

УДК 624.074.5

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАТИВНОСТІ ОКРЕМИХ НЕСУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОГО СТРУКТУРНО-ВАНТОВОГО ПОКРИТТЯ

СТОРОЖЕНКО Л. І.<sup>1</sup>, *д.т.н., проф.*,  
ГАСІЙ Г. М.<sup>2\*</sup>, *к.т.н., доцент*

<sup>1</sup> Кафедра конструкцій з металу, дерева та пластмас, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Першотравневий проспект, 24, 36011, Полтава, Україна, ORCID ID: 0000-0002-3764-5641

<sup>2\*</sup> Кафедра організації і технології будівництва та охорони праці, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Першотравневий проспект, 24, 36011, Полтава, Україна, e-mail: grigoriigm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1492-0460

**Анотація.** *Ціль.* Сталезалізобетонне структурно-вантове покриття наділене перевагами просторових металевих і залізобетонних конструкцій [10]. Основною особливістю покриття є принцип раціонального використання матеріалів та властивостей конструктивних елементів. Покриття складається з просторових площинно-стрижневих модулів, які поєднуються один з одним спеціально розробленими вузлами. Формоутворення покриття здійснюється за рахунок використання вант, які об'єднують просторові модулі у цілісну конструкцію і надають їй необхідної кривизни. Беручи до уваги, що сталезалізобетонні структурно-вантові покриття є абсолютно новими і оригінальними конструкціями, то дослідження напружено-деформованого стану їх окремих елементів є актуальною проблемою. *Методика.* Експериментальним шляхом визначити особливості деформування та характеру втрати несучої здатності окремих елементів просторових сталезалізобетонних покриттів на дію навантаження, що прикладається за допомогою системи траверс та гідравлічного домкрату. Для заміру деформацій застосовуються тензорезистори. Розміщення датчиків здійснюється у найбільш характерних місцях конструкції. Передбачено дослідити два типи окремих елементів сталезалізобетонного структурно-вантового покриття. За результатами експерименту зробити висновок про ефективність прийнятого способу забезпечення сумісної роботи сталі та бетону у складі досліджуваних елементів. Прийнятий спосіб заміру деформацій дає змогу отримати експериментальні дані на основі яких можна в достатній мірі оцінити напружено-деформований стан досліджуваних конструкцій. *Результати.* Установлено, що руйнування дослідних зразків мало пластичний характер. Прийнятий спосіб армування забезпечує достатню несучу здатність елементів. Підтверджено ефективність прийнятого способу забезпечення сумісної роботи сталевих та бетонних елементів. Встановлено залежність деформування зразків від дії навантаження. У відповідності з отриманою залежністю встановлено, що пружна стадія роботи дослідних зразків спостерігалася до моменту досягнення навантаження, що дорівнювало 70% від руйнівного. *Наукова новизна.* Визначено напружено-деформований стан окремих несучих елементів нової конструкції – сталезалізобетонного структурно-вантового покриття. *Практична значимість.* Вивчення напружено-деформованого стану окремих несучих елементів досліджуваних покриттів дало змогу підтвердити ефективність конструктивного рішення, способу армування та забезпечення сумісної роботи сталі та бетону, що у свою чергу дає поштовх до подальшого вирішення загальної проблеми та подолання перешкоди на шляху впровадження нових конструкцій у практику будівництва.

**Ключові слова:** структура, сталезалізобетон; покриття, напружено-деформований стан, сумісна робота.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАТИВНОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО СТРУКТУРНО-ВАНТОВОГО ПОКРЫТИЯ

СТОРОЖЕНКО Л. И.<sup>1</sup>, *д.т.н., проф.*,  
ГАСИЙ Г. М.<sup>2\*</sup>, *к.т.н., доцент*

<sup>1</sup> Кафедра конструкций из металла, дерева и пластмасс, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Первомайский проспект, 24, 36011, Полтава, Украина, ORCID ID: 0000-0002-3764-5641

<sup>2\*</sup> Кафедра организации и технологии строительства и охраны труда, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Первомайский проспект, 24, 36011, Полтава, Украина, e-mail: grigoriigm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1492-0460

**Аннотация.** *Цель.* Сталежелезобетонное структурно-вантовое покрытие наделено преимуществами пространственных металлических и железобетонных конструкций [10]. Основной особенностью покрытия является принцип рационального использования материалов и свойств конструктивных элементов. Покрытие состоит из пространственных плоскостно-стрижневых модулей, которые соединяются друг с другом специально разработанными узлами. Формообразования покрытия осуществляется за счет использования вант, которые объединяют пространственные модули в цельную конструкцию и

