

УДК 624.074:624.042

**ПРОЕКТУВАННЯ ОПОРНОГО ВУЗЛА СТРУКТУРНО-ВАНТОВОЇ
СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ВИГНУТОЇ ПЛИТИ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПОРНОГО УЗЛА СТРУКТУРНО-ВАНТОВОЙ
СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ИЗОГНУТОЙ ПЛИТЫ**

**DESIGNING SUPPORT NODE OF THE STEEL AND CONCRETE
COMPOSITE GRID-CABLE CURVED SLAB**

Гасій Г.М., к.т.н., доцент (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка)

Гасий Г.М., к.т.н., доцент (Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка)

Gasii G.M., candidate of technical sciences, associate professor (Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University)

У статті наведено проект і аналіз напружено-деформованого стану опорного вузла експериментального зразка збірної структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції. Чисельним методом виявлено місця концентрацій максимальних напружень, встановлено характер деформування вузла та визначено запас його міцності.

В статье приведены проект и анализ напряженно-деформированного состояния опорного узла экспериментального образца сборной структурно-вантовой сталежелезобетонной конструкции. Численным методом выявлены места концентраций максимальных напряжений, установлен характер деформирования узла и определен запас его прочности.

The design and analysis of the stress-strain state of the support node of the experimental sample of the steel and concrete composite grid-cable shell are shown. The maximum stresses have been detected, behavior and the factor of safety in node have been determined with a numerical method.

Ключові слова:

Сталезалізобетон, ванта, покриття, вузол, напружено-деформований стан.
Сталежелезобетон, ванта, покриття, вузол, напряженно-деформированное состояние.

Steel and concrete composite, cable, shell, node, stress-strain state.

Вступ. Структурно-вантова сталезалізобетонна вигнута плита – новий тип будівельних конструкцій, що відноситься до просторових і об'єднує у собі переваги структурних, висячих і сталобетонних покриттів великопролітних будівель та споруд. Відмінною рисою, яка вирізняє структурно-вантову сталезалізобетону конструкцію з-поміж інших, є її конструктивне рішення. Будова плити дозволяє максимально ефективно і раціонально використовувати фізико-механічні властивості будівельних матеріалів. Запропонована плита є збірною конструкцією, яка складається із просторових сталезалізобетонних модулів та включає такі конструктивні елементи: стрижні просторової решітки, верхній і нижній пояси. Для того, щоб такі конструкції дістали застосування у реальному секторі будівництва необхідно виконати дослідження і аналіз напружено-деформованого стану її елементів та вузлових з'єднань.

Постановка проблеми. Зважаючи на те, що структурно-вантові сталезалізобетонні конструкції є новою розробкою, то вивчення особливостей роботи і напружено-деформованого стану вузлових з'єднань шляхом проведення комплексних досліджень є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що значна кількість праць присвячена дослідженню сталезалізобетонних елементів, які за своєю будовою і характером роботи є схожими з елементами верхнього пояса структурно-вантової сталезалізобетонної плити [1–4]. Результати таких досліджень вказують на високі показники міцності й ефективності роботи сталезалізобетону у складі конструкцій покриття і перекриття [5–8]. Для проведення таких досліджень широко застосовують чисельні методи [9]. За допомогою таких методів вивчаються і запропоновані конструкції [10, 11]. Праці, що присвячені вивченню структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій в основному стосуються аналізу напружено-деформованого стану окремих елементів [12, 14].

Виділення невирішених раніше частин питання. Спираючись на результати аналізу попередніх досліджень і беручи до уваги, що запропоновані конструкції є збірними, питання розробки і проектування надійних опорних вузлів залишається не дослідженим.

Основний текст. Як зазначалося раніше структурно-вантова сталезалізобетонна плита – це новий тип великопролітного покриття в основі якого лежить просторовий площинно-стрижневий сталезалізобетонний модуль пірамідальної форми, що складається із залізобетонної плити та сталевих трубчастих стрижнів. В залежності від місця в конструкції такі модулі відрізняються один від одного вузлами з'єднання. Найбільш складними за своєю конструкцією є крайні модулі (рис. 1), оскільки вони передають усе зовнішнє навантаження на опори. Тому для надійної роботи таких конструкцій необхідно запроекувати опорні вузли.

