

УДК 624.014.2

**Е. В. ГОРОХОВ, И. В. РОМЕНСКИЙ, А. В. МУЦАНОВ, Н. С. ОСИПОВ**  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## РЕГУЛИРОВАНИЕ УСИЛИЙ В СТРУКТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ МЕТОДОМ ОБРАТНОГО ВЫГИБА

**Аннотация.** В статье предложен подход к регулированию напряженно-деформированного состояния (НДС) в элементах структурных конструкций методом обратного выгиба. Объектом исследования является структурная конструкция с нетиповыми размерами в плане (соотношение сторон  $a/b = 1,6/1$ ) и высотой ячейки структурного покрытия 2,74 м. В предложенном методе рассматривается изменение параметра высоты ячейки ( $1/50L$ ).

**Ключевые слова:** большепролетные конструкции, структурные конструкции, НДС, ЛИРА САПР, обратный выгиб.

### АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

На сегодняшний день использование структурных конструкций в перекрытии пролётов свыше 48 м является повсеместным решением. Однако, как известно, сортамент с типовыми элементами для структурных конструкций [1] ограничивает их применение по двум критериям:

- план перекрываемого объекта предполагает квадратную схему;
- габаритные размеры, как правило, не превышают значения 60×60 метров [2].

Как только один из этих критериев не выполняется, выходом из такой ситуации зачастую является либо увеличение сечения стержневых элементов конструкции, либо повышение класса используемого материала в соединительных элементах.

Подход, рассматриваемый в данной работе, предполагает за счет регулирования усилий в стержневых элементах методом обратного выгиба использовать типовые элементы при несоблюдении двух вышеуказанных критериев.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ОБРАТНОГО ВЫГИБА

Сутью реализации метода обратного выгиба конструкции является приведение показателей НДС к допустимым за счет неоднократного перерасчета конструкции, то есть:

- вертикальные перемещения в узлах, полученные после первой итерации, отображаются в расчетной схеме и производятся перерасчеты конструкции;
- если НДС приемлемы [4] – расчет прекращается. Если нет – расчет повторяется.
- благодаря проведению нескольких итераций расчета образуется изначальная кривизна конструкции, называемая обратным выгибом («Вспарушиванием») [3].

Объектом исследования при использовании вышеуказанного метода является структурная конструкция [2, 1] со следующими характеристиками и условиями эксплуатации:

- размеры конструкции в плане – 68,4×45 м (рис. 1);
- размеры ячейки структурной конструкции 3,6×3×2,74 м.
- нагрузка на конструкцию – 262,8 кг/м<sup>2</sup>.

При вышеуказанных условиях перерасчета, изменяемым параметром при исследовании являлась высота структурного покрытия, которая принималась в двух вариантах (рис. 2).

Расчет проводился в программном комплексе ЛИРА-САПР 2017. Результаты расчёта без обратного выгиба приведены на рис. 3 и показывают, что максимальные перемещения при высоте ячейки  $1/50L$  достигают 453 мм.