придают ей необходимой кривизны. Принимая во внимание, что сталежелезобетонные структурно-вантовые покрытия являются совершенно новыми и оригинальными конструкциями, то исследования напряженно-деформированного состояния их отдельных элементов является актуальной проблемой. **Методика.** Экспериментальным путем определить особенности деформирования и характер потери несущей способности отдельных элементов пространственных сталежелезобетонных покрытий на действие нагрузки, которая прикладывается с помощью системы траверс и гидравлического домкрата. Для замера деформаций применяются тензорезисторы. Размещение датчиков осуществляется в наиболее характерных местах конструкции. Предусмотрено исследовать два типа отдельных элементов сталежелезобетонного структурно-вантового покрытия. По результатам эксперимента сделать вывод об эффективности принятого способа обеспечения совместной работы стали и бетона в составе исследуемых элементов. Принятый способ замера деформаций позволяет получить экспериментальные данные на основе которых можно в достаточной степени оценить напряженно-деформированное состояние исследуемых конструкций. **Результаты.** Установлено, что разрушение опытных образцов имело пластичный характер. Принятый способ армирования обеспечивает достаточную несущую способность элементов. Подтверждена эффективность принятого способа обеспечения совместной работы стальных и бетонных элементов. Установлена зависимость деформирования образцов от действия нагрузки. В соответствии с полученной зависимостью установлено, что упругая стадия работы опытных образцов наблюдалась до момента достижения нагрузки, равной 70% от разрушительной. **Научная новизна.** Определено напряженно-деформированное состояние отдельных несущих элементов новой конструкций – сталежелезобетонного структурно-вантового покрытия. **Практическая значимость.** Изучение напряженно-деформированного состояния отдельных несущих элементов исследуемых покрытий позволило подтвердить эффективность конструктивного решения, способа армирования и обеспечения совместной работы стали и бетона, это в свою очередь дает толчок к дальнейшему решению общей проблемы и преодоления препятствия на пути внедрения новых конструкций в практику строительства.

**Ключевые слова:** структура, сталежелезобетон; покрытия, напряженно-деформированное состояние, совместная работа.

## EXPERIMENTAL RESEARCH OF DEFORMABILITY OF UNITS OF STEEL AND CONCRETE COMPOSITE GRID-CABLE ROOF

STOROZHENKO L. I. <sup>1</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*  
GASII G. M. <sup>2\*</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor*

<sup>1</sup> Department of Structures from Metal, Wood and Plastics, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, 24, Pershotravnevyi avenue, Poltava 36011, Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-3764-5641

<sup>2\*</sup> Department of Organization and Technology of Building and Health Safety, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, 24, Pershotravnevyi avenue, Poltava 36011, Ukraine, e-mail: grigoriigm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1492-0460

**Abstract. Purpose.** Steel and concrete composite grid-cable roof has advantages of metal and concrete space structures [10]. Feature of construction is the principle of rational use of materials and properties of the structural elements. The roof consists of spatial flatness-core units that are connected to each other with specially designed joints. The shape of the roof is made using cables. Investigation of the stress-strain state of the individual elements is an urgent problem. **Methodology.** Experimentally determine the deformation characteristics and the nature of the loss of load-carrying capacity of units of the space steel and concrete composite grid-cable roof. Load is applied through the traverse system and a hydraulic jack. For measuring of deformation are used strain gauges. Placing sensors is carried out in the most typical areas of construction. Two types of units of steel and concrete composite grid-cable roof will be researched. According to the results of the experiment to conclude, the method adopted to ensure of joint work of steel and concrete elements is effective. Accepted methods of measuring strain allows to obtain experimental data on which to adequately assess the stress-strain state of the structures under study. **Findings.** It was found that the destruction of the prototypes was the nature of the plastic. Accepted methods of reinforcement provides sufficient bearing capacity of the elements. Effectiveness of way to ensure joint work of steel and concrete was confirmed. The dependence of the deformation of samples from the load was obtained. In accordance with the obtained dependence it found that the elastic stage of operation of prototypes was observed until reaching a load equal to 70% of the devastating. **Originality.** Defined mode of deformation of individual bearing elements of the new design – steel and concrete composite grid-cable roof. **Practical value.** The study of stress-strain state of the individual bearing elements investigated coatings allowed to confirm the effectiveness of constructive solutions, and to provide a method of reinforcing teamwork steel and concrete, which in turn gives rise to a further decision of the common problems and overcome obstacles to the introduction of new structures in the construction practice.