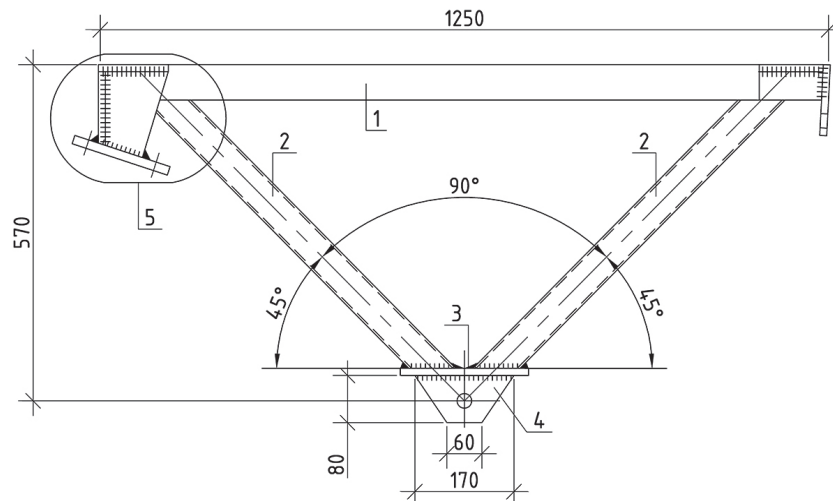


Рис. 1. Крайній сталезалізобетонний модуль структурно-вантової сталезалізобетонної вигнутої плити:

1 – верхній пояс; 2 – трубчасті стрижні; 3 – сталеві пластина прямокутної форми; 4 – сталеві пластина трапецієподібної форми; 5 – опорний вузол

Проектні пропозиції опорного вузлового з'єднання виконано на прикладі експериментальної структурно-вантової сталезалізобетонної вигнутої плити циліндричної оболонки прольотом 8,6 м зі стрілою підйому 0,56 м. Згідно вимог чинних будівельних норм з проектування сталевих конструкцій, урахуваючи конструктивні особливості плити, було запроєктовано опорний вузол (рис. 2).

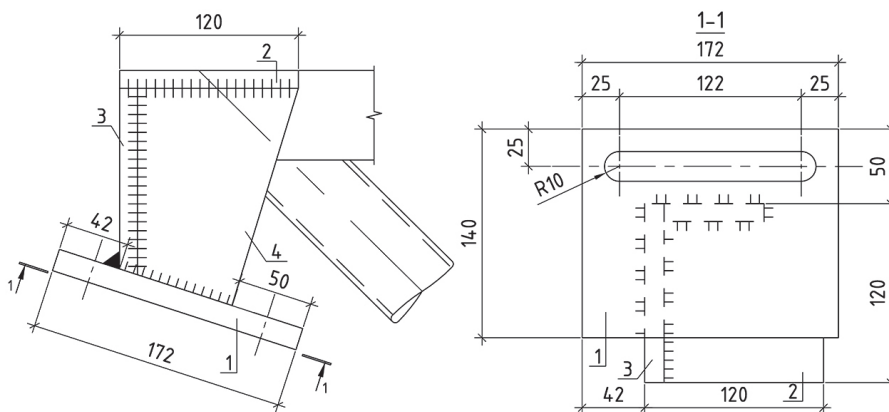


Рис. 2. Опорний вузол структурно-вантової сталезалізобетонної вигнутої плити

Згідно розробленим кресленням було складено специфікацію елементів (табл. 1).

Таблиця 1

Специфікація елементів опорного вузла структурно-вантової сталезалізобетонної вигнутої плити

Номер деталі	Переріз	Довжина, мм	Кількість, шт	Маса, кг		
				Деталі	Усіх	Разом
1	—140×16	172	1	2,6	2,6	6,2
2	—120×12	120	1	1,3	1,3	
3	—108×12	125	1	1,1	1,1	
4	—108×12	146	1	1,1	1,1	
1% на зварні шви					0,1	

Для того, щоб впевнитися у надійності запроєктованої конструкції вузла необхідно оцінити його деформативність, визначити місця локальних концентрацій напружень і їх максимальні значення, визначити міцність. Для цього було виконано статичний розрахунок структурно-вантової сталезалізобетонної вигнутої плити на дію рівномірно-розподіленого навантаження. При цьому плита мала з однієї сторони шарнірно-нерухому опору, з іншої – шарнірно-рухому. У результаті такого розрахунку були отримані поздовжні зусилля в стрижневих (рис. 4) та плитних елементах (рис. 5, рис 6) конструкції, а також згинальні моменти (рис. 7, рис 8) та поперечні сили.

