

*к.т.н. Иванов А.П.,  
к.т.н. Карапетян С.Х.  
(ДонДТУ, г. Алчевск, Украина),  
Иванова И.А.  
(ОАО УкрНИИПСК им. В.Н. Шимановского,  
г. Киев, Украина)*

### **ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ СВАРНЫХ СКВОЗНЫХ КОЛОНН**

*Наведені результати експериментальних досліджень, отримані розподіл залишкового напруженого стан в елементах зварних наскрізних колон з двох швелерів після збірки і наплавлення подовжніх валів зварного шва в певних місцях перетинів.*

***Ключові слова:** наскрізна колона, швелер, залишковий напружений стан, локальні температурні дія, тензометричні вимірювання.*

*Приведены результаты экспериментальных исследований, получены распределения остаточного напряжённого состояния в элементах сварных сквозных колонн из двух швеллеров после сборки и наплавки продольных валиков сварного шва в определённых местах сечений.*

***Ключевые слова:** сквозная колонна, швеллер, остаточное напряжённое состояние, локальные температурные воздействия, тензометрические измерения.*

Основным видом соединений металлических строительных конструкций на сегодняшний день является сварка. Она почти полностью заменила другие виды соединений при изготовлении конструкций и широко применяется как на заводе, так и при монтаже на строительной площадке. Однако, сложность состоит в том, что тяжело восстановить последовательность изменений остаточного напряжённого состояния из-за всех этапов сварочного процесса в изготовленных металлических конструкциях. Это говорит о том, что роль сварочных напряжений, влияющих на напряжённое состояние металлических конструкций в целом, полностью еще не изучена. Наряду с этим предлагается выявить распределение остаточного напряжённого состояния при введении дополнительных сварных швов, как элемента повышения несущей спо-

способности конструктивных элементов за счёт снижения или изменения уровня остаточных напряжений в сечении конструкции.

**Анализ последних исследований и публикаций** показывает, что внутренние напряжения, возникающие при сварке, именуемые сварочными напряжениями являются предметом многочисленных исследований как в бывшем Советском Союзе, так и за границей.

Значение сварочных напряжений было отмечено еще самим изобретателем электродуговой сварки металлическим электродом Н.Г. Славяновым, который уже тогда указал на природу их возникновения и меры борьбы с ними.

На сегодняшний день этой проблемой занимались, и занимается целый ряд ученых, как из бывших стран Советского союза, так и зарубежных стран: К.П. Большаков; В.Н. Васылев; В.А. Винокуров; А.И. Голоднов; А.Г. Григорьянц; В.С. Игнатьева; А.А. Казимиров; Б.С. Касаткин; Л.М. Лобанов; А.Я. Недосека; Г.А. Николаев; Н.О. Окерблом; Е.О. Патон и многие другие [1-8].

Однако, несмотря на значительное количество работ по проблеме сварочных напряжений на сегодняшний день этот вопрос остается недостаточно изученным.

В данной работе проводится дальнейшее изучение остаточного напряженного состояния элементов сварной металлической конструкции после ее сборки и введения дополнительных сварных швов в элементах конструкций на примере сварной сквозной колонны.

**Цель работы.** Рассмотреть полученное остаточное напряженное состояние в сквозной сварной колонне после всех технологических операций, связанных с ее изготовлением и применения локальных термических воздействий.

Исследование проводилось на колонных фрагментах сварных сквозных колонн, состоящих из двух швеллеров, повёрнутых полками наружу. Ветви колонн были изготовлены из швеллеров 12П по ДСТУ 3436 (ГОСТ 8240-97), соединенных планками из листовой стали толщиной 8 мм размером 110x140 мм. Колонные фрагменты (КФ-1, КФ-2, КФ-3, КФ-4, КФ-5 и КФ-6) с расстоянием между планками в свету 440мм отличались друг от друга только местом положения валиков сварного шва на колонне:

КФ-1 – без валика сварного шва и принят в качестве эталона;

КФ-2 – отличается от КФ-1 наличием сварных швов по центрам стенок швеллеров;

КФ-3 – отличается от КФ-1 наличием сварных швов по центрам стенок и по перьям полок швеллеров;

КФ-4 – отличается от КФ-1 наличием сварных швов только по перьям полок швеллеров;

КФ-5 – отличается от КФ-1 наличием сварных швов только по перьям полков одного швеллера;

КФ-6 – отличается от КФ-1 наличием сварного шва по центру стенки одного швеллера.