**Keywords:** structure, steel and concrete composite construction, roof, stress-strain state, joint work.

**Постановка проблеми.** Сталезалізобетонні структурно-вантові покриття є новими конструкціями з оригінальним конструктивним рішенням [10]. Досліджувані конструкції включають у себе елементи верхнього й нижнього поясів та просторової структурної решітки, які працюють тільки на властиві для себе зусилля. Таке рішення дозволяє зменшити витрати матеріалів за рахунок виключення бетону із зони дії зусиль розтягу та замість нього розміщених гнучких сталевих елементів, це у свою чергу дає значний економічний ефект. Запропоновані конструкції можуть широко застосовуватися у будівництві покриттів великопротитних промислових і громадських будівель та споруд. Але поруч з низкою переваг недостатня вивченість роботи конструкції на дію навантаження стримує їх розвиток, тому експериментальне дослідження напружено-деформованого стану окремих несучих елементів сталезалізобетонного структурно-вантового покриття дасть поштовх до подальшого вивчення та впровадження цих конструкцій у практику будівництва.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** показав, що більша частина праць присвячена дослідженню сталезалізобетонних елементів як частини каркасів будівель та споруд, плитних та балкових елементів конструкцій покриття та перекриття [5–8, 11, 13–15]. Всі ці дослідження свідчать про ефективність та доцільність застосування сталезалізобетону в будівництві споруд різного призначення [2, 4, 12]. Застосовується сталезалізобетон і в просторових конструкціях покриття [3]. Що стосується сталезалізобетонних структурно-вантових покриттів, то на даний час обґрунтовано ефективність розроблених конструкцій, здійснено пошук й удосконалення конструктивних рішень, розроблено способи забезпечення сумісної роботи сталі й бетону, вузлові з'єднання, модульні й типові елементи [10]. Значна увага приділена й експериментальному дослідженню деформативності моделей зразків запропонованих покриттів [9].

Чисельними методами досліджено напружено-деформований стан як окремих несучих елементів так і покриття в цілому [1]. Все це дало поштовх початку проведення серії натурних експериментів.

**Виділення невирішених раніше частин питання.** Спираючись на результати аналізу попередніх досліджень й беручи до уваги, що сталезалізобетонні структурно-вантові конструкції є новими, то частина питань загальної проблеми дослідження цих конструкцій залишаються не дослідженими у повній мірі. Невивченим залишається і питання деформативності окремих несучих плитних елементів.

**Постановка завдання.** Експериментальним шляхом дослідити плитні елементи покриття на дію навантаження. На основі отриманих результатів встановити ефективність прийнятого способу армування плит і забезпечення сумісної роботи сталі та бетону у складі конструкції.

**Основний матеріал.** Сталезалізобетонне структурно-вантове покриття є новим (рис. 1). Воно синтезує у собі переваги існуючих просторових покриттів, як металевих так і залізобетонних чи армоцементних. Сутність досліджуваних конструкцій полягає у раціональному використанні матеріалів.

Сталезалізобетонне структурно-вантове покриття є збірним і складається з модульних елементів, які у свою чергу об'єднують у собі залізобетонні чи армоцементні плити, як верхній пояс та сталеві трубчасті стрижні, як елементи просторової решітки. Як нижній пояс використовуються гнучкі сталеві елементи – ванти, які працюють тільки на розтяг. Таким чином, завдяки прийнятому конструктивному рішенню всі елементи працюють сумісно і сприймають лише ті зусилля на які працюють ефективно, тобто у бетонні діють зусилля стиску, у вантах – розтяг, в стрижневих елементах решітки – стиск та розтяг. З'єднання модулів у цілісну конструкцію покриття здійснюється по верхньому та по нижньому поясі. Поєднання просторових модулів здійснюється завдяки розробленим вузловим з'єднанням на болтах.