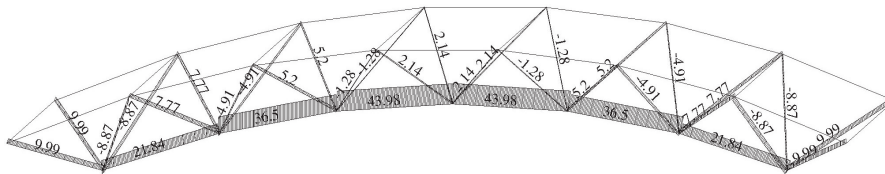


Рис. 4. Епюра повздовжніх сил N в стрижневих елементах плити, кН



Рис. 5. Діаграма повздовжніх сил N_x в плитних елементах конструкції, кН

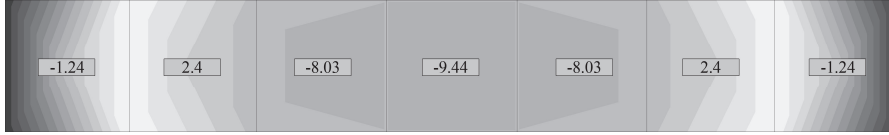


Рис. 6. Діаграма поздовжніх сил N_y в плитних елементах конструкції, кН



Рис. 7. Діаграма згинальних моментів M_x в плитних елементах конструкції, кН·м

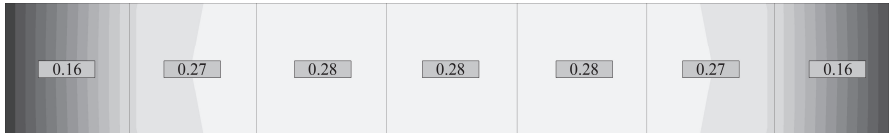


Рис. 8. Діаграма згинальних моментів M_y в плитних елементах конструкції, кН·м

Для оцінки напружено-деформованого стану і характеру роботи опорного вузла структурно-вантової сталезалізобетонної вигнутої плити враховувалися зовнішнє навантаження q , поздовжні сили в елементах конструкції N_x , N_y , N та згинальні моменти M_x , M_y (рис. 9, а). Відповідно розробленим кресленням і специфікації елементів було побудовано тривимірну модель опорного вузла (рис. 9, б).

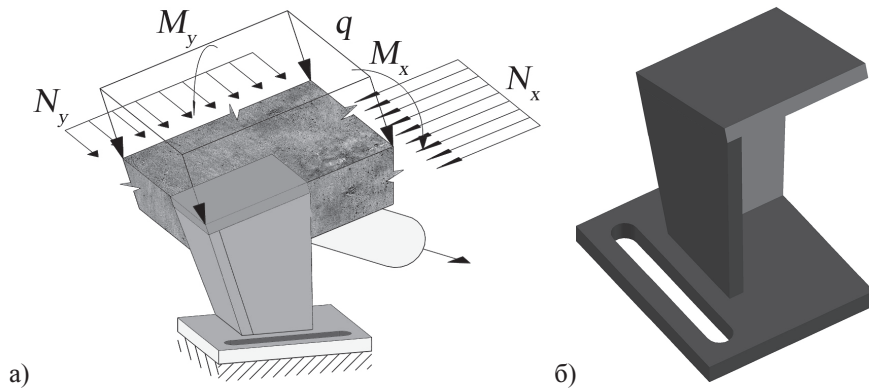


Рис. 9. Розрахункова схема (а) та тривимірна модель (б) опорного вузла структурно-вантової сталезалізобетонної вигнутої плити