Валик сварного шва (элемент локального термического воздействия) во всех случаях был выполнен вручную электродом АНО, диаметром 3мм по всей длине колонны. Высота валика сварного шва находилась в пределах 2,5 - 3мм, ток – переменный, находился в пределах 130 ампер.

Общий вид колонного фрагмента с расстановкой тензорезисторных датчиков по сечению приведен на рисунке 1.

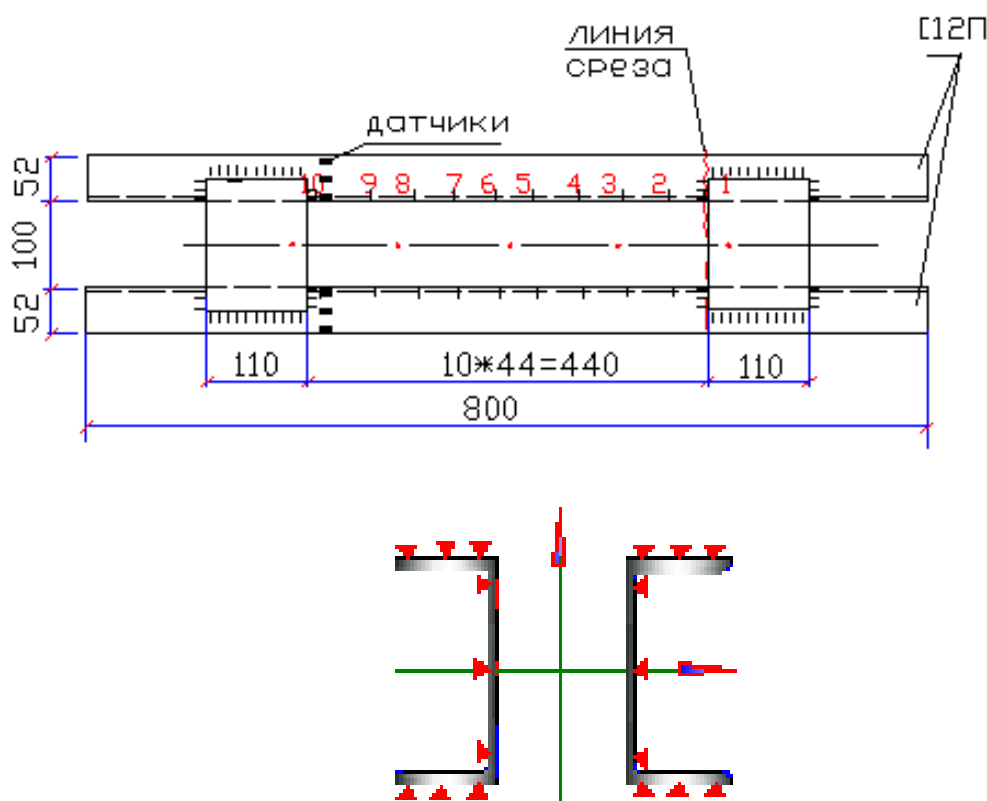


Рисунок 1- Конструктивные схемы колонных фрагментов КФ-1 – КФ - 6

Исследования проводились разрушающим методом, т.е. отрезалась часть колонны около одной из соединительных планок. Около планки на полках и стенках швеллеров по сечению установлены тензодатчики. Измерительная система состояла из тензорезисторов типа КФ5П1-5–200–А-12 с базой 5 мм и измерительного комплекса СИИТ – 3.

По длине колонны (промежуток между соединительными планками) был разделен на десять равных частей для определения перемещения ветвей колонны после поперечной разрезки.