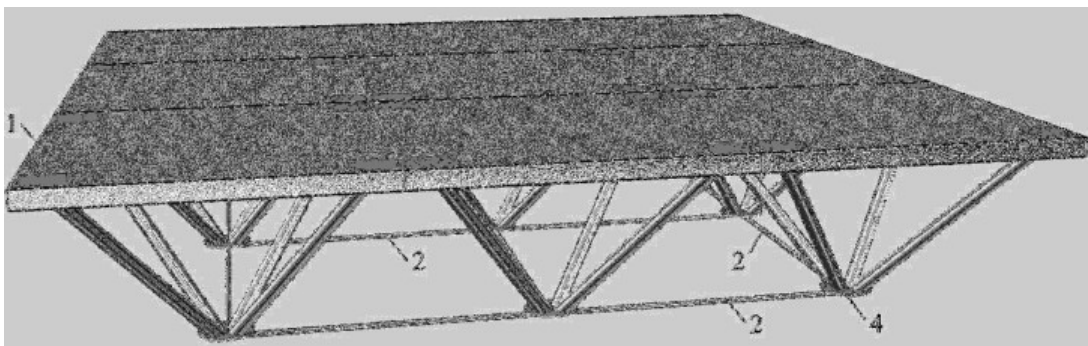


Рис. 1 – Фрагмент сталезалізобетонного структурно-вантового покриття / Part of steel and concrete composite grid-cable roof:

1 – модульний елемент; 2 – ванти; 3 – вузол з'єднання по верхньому поясі; 4 – вузол з'єднання по нижньому поясі

Плитні елементи покриття у залежності від навантаження та умов роботи виготовляться із бетону та можуть армуватися як плетеними сітками так і окремими стрижнями. Розміри плити залежать від прольоту будівлі та від величини й характеру прикладення навантаження. Елементи решітки найефективніше виготовляти з трубчастих елементів, довжина яких визначається розміром плити, а діаметр та товщина стінки – виходячи з умов гнучкості та розрахункового навантаження.

Для досягнення поставленої мети було запроєктовано та виготовлено зразки двох типів. Для дослідження деформативності та ефективності прийнятого способу армування була виготовлена плита армована п'ятьма тонкими плетеними сітками (рис. 2). Сітки були виготовлені з тонкого сталевго дроту діаметром 0,5 та 1 мм та мали розмір чарунки 12 мм (рис. 3). Сітки укладалися щільно на відстані 3 мм одна від одної. Проміжок між сітками забезпечувався завдяки сталевим шайбам, які слугували додатковим анкерним засобом. За рахунок такого рішення вдалося отримати достатньо однорідний за властивостями матеріал. Для забезпечення більшої жорсткості та несучої здатності плити, вона проектувалася із ребрами, які розміщувалися по її контуру. Ребра жорсткості виготовлялися шляхом укладання стрижнів діаметром 6 мм з арматури класу А400 та збільшення висоти поперечного перерізу плити (Рис. 4).

Для підтвердження ефективності конструктивних рішень із забезпечення сумісної роботи сталевих стрижнів та плити, були досліджені модульні елементи сталезалізобетонного структурно-вантового покриття (рис. 5). Армування плити приймалося аналогічним як у попередньому зразку. Стрижні були виготовлені із сталевих безшовних труб. Стрижні знаходилися під кутом 45° до своєї горизонтальної проекції.

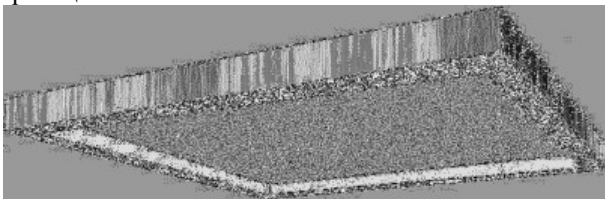


Рис. 2 – Армоцементна плита / Ferrocement slab

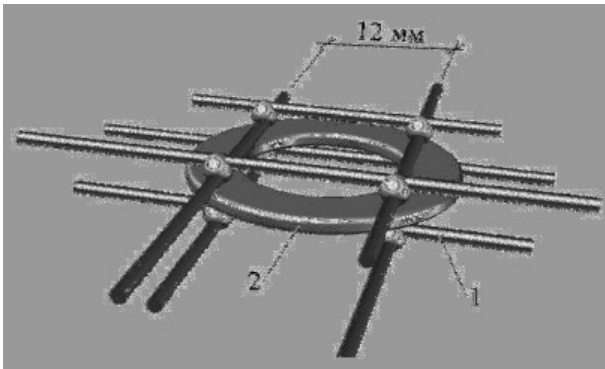


Рис. 3 – Фрагмент сталевгої арматурної сітки / Part of steel reinforcing mesh:

1 – сталевий дрот  $\varnothing 12$  мм; 2 – шайба товщиною  $t=3$  мм

Методика експериментальних досліджень передбачала випробовування зразків на дію навантаження яке прикладалося ступінчасто за допомогою гідравлічного домкрата й системи траверс (рис. 6 – 7).

