

*Никишина И. А.*

*асс. каф. строительных конструкций, frezi9@ukr.net,*

*Псюк В. В.*

*к.т.н., доц., зав. каф. строительных конструкций, psuk@rambler.ru*

*ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ИЗ ТРУБ КВАДРАТНОГО СЕЧЕНИЯ

**Постановка проблемы.** При проектировании и изготовлении сварных стальных конструкций значительное внимание уделяют изучению вопроса влияния напряжений и деформаций, возникающих в процессе сварки. Это обусловлено тем, что в совокупности с другими факторами остаточные напряжения и остаточные деформации могут неоднозначно влиять на прочность и надежность конструкций.

Изучение воздействия остаточных напряжений, возникающих в результате термического воздействия сварного шва на стержни из труб квадратного сечения, актуально в области реконструкции металлических промышленных зданий. Данный метод удобно применять на локальных участках конструкции без замены металлических элементов, что в свою очередь не требует или частично требует остановку производственного процесса и не изменяет расчетную схему здания. Производственный и экономический плюс данного метода обоснован.

Известно, что регулирование остаточного напряженного состояния наплавкой валиков или прогрева кромок до температуры выше критической точки АС<sub>3</sub>, позволяет создать зоны остаточных растягивающих напряжений на участках элементов. При последующем сжатии эти зоны способствуют повышению местной и общей устойчивости элементов и конструкций в целом [1].

**Анализ исследований и публикаций.** В настоящее время выполнено большое количество научных исследований, посвященных остаточному напряженному состоянию стальных конструкций. Большой вклад в изучение остаточного напряженного состояния и его влияния на работу конструкций внесли: 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 др.

Работ, посвященных исследованию остаточных напряжений в трубах квадратного сечения не так много. Учитывая, что в последнее время широкое распространение при производстве стальных конструкций получили гнутые профили закрытого типа, данные исследования являются актуальными.

На основе ранее проведенных исследований на кафедре строительных конструкций ДонГТУ [2, 3] установлено, что величина остаточных напряжений в сечениях элементов может достигать значительных величин и оказывать существенное влияние на их несущую способность.

**Цель работы** — выявить величину и особенности распределения остаточных напряжений в элементах из труб квадратного сечения.

**Изложение материала и его результаты.** В качестве экспериментальных образцов использовались трубы квадратного сечения 80×80×3 по ГОСТ 30245–2003 [4]. Марка стали образцов труб квадратного сечения 3 Сп.

Предварительно на базе центральной лаборатории ПАО «АМК» были проведены экспериментальные исследования по определению физико-механических свойств стали испытываемых образцов в соответствии с ГОСТ 1497–84. Также были получены результаты химического состава образцов.

Анализ химического состава исследуемых образцов из труб квадратного сечения показал, что полученные результаты соответствуют ГОСТ 380–2005. Данный документ регламентирует допуски при изготовлении труб. По результатам определения физико-механических свойств была выполнена статистическая обработка для определения среднего значения предела текучести и доверительный интервал. Величина предела текучести стали составила 350 МПа. Оценка соответствия наших образцов ГОСТ 30245–2003 была выполнена с уточнением их геометрических характеристик.

Для определения остаточных напряжений в сечениях образцов использовался разрушающий метод. Сущность данного метода заключается в освобождении связей, препятствующих свободному перемещению фрагментов образца (рис. 1).

Регистрация деформаций при определении остаточных напряжений определялась с помощью тензометрической системы СИИТ-3. Перед проведением испытаний была выполнена тарировка тензометрической системы СИИТ-3 и определена цена деления, выраженная в напряжении на единицу показания прибора, которая составила 0,363 МПа. Эпюры распределения остаточных напряжений приведены на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, наружная поверхность труб квадратного сечения имеет остаточные напряжения сжатия. При этом наибольшее значение величины остаточных напряжений возникает в середине стенок труб, а по углам трубы значения остаточных напряжений меньше. Это обусловлено особенностями технологии производства труб квадратного сечения из заготовок — круглых труб. В процессе четырёхстороннего обжатия заготовок большему деформированию подвергаются стенки, чем углы труб, что приводит к появлению больших величин остаточных напряжений сжатия.

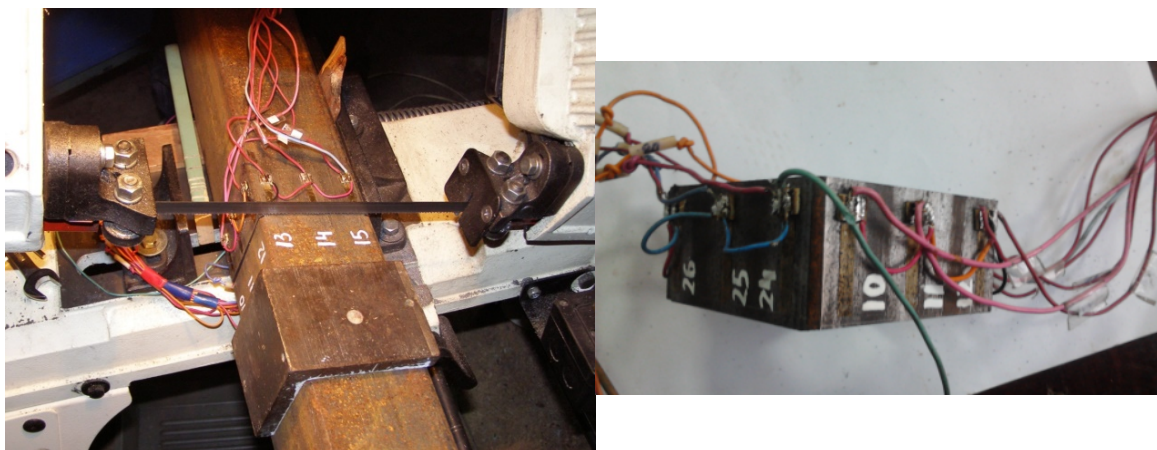


Рисунок 1 Разрез испытываемых образцов на лентопильном станке и образец типа ГК–8 после полного освобождения связей