Рисунок 2- Проведение эксперимента: разрезание колонны (слева) и замер положения ветвей колонны после разрезки

Разрезание колонны проводилось по ветвям. После отделения одной ветви внутренняя энергия практически переходила в деформацию ветвей, которые принимали криволинейную форму выгнувшись в наружную или во внутреннюю сторону в зависимости от места положения валика сварного шва в сечении колонны.

Проанализировав полученные результаты, были построены эпюры остаточного напряженного состояния сквозной колонны в рассмотренных сечениях. Для перевода полученных результатов из делений прибора в МПа применялись переводные коэффициенты, полученные при тарировке тензорезисторов. Для сжатых частей сечения колонны, коэффициент равен 0,3868 МПа, для растянутых – 0,3881 МПа с погрешностью в пределах упругих деформаций не более 2 %.

Эпюры остаточного напряженного состояния швеллеров, из которых были сделаны ветви колонны, были получены в предыдущих экспериментальных работах, результаты которых уже были опубликованы [9].

Распределение остаточных напряжений по сечению колонны после изготовления (колонна КФ-1) показало, что перо полки растянуто, а обухок и стенка сжаты. Уровень напряжений составляет: на перо полки +86,43 МПа; на обухке –40,15 МПа, а в стенке в пределах от –40,15 до 36,5 МПа. Ветви разошлись в месте разреза колонного фрагмента во внешнюю сторону на 4,9 мм. Форма распределения остаточных напряжений приведена на рисунке 3.

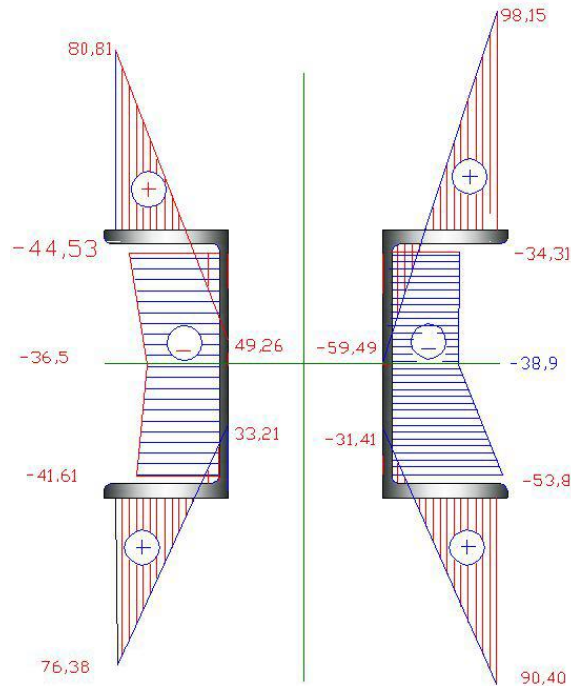


Рисунок 3-Распределение остаточных напряжений в колонне после разрезки (КФ-1)

Наложение валика сварного шва посередине стенки двух швеллеров изменило форму распределения остаточных напряжений по сечению (колонна КФ-2). Здесь перо полки сжато, а обушок и стенка растянуты. Ветви переместились вовнутрь на 1,75 мм. Форма распределения остаточных напряжений приведена на рисунке 4.

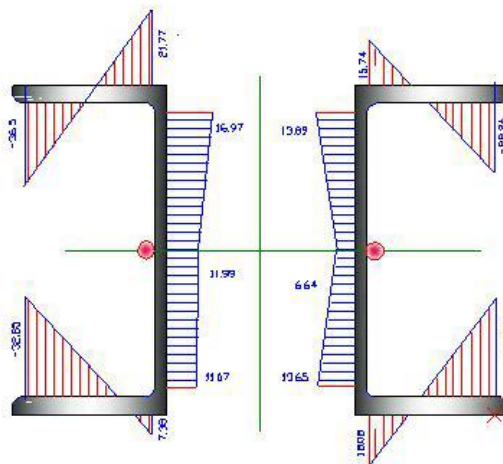


Рисунок 4 - Распределение остаточных напряжений в колонне после разрезки (КФ-2)

На этой эпюре напряжения распределились следующим образом: перо полки сжато, а уровень напряжений составил  $-30,05$  МПа; обухок растянут, а напряжение составило  $+15,74$  МПа. В стенке напряжения находились в пределах от  $+13,09$  до  $+10,2$  МПа.