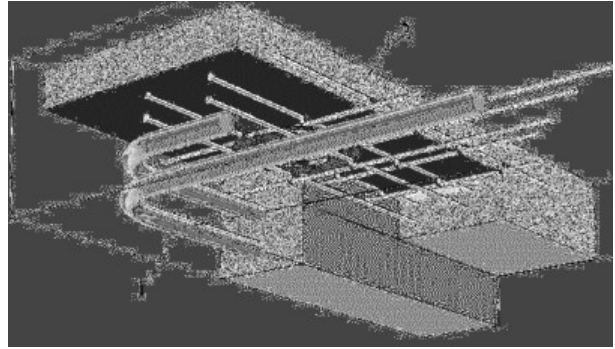


Рис. 4 – Армування ребра жорсткості / Reinforcing of rib:

1 – арматурний стрижень  $\varnothing 6$  мм; 2 – бетон

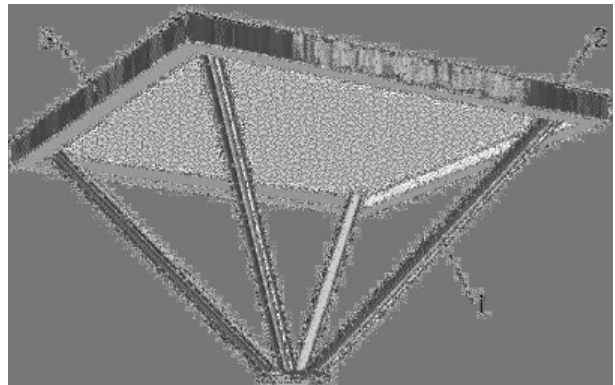


Рис. 5 – Модульний елемент сталезалізобетонного структурно-вантового покриття / Unit of steel and concrete composite grid-cable roof:

1 – трубчастий стрижень; 2 – сталевга пластина; 3 – армоцементна плита

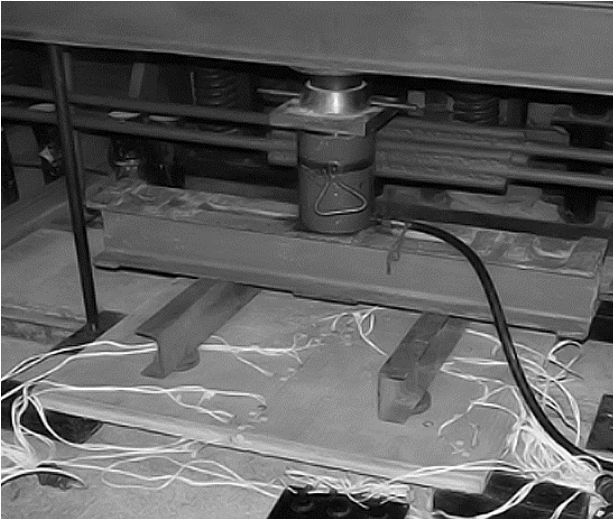


Рис. 6 – Завантаження плити / Loading slab

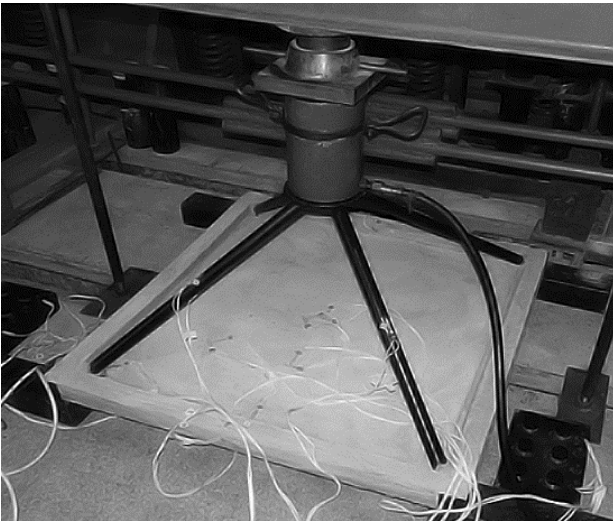


Рис. 7 – Завантаження модуля / Loading unit

Замір деформацій здійснювався за допомогою тензорезисторів та багатоканальної вимірювальної тензометричної системи для статичних випробувань ВВП-8М. Тензорезистори розміщувалися у найбільш напружених і характерніших місцях конструкції (рис. 8)