Загрузка 1

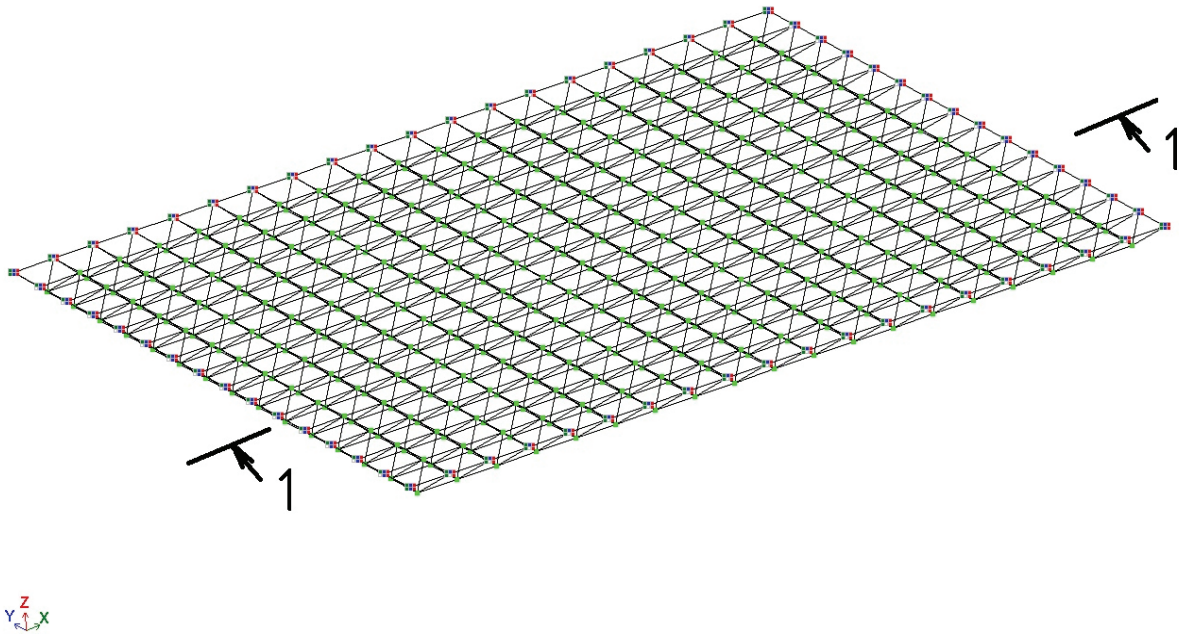


Рисунок 1 – Исследуемая конструкция.

1-1



Рисунок 2 – Высота ячейки структуры  $1/50L$ .

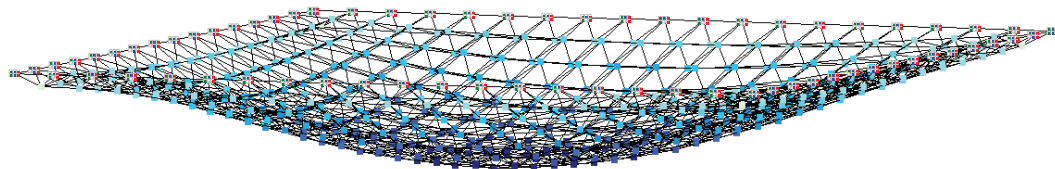
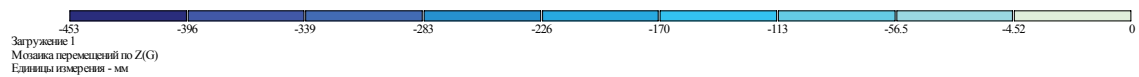


Рисунок 3 – Результаты расчета на статическую нагрузку в ПК-ЛИРА САПР 2017.

При «подключении» метода обратного выгиба за 6 итераций расчета можно выйти на уровень максимальных перемещений 130,37 мм (при создании начальной кривизны конструкции в 1 530 мм (рис. 4)). Результаты расчетных значений по итерациям представлены в таблице.

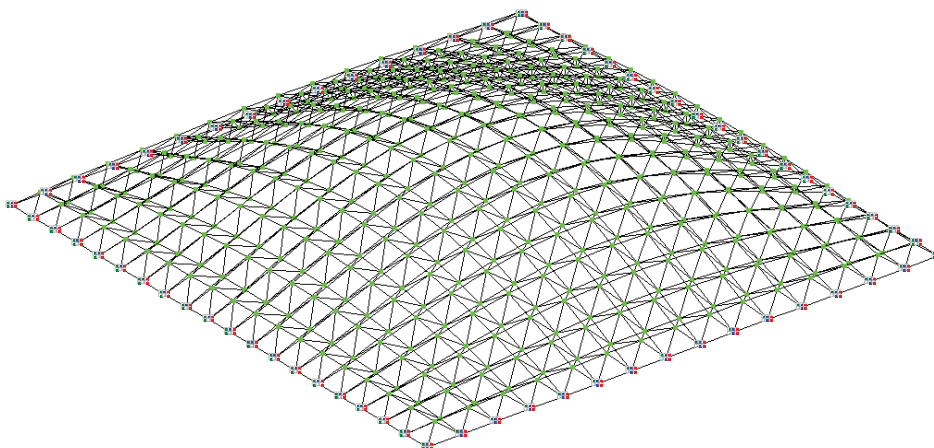


Рисунок 4 – Полученная кривизна структурной конструкции.

Таблица – Результаты расчетных итераций для высоты ячейки  $1/50L$

№ шага «выдавливания»	Контролируемый параметр	Вариант закрепления опор
		Неподвижное закрепление
0 (плоский вариант)	$W_{\max}$ (мм)	453
	$N_{\max}$ (кН)	171,42
	$f_0/l$	0
1	$W_{\max}$ (мм)	309,64
	$N_{\max}$ (кН)	151,36
	$f_0/l$	8,5
2	$W_{\max}$ (мм)	249,72
	$N_{\max}$ (кН)	151,27
	$f_0/l$	15,8
3	$W_{\max}$ (мм)	202,95
	$N_{\max}$ (кН)	133,66
	$f_0/l$	21,8
4	$W_{\max}$ (мм)	170,23
	$N_{\max}$ (кН)	118,57
	$f_0/l$	26,6
5	$W_{\max}$ (мм)	147,27
	$N_{\max}$ (кН)	106,48
	$f_0/l$	30,7
6	$W_{\max}$ (мм)	130,37
	$N_{\max}$ (кН)	96,90
	$f_0/l$	34,2

### ВЫВОДЫ

1. При использовании метода обратного выгиба конструкции при высоте ячейки  $1/50L$  удалось понизить уровень максимальных перемещений конструкции на 70 %, что подтверждает эффективность использования такого метода.

