конструкцій урахувавши конструктивні особливості оболонки було розраховано вузлову деталь (рис. 3), що складається із сталевих пластин прямокутної і трапецієподібної форми та призначена для з'єднання просторового сталезалізобетонного модуля і модульних елементів нижнього пояса структурно-вантової сталезалізобетонної циліндричної оболонки. Відповідно розробленим кресленням було побудовано тривимірну модель деталі вузла з'єднання (рис. 4).

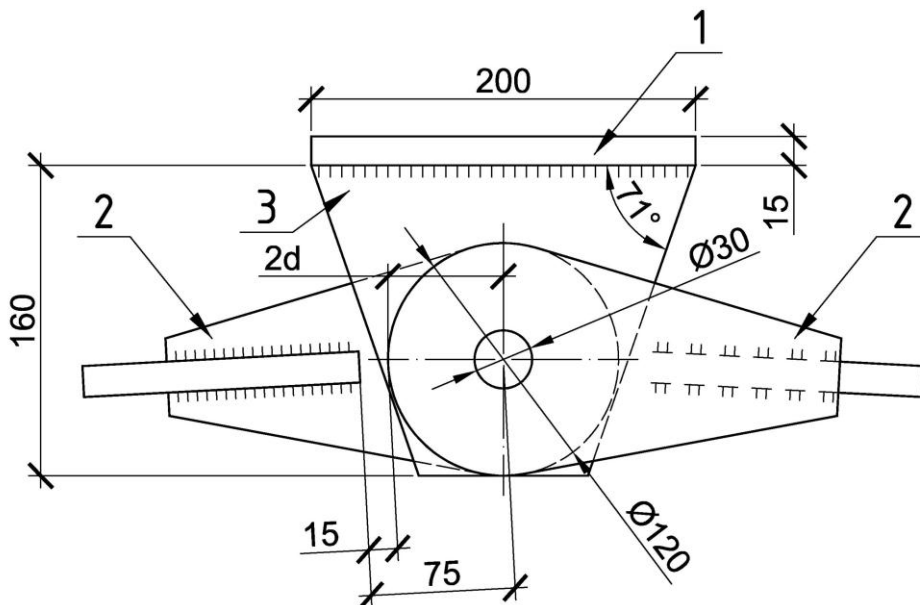


Рис. 3. Вузол з'єднання модульних елементів нижнього пояса і просторового сталезалізобетонного модуля структурно-вантової сталезалізобетонної циліндричної оболонки:

- 1 – сталева пластина; 2 – сталеві деталі нижнього пояса; 3 – трапецієподібна сталева пластина з отвором

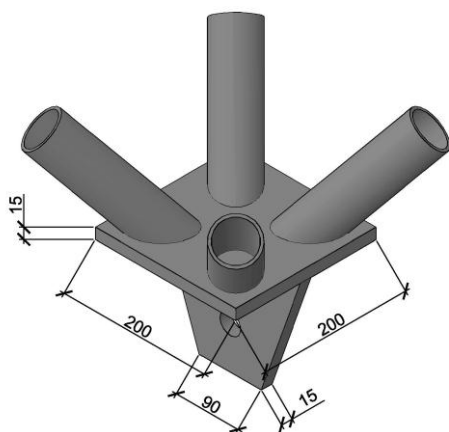


Рис. 4. Тривимірний модель вузла з'єднання модульних елементів структурно-вантової сталезалізобетонної циліндричної оболонки

Для вивчення напружено-деформованого стану і характеру роботи сталевієї пластини прямокутної форми вузла з'єднання стрижневих елементів структурно-вантової сталезалізобетонної оболонки, було прийнято схему дослідження, яка передбачала закріплення вузла з'єднання в отворі для болта та прикладення сили співвісно з осями стрижнів решітки (рис. 5).

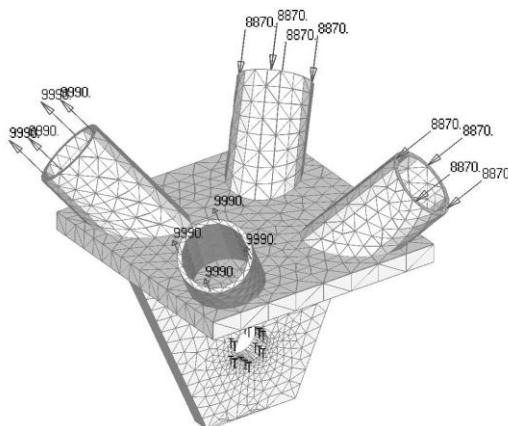


Рис. 5. Модель вузла з'єднання для вивчення поведінки та характеру деформування прямокутної сталевієї пластини вузла з'єднання структурно-вантової сталезалізобетонної циліндричної оболонки

Для моделювання матеріалу деталі з'єднання були прийняті значення, що відповідають фізико-механічним властивостям сталі марки СтЗсп. За результатами моделювання поведінки деталі вузла з'єднання на дію навантаження, були побудовані діаграми переміщень (рис. 6) і діаграми розподілу напружень (рис. 7).