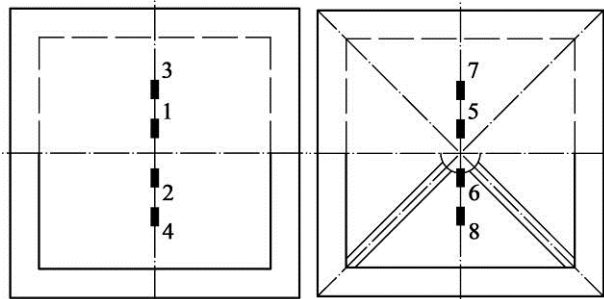


Рис. 8 – Розміщення датчиків / Location of strain gauges

Для заміру деформацій на бетонних поверхнях використовувалися датчики з базою 20 мм. Спосіб та методика наклеювання тензорезисторів відповідали

загальноприйнятим правилам, тобто включали всі необхідні процедури, такі як очищення та ґрунтування поверхні конструкції. Для наклеювання тензорезисторів використовувався клей БФ-2.

Відповідно до прийнятої програми експериментальних досліджень розроблені зразки завантажувалися ступенями з 15 хвилинною витримкою до моменту повної втрати несучої здатності або до моменту виключення тензорезисторів із роботи.

За результатами випробування були отримані експериментальні дані, які у достатній мірі дають можливість судити про несучу здатність запропонованих конструкцій, встановлені залежності деформацій від навантаження (рис. 9 – 10).

Аналіз залежності (рис. 9) показав, що на початковій стадії завантаження були наявні пружні деформації. Пружні деформації арматури та бетону спостерігалися до моменту досягнення навантаження, яке відповідало 70% руйнівного. Пластичні деформації почали проявлятися при досягненні навантаження, яке спричинило початок розвитку тріщин та текучість. Повне руйнування дослідного зразка відбулося при навантаженні 34 кН.

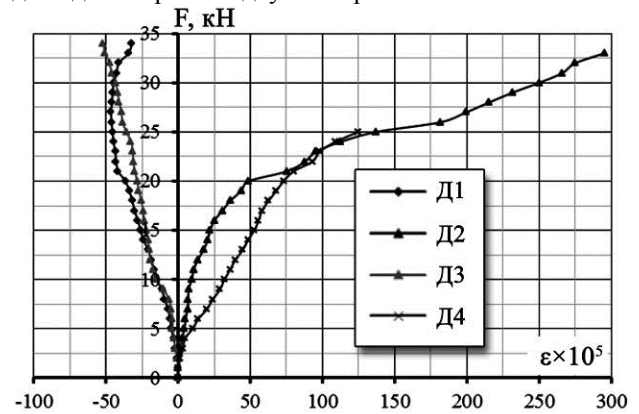


Рис. 9 – Залежність деформацій від навантаження в місцях розміщення датчиків №1, 2, 3, 4 / The dependence strain from load with strain gauge in locations №1, 2, 3, 4

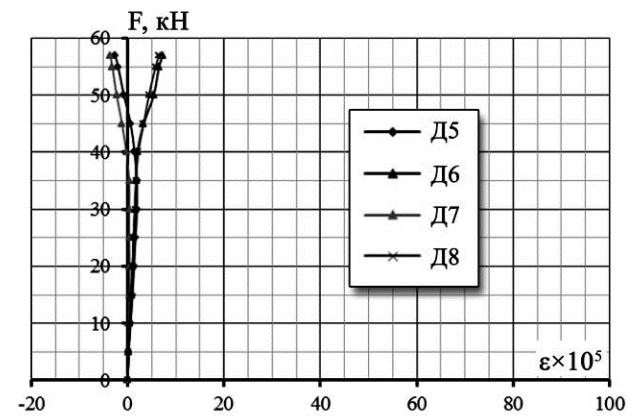


Рис. 10 – Залежність деформацій від навантаження в місцях розміщення датчиків №5, 6, 7, 8 / The dependence strain from load with strain gauge in locations №5, 6, 7, 8

У другому випадку (рис. 10) практично на всіх стадіях завантаження діяли переважно пружні деформації. Руйнування плити відбулося при досягненні навантаження 57 кН.