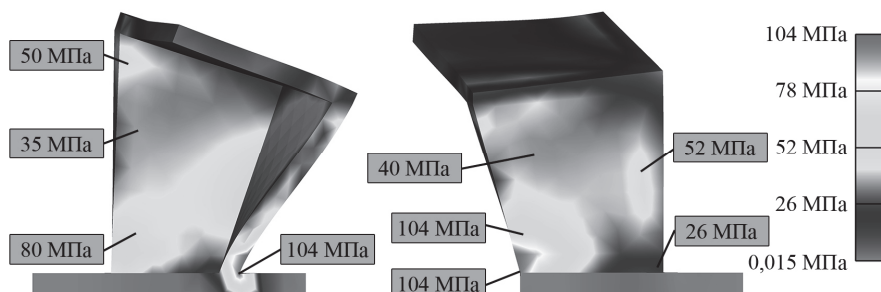


Рис. 10. Напружено-деформована модель опорного вузла структурно-вантової сталезалізобетонної вигнутої плити

Аналіз діаграми, яка зображена на рисунку 10 показує, що напруження, які перевищують межу міцності сталі не виникають. Це свідчить про те, що дана конструкція вузла дозволяє забезпечити достатній запас міцності при розрахунковому навантаженні. Але розподіл внутрішніх зусиль не рівномірний і мають місце локальні концентрації напружень, тому такий напружено-деформований стан є небажаний. Враховуючи це, необхідно виконати оптимізацію опорного вузла таким чином, щоб його конструкція забезпечувала перерозподіл внутрішніх зусиль. Цього можна досягти за рахунок установлення ребр жорсткості, але у наслідок таких дій збільшуються витрати сталі. Тому для збереження низької матеріалоемності, зважаючи на значний запас міцності вузла, було прийнято рішення, крім установлення ребр жорсткості, зменшити товщину деяких сталевих деталей (рис. 11). У таблиці 2 наведена специфікація елементів.

Таблиця 2

Специфікація елементів оптимізованого опорного вузла структурно-вантової сталезалізобетонної вигнутої плити

Номер деталі	Переріз	Довжина, мм	Кількість, шт	Маса, кг		
				Деталі	Усіх	Разом
1	—140×16	172	1	2,6	2,6	5,9
2	—120×10	120	1	1,1	1,1	
3	—108×10	125	1	0,9	0,9	
4	—108×10	146	1	0,9	0,9	
5	—42×6	140	2	0,15	0,3	
1% на зварні шви					0,06	

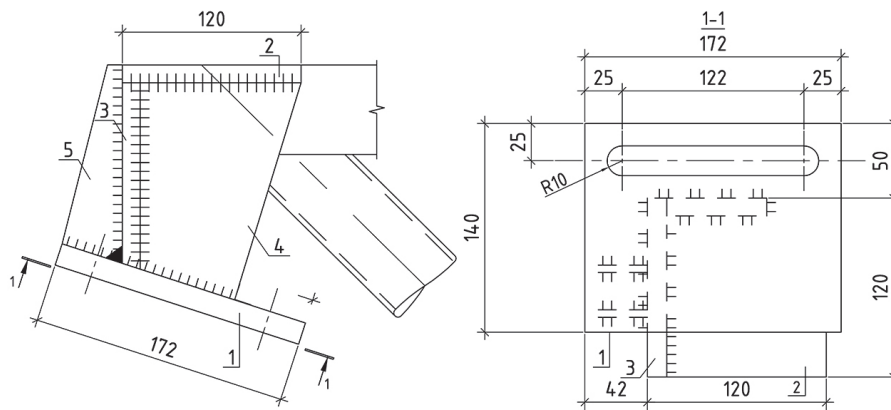


Рис. 11. Оптимізований опорний вузол структурно-вантової сталезалізобетонної вигнутої плити