По результатам измерения линий деформирования колонных фрагментов были просчитаны полиномы третьего порядка. Уравнение линии деформирования и ее вид представлены на рисунках 5 и 6.

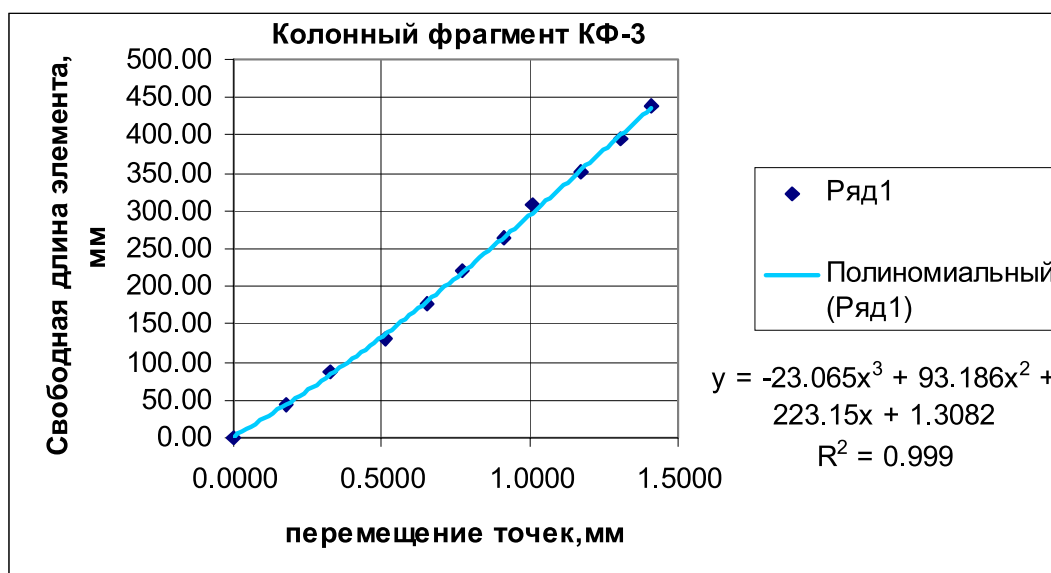


Рисунок 5 – График линии деформирования (колонный фрагмент КФ-3) после разрезки образца