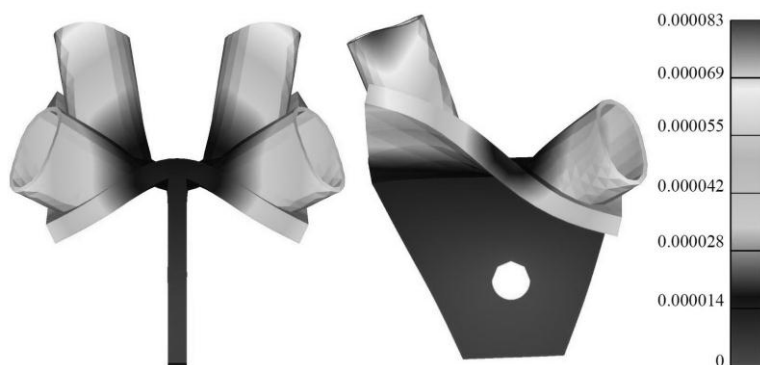


Рис. 6. Діаграма переміщень, м

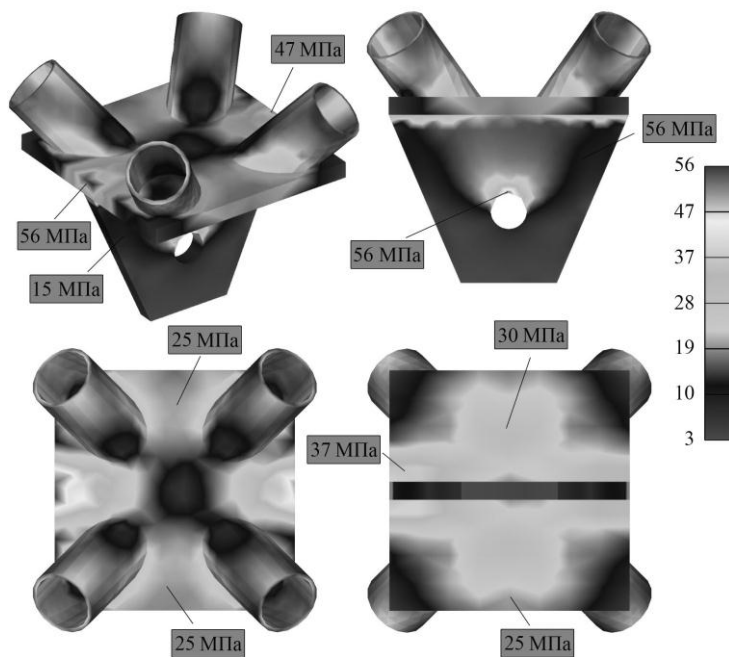


Рис. 7. Діаграма напружень, МПа

Аналіз діаграми розподілу напружень показав, що найбільші напруження виникли у місці з'єднання трапецієподібної пластини і прямокутної пластини у крайніх точках. Зі сторони дії зусиль розтягу величина напружень досягла максимального значення 56 МПа, зі сторони дії зусиль стиску напруження дорівнювали значенню 47 МПа. Найменші напруження 7 МПа виникли у центрі пластини на грані зі сторони кріплення стрижнів решітки і 3 МПа у вершинах пластини. Зі сторони кріплення трапецієподібної пластини найменші напруження 3 МПа виникли у вершинах пластини.

Загалом зростання напружень мало симетричний характер і розвивалися від середини до крайніх точок.

Висновки. За результатами проведеного дослідження вивчено напружено-деформований стан сталевий пластини прямокутної форми, що призначена для з'єднання стрижневих елементів структурно-вантової сталезалізобетонної циліндричної оболонки. Моделюванням встановлено характер деформування пластини і місця максимальних концентрацій напружень. Максимальні напруження досягли величини 56 МПа. Це свідчить про достатній запас міцності пластини і дає можливість оптимізації її геометричної форми та товщини, що у свою чергу поліпшить техніко-економічні показники конструкції оболонки в цілому за рахунок зменшення витрат сталі.

Література

1. Гасій Г. М. Експериментальні дослідження структурно-вантових покриттів / Г. М. Гасій // Збірник наукових праць. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2014. – Вип. 3(42). – С. 47–51.
2. Стороженко Л. І. Просторове сталезалізобетонне структурно-вантове покриття: сб. научных трудов / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2015. – Вип. 82. – С. 226–230.
3. Стороженко Л. І. Просторові сталезалізобетонні структурно-вантові покриття: Монографія / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій, С. А. Гапченко. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2015. – 218 с.
4. Behaviour and Design of Composite Steel and Concrete Building Structures / B. Uy, Z. Tao, D. Lam, L. H. Han. – Boca Raton: CRC Press, 2016. – 400 p.
5. De Sousa Jr. J. B. Numerical analysis of composite steel-concrete columns of arbitrary

- cross section / J. B. De Sousa Jr., R. B. Caldas // Journal of structural engineering. – 2005. – Vol. 131. – №11. – P. 1721–1730.
6. Gasii G. M. Technological and design features of flat-rod elements with usage of composite reinforced concrete / G. M. Gasii // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – №4. – P. 23–25.
7. Johnson R. P. Composite Structures of Steel and Concrete: Beams, Slabs, Columns, and Frames for Buildings: Third Edition / R. P. Johnson. – Blackwell, 2004. – 252 p.
8. Oehlers D. J. Composite Steel and Concrete Structures: Fundamental Behavior / Oehlers D. J., Bradford M. A. – Elsevier, 2013. – 588 p.
9. Storozhenko L. I. Experimental research of strain-stress state of ferrocement slabs of composite reinforced concrete structure elements / L. I. Storozhenko, G. M. Gasii // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – №6. – P. 40–42.