В цілому в усіх випадках плита працювала як єдина монолітна конструкція, що є ознакою сумісної роботи сталі та бетону.

**Висновки.** За результатами проведеного експерименту можна говорити про достатню

надійність і міцність окремих несучих елементів сталезалізобетонного структурно-вантового покриття. Сталь та бетон завдяки конструктивному рішенню у ході експерименту працювали сумісно, що підтверджує ефективність прийнятого способу армування. Таким чином, результати експерименту свідчать про доцільність використання досліджуваних елементів для зведення великопролітних покриттів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Гапченко С. А. Розрахунок структурно-вантових конструкцій чисельним методом / С. А. Гапченко // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2013. – Вип. 4(1). – С. 64–70.

Gapchenko S. A. Rozrakhunok strukturno-vantovykh konstruktсий chysel'nyim metodom [Calculation of structural-guy rope construction of numerical method]. Zbirnyk naukovykh prats' [Poltavs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. Yu. Kondratyuka]. Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo, 2013, issue 4(1), p.p. 64–70.

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb\\_2013\\_4\(1\)\\_10.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb_2013_4(1)_10.pdf)

2. Єфіменко В. І. Аналіз сучасного стану конструювання будівель зі сталезалізобетонними конструкціями / В. І. Єфіменко, О. А. Паливода // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2013. – Вип. 25. – С. 549–554.

Efimenko V. I., Palyvoda O. A. Analiz suchasnoho stanu konstruyuvannya budivel' zi stalezalizobetonnyu konstruktсийamy [Analysis of the current state of the construction of buildings with reinforced concrete structures]. Resursoekonomni materialy, konstruktсийi, budivli ta sporudy, 2013, issue 25, p.p. 549–554

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/rmkbs\\_2013\\_25\\_76.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/rmkbs_2013_25_76.pdf)

3. Мурза С. О. Розрахунок просторових сталезалізобетонних структурних конструкцій / С. О. Мурза // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2010. – Вип. 2. – С. 55–61.

Murza S. O. Rozrakhunok prostorovykh stalezalizobetonnykh strukturnykh konstruktсий [Calculation of space steel and concrete composite structural constructions] Zbirnyk naukovykh prats' [Poltavs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. Yu. Kondratyuka]. Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo, 2010, issue 2, p.p. 55–61

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb\\_2010\\_2\\_13.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb_2010_2_13.pdf)

4. Настоящий В. А. Світовий досвід впровадження сталезалізобетонних конструкцій в будівництво / В. А. Настоящий, В. В. Дарієнко, І. О. Скриннік, В. В. Яцун // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер.:

Галузеве машинобудування, будівництво. – 2012. – Вип. 1. – С. 49–52.

Nastoyaschiy V. A., Darienko V. V., Skrynnik I. O., Yacun V. V. Svitovyy dosvid vprovadzheniya stalezalizobetonnykh konstruktсий v budivnytstvo [World experience of introduction of composite construction in building]. Zbirnyk naukovykh prats' [Poltavs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. Yu. Kondratyuka]. Ser.: Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo, 2012, issue 1, p.p. 49–52.

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb\\_2012\\_1\\_8.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb_2012_1_8.pdf)

5. Нижник О. В. Будівництво сталезалізобетонного безбалкового перекриття / О. В. Нижник // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 78(1). – С. 144–149.

Nizhnik O. V Budivnytstvo stalezalizobetonnoho bezbalkovoho perekryt'tya [Construction of steel and concrete composite girderless floor] Budivel'ni konstruktсийi, 2013, issue 78(1), p.p. 144–149

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/buko\\_2013\\_78\(1\)\\_22.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/buko_2013_78(1)_22.pdf)

6. Нижник О. В. Будівництво сталезалізобетонного каркаса багатопверхових будівель із безбалковим перекриттям / О. В. Нижник // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2014. – Вип. 3(1). – С. 127–131.

Nizhnik O. V Budivnytstvo stalezalizobetonnoho karkasa bahatopoverkhovykh budivel' iz bezbalkovym perekryt'tyamy [Building of steel reinforced concrete of framework of multistory building with girderless floor] Zbirnyk naukovykh prats' [Poltavs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. Yu. Kondratyuka]. Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo, 2014, issue 3(1). p. 127–131.

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb\\_2014\\_3\(1\)\\_21.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb_2014_3(1)_21.pdf)

7. Семко О. В. Вузол з'єднання монолітного залізобетонного перекриття зі сталезалізобетонною колоною з використанням фасонок / О. В. Семко, А. О. Дмитренко, Т. А. Дмитренко // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2011. – Вип. 1. – С. 161–165.