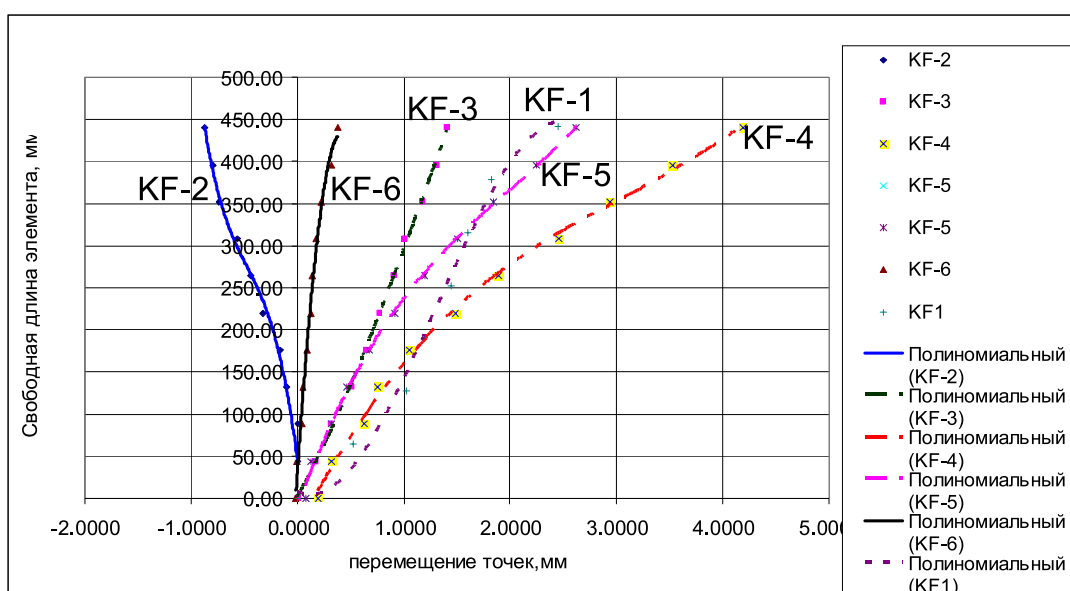


Рисунок 6- Графики линий деформирования ветвей колонн при определении остаточных напряжений после воздействия ЛТВ

Таблица –1 Распределение напряжённого состояния в сечении элементов сквозной колонны при применении ЛТВ

Марка образца	Сечение колонны	Напряжения на элементах колонны, МПа				перемещение концов ветвей колонны, мм
		перо	обушек	стенка		
				край	середина	
КФ-1	ЭЕ	86,43	-43,34	-40,15	-36,50	4,900
КФ-2	ЭЕ	-30,05	+15,74	+13,89	+10,20	-1,750
КФ-3	ЭЕ	38,85	-25,43	-20,80	-17,88	2,820
КФ-4	ЭЕ	163,10	-80,30	-74,64	-70,62	8,375
КФ-5	ЭЕ	54,61 130,98	-12,59 -82,30	-12,77 -79,20	-10,22 -73,73	5,250
КФ-6	ЭЕ	-34,12 65,50	31,92 -45,07	22,10 -40,69	28,04 -36,86	0,600

### Выводы

1. Локальное температурное воздействие влияет на распределение напряжений по сечению конструктивного элемента.
2. В зависимости от места наложения валика сварного шва в сечении элемента изменяется размер и форма деформирования ветвей сквозной колонны.
3. В зависимости от вида внешней нагрузки на конструктивный элемент можно повысить несущую способность конструкции применив ЛТВ в месте наибольшего напряженного состояния.

### Библиографический список

1. Махненко В.И. Развитие теории сварочных напряжений и деформаций [Текст] / В.И. Махненко // Тр. Всесоюзного симпозиума по остаточным напряжениям и методам регулирования. – Щербинка: НИИМАШ, 1982. – С. 271-294.
2. Недосека А.Я. Основы расчета и диагностики сварных конструкций [Текст] / А.Я. Недосека. – К.: ИНДПРОМ, 2001. – 815 с.
3. Окерблом Н.О. Расчет деформаций металлоконструкций при сварке [Текст] / Окерблом Н.О. – М.; Л.: Машигиз, 1955. – 212 с.
4. Экспериментальные исследования сварочных напряжений и деформаций [Текст] / Б.С. Касаткин, Л.М. Лобанов, В.В. Волков, В.А. Пивторак. – К: Наукова думка, 1976. – 148 с.
5. Голоднов А.И. Регулирование остаточных напряжений в сварных двутавровых колоннах и балках [Текст] / А.И. Голоднов. – К.: Сталь, 2008. – 150с.

6. Козлов С.В. Повышение устойчивости сжатых элементов ферм из уголкового профиля локальными термическими воздействиями: дис... канд. тех. наук: 05.23.01. [Текст] / Козлов Сергей Васильевич. – К.: 2004. – 168с.

7. Биргер И.А. Остаточные напряжения [Текст] / И.А. Биргер. – М.: Машигиз, 1963. – 232с.

8. Давиденков Н.Н. Избранные труды: в 2-х т. Т.2.: Механические свойства материалов и методы измерения деформаций [Текст] / Н.Н. Давиденков. - К.: Наукова думка, 1981. – 704с.

9. Иванов А.П. Методика определения напряженно-деформированного состояния в прокатных швеллерах после локальных термических воздействий [Текст] / А.П. Иванов, И.А. Иванова // Сборник научных трудов ДонГТУ. – Алчевск: «Лад», 2009. – вып.28. – С. 260-268.

**Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Должиковым П.Н.**