2. Метод обратного выгиба оказался эффективным при шарнирно-неподвижном закреплении конструкции по контуру. Однако условия примыкания такой конструкции к колоннам не учитывались.

3. Вид конструкции после назначения ей начальной кривизны приобретает вид Гауссовой, как для оболочек.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vista Виста Производство перекрестно-стержневых пространственных конструкций [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://vista-marhi.ru/o-sisteme-MARHI/chto-takoe-PSPK/>. – Официальная страница.

2. Трущев, А. Г. Пространственные металлические конструкции [Текст] : учебное пособие / А. Г. Трущев. – М. : Стройиздат, 1983. – 216 с.
3. Основные подходы к назначению пространственных и жесткостных характеристик покрытия системы МАР-ХИ при регулировании параметров его напряженно-деформированного состояния [Текст] / И. В. Роменский, Т. И. Загоруйко, А. В. Мущанов // Металлические конструкции. – 2015, Том 21, № 1. – С. 5–14.
4. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування [Текст]. – На заміну частини 1 ДБН В.2.6-163:2010 та ДСТУ Б В.2.6-194:2013 ; чинні від 2015-01-01. – К. : Мінбуд України, 2014. – 198 с.
5. Chilton, John Space Grid Structures: 1. Space frame structures – Design and construction – I Title [Текст] / John Chilton. – Oxford, Auckland, Boston, Johannesburg, Melbourne, New Delhi : Architectural Press, 2000. – 191 p.

Получено 15.03.2019

Є. В. ГОРОХОВ, І. В. РОМЕНСЬКИЙ, О. В. МУЩАНОВ, М. С. ОСІПОВ  
РЕГУЛЮВАННЯ ЗУСИЛЬ У СТРУКТУРНИХ КОНСТРУКЦІЯХ МЕТОДОМ  
ЗВОРОТНОГО ВИГИНУ

ДОНЕСІ ВІСНО «ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

**Анотація.** У статті запропоновано підхід до регулювання напружено-деформованого стану (НДС) в елементах структурних конструкцій методом зворотного вигину. Об'єктом дослідження є структурна конструкція з нетиповими розмірами в плані (співвідношення сторін  $a/b = 1,6/1$ ) і висотою структурного покриття 2,74 м. У запропонованому методі розглядається зміна параметра висоти комірки ( $1 / 50L$ ).

**Ключові слова:** великопрогонові конструкції, структурні конструкції, НДС, ЛІРА САПР, зворотний вигин.

YEVGEN GOROKHOV, IGOR ROMENSKY, ALEXANDER MUSHCHANOV,  
NIKITA OSIPOV  
REGULATION OF EFFORTS IN STRUCTURAL STRUCTURES BY THE  
METHOD OF REVERSE FOLDING

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The article proposes an approach to the regulation of the stress-strain state (VAT) in the elements of structural structures by the method of reverse bending. The object of the study is a structural structure with atypical dimensions in the plan (aspect ratio  $a/b = 1.6/1$ ) and a structural coverage cell height of 2.74 m. The proposed method considers the change in the cell height parameter ( $1 / 50L$ ).

**Key words:** long-span structures, structural structures, SSS, LIRA CAD, Office, reverse bend.

**Горохов Евгений Васильевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»; иностранный член Российской Академии архитектурно-строительных наук. Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, климатические нагрузки на строительные конструкции.

**Роменский Игорь Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование методов расчета и проектирования пространственных металлических конструкций.

**Мущанов Александр Владимирович** – ассистент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: расчет и проектирование пространственных металлических конструкций.

**Осипов Никита Сергеевич** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: расчет и проектирование пространственных металлических конструкций.

**Горохов Євген Васильович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металевих конструкцій та споруд ДОНЕСІ ВІСНО «ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»; закордонний член Російської Академії архітектурно-будівельних наук. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, кліматичні впливи на будівельні конструкції.

**Роменський Ігор Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій та споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: удосконалення методів розрахунку та проектування просторових металевих конструкцій.

**Мущанов Олександр Володимирович** – асистент кафедри металевих конструкцій та споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розрахунок і проектування просторових металевих конструкцій.

**Осіпов Микита Сергійович** – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розрахунок і проектування просторових металевих конструкцій.

**Gorokhov Yevgen** – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of the Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture; a foreign member of the Russian Academy of Architectural and Building Science. Scientific interests: operational reliability of building metal structures, climatic loads on building structures.

**Romensky Igor** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: include the perfection of calculation method and designing of spatial metal structures.

**Mushchanov Alexander** – assistant, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: analysis and design of spatial metal structures.

**Osipov Nikita** – Master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: analysis and design of spatial metal structures.