Semko O. V., Dmytrenko A. O., Dmytrenko T. A. Vuzol z'yednannya monolitnoho zalizobetonnoho perekryt'tya zi stalezalizobetonnoyu kolonoyu z vykorystanniam fasonok [Joint of connection of monolithic ferro-concrete blocking with a steel-concrete column with use of plates] Zbirnyk naukovykh

prats' [Poltavs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. Yu. Kondratyuka]. Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo, 2011, issue 1. p.p. 161–165.

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb\\_2011\\_1\\_31.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb_2011_1_31.pdf)

8. Семко О. В. Про результати натурних випробувань сталезалізобетонних ригелів / О. В. Семко, Д. В. Бібик // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2011. – Вип. 1. – С. 166–170.

Semko O. V., Bibik D. V. Pro rezul'taty naturnykh vyprobuvan' stalezalizobetonnykh ryheliv [About the results of the full-scale experiment of composite steel concrete beams] Zbirnyk naukovykh prats' [Poltavs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. Yu. Kondratyuka]. Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo, 2011, issue 1. p.p. 166–170.

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb\\_2011\\_1\\_32.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb_2011_1_32.pdf)

9. Стороженко Л. І. Експериментальне дослідження моделей структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції / Л. І. Стороженко, Д. А. Єрмоленко, Г. М. Гасій, Ю. Л. Гладченко // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2012. – Вип. 3(33). – С. 243–249.

Storozhenko L. I., Yermolenko D. A., G. M. Gasii, Gladchenko Yu. L. Eksperymental'ne doslidzhennya modeley strukturno-vantovoyi stalezalizobetonnoyi konstruktsiyi [Experimental studies of model of cable steel reinforced-concrete structural covering] Zbirnyk naukovykh prats' [Poltavs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. Yu. Kondratyuka]. Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo, 2012, issue 3(33). p.p. 243–249.

<http://znp.pntu.edu.ua/uk/archive>

10. Стороженко Л. І. Нові сталезалізобетонні структурно-вантові конструкції / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій, С. А. Гапченко // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2014. – Вип. 1. – С. 91–96.

Storozhenko L. I., Gasii G. M., Gapchenko S. A. Novi stalezalizobetonni strukturno-vantovi konstruktsiyi [The new composite and space grid cable-stayed construction] Zbirnyk naukovykh prats' [Poltavs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. Yu. Kondratyuka]. Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo, 2014, issue 1, p.p. 91–96.

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb\\_2014\\_1\\_14.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb_2014_1_14.pdf)

11. Стороженко Л. І. Проблеми створення та проектування сталезалізобетонних конструкцій / Л. І. Стороженко // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 78(1). – С. 129–136.

Storozhenko L. I., Problemy stvorenniya ta proektuvannya stalezalizobetonnykh konstruktsiy [Problems of construction and design steel and concrete composite constructions] Budivel'ni konstruktsiyi, 2013, issue 78(1), p.p. 129–136.

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/buko\\_2013\\_78\(1\)\\_20.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/buko_2013_78(1)_20.pdf)

12. Gasii G. M. Technological and design features of flat-rod elements with usage of composite reinforced concrete [Electronic resource] / G. M. Gasii // Metallurgical and Mining Industry, 2014, №4, p.p. 23–25.

<http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/5.2014.pdf>

13. Jia-Bao Yan, J. Y. Richard Liew, Min-Hong Zhang, K. M. A. Sohel. Experimental and analytical study on ultimate strength behavior of steel-concrete-steel sandwich composite beam structures. Materials and Structures, May 2015, Volume 48, issue 5, pp 1523–1544.

<http://link.springer.com/article/10.1617/s11527-014-0252-4>

14. Megan Rowe, Mark A. Bradford. Partial Shear Interaction in Deconstructable Steel-Concrete Composite Beams with Bolted Shear Connectors. Design, Fabrication and Economy of Metal Structures, 2013, pp 585–590.

[http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-36691-8\\_87](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-36691-8_87)

15. Tao Chen, Xianglin Gu, Hua Li. Behavior of steel-concrete composite cantilever beams with web openings under negative moment. International Journal of Steel Structures, March 2011, Volume 11, issue 1, pp 39–49.

<http://link.springer.com/article/10.1007/S13296-011-1004-8>