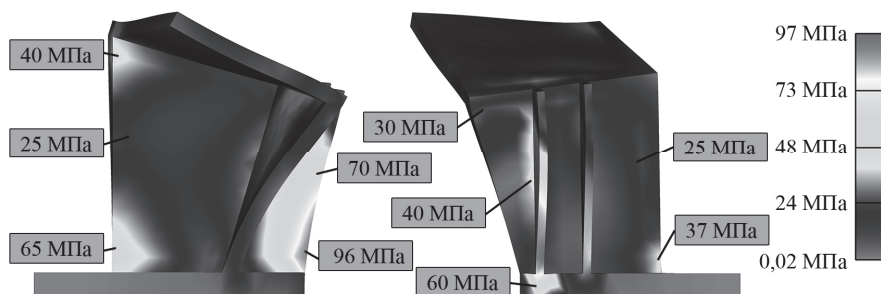


Рис. 12. Напружено-деформована модель оптимізованого опорного вузла структурно-вантової сталезалізобетонної вигнутої плити

Аналіз діаграми, яка зображена на рисунку 12 показує, що напруження, які перевищують межу міцності сталі не виникають. Це свідчить про те, що оптимізована конструкція вузла дозволяє забезпечити необхідний запас міцності при розрахунковому навантаженні. При цьому розподіл внутрішніх зусиль має більш рівномірний характер ніж у попередньому випадку, тому такий напружено-деформований стан є задовільним. Таким чином, було запроєктовано опорний вузол структурно-вантової сталезалізобетонної вигнутої плити

Висновки. Проведені дослідження дозволили отримати і оцінити напружено-деформований стан опорного вузла, що призначений для з'єднання структурно-вантової сталезалізобетонної вигнутої плити з

вертикальними несучими конструкціями. Моделюванням встановлено характер деформування вузла і місця локальних концентрацій напружень. На основі діаграм розподілу внутрішніх зусиль було виконано оптимізацію конструкції вузла, що дозволило зменшити його матеріаломісткість на 5%. Значення максимальних напружень дорівнювали 96 МПа, а це свідчить про достатній запас міцності конструкції опорного вузла.

1. Гасій Г.М. Проектування сталезалізобетонних структурних конструкцій покриття / Г.М. Гасій // Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. – К.: НДІБК, 2008. – Вип.70. – С. 269–277.
2. Дослідження і проектування сталезалізобетонних структурних конструкцій: Монографія / Л.І. Стороженко, В.М. Тимошенко, О.В. Нижник, Г.М. Гасій, С.О. Мурза – Полтава: АСМІ, 2008. – 262 с.
3. 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.
4. 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.
5. Нижник О.В. Будівництво сталезалізобетонного безбалкового перекриття / О.В. Нижник // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 78(1). – С. 144–149.
6. Стороженко Л.І. Проблеми створення та проектування сталезалізобетонних конструкцій / Л.І. Стороженко // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 78(1). – С. 129–136.
7. Лапенко О.І. Сучасні прогресивні сталезалізобетонні конструкції / О.І. Лапенко, Г.І. Гришко // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Вип. 65. – Дн-ск: ГВУЗ «ПГАСА», 2012. – С. 314–317.
8. Johnson R.P. Composite Structures of Steel and Concrete: Beams, Slabs, Columns, and Frames for Buildings, 3rd Edition / R.P. Johnson. – Blackwell, 2004. – 252 p.
9. Гасій Г.М. Розрахунок вузлів сталезалізобетонної структурної конструкції за методом кінцевих елементів / Г.М. Гасій // Будівельні конструкції. – К.: НДІБК, 2007. – Вип. 67. – С. 119–124.
10. Стороженко Л.І. Просторові сталезалізобетонні структурно-вантові покриття: Монографія / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій, С.А. Гапченко. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2015. – 218 с.
11. Стороженко Л.І. Пошук оптимальних параметрів структурно-вантових сталезалізобетонних покриттів за критерієм напружень розтягу в нижньому поясі: зб. наук. Статей / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій, Ю.Л. Гладченко // Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. – 2011. – Вип. 9. – С. 173–179.
12. Гасій Г.М. Експериментальні дослідження структурно-вантових покриттів / Г.М. Гасій // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. – 2014. – Вип. 3(42). – С. 47–51.
13. Стороженко Л.І. Експериментальне дослідження деформативності окремих несучих елементів сталезалізобетонного структурно-вантового покриття: сб. научных трудов / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2015. – Вип. 82. – С. 219–225.
14. Стороженко Л.І. Експериментальні дослідження армоцементних елементів покриття / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій, С.А. Гапченко, В.В. Волошин // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. – 2014. – Вип. 1(40). – С. 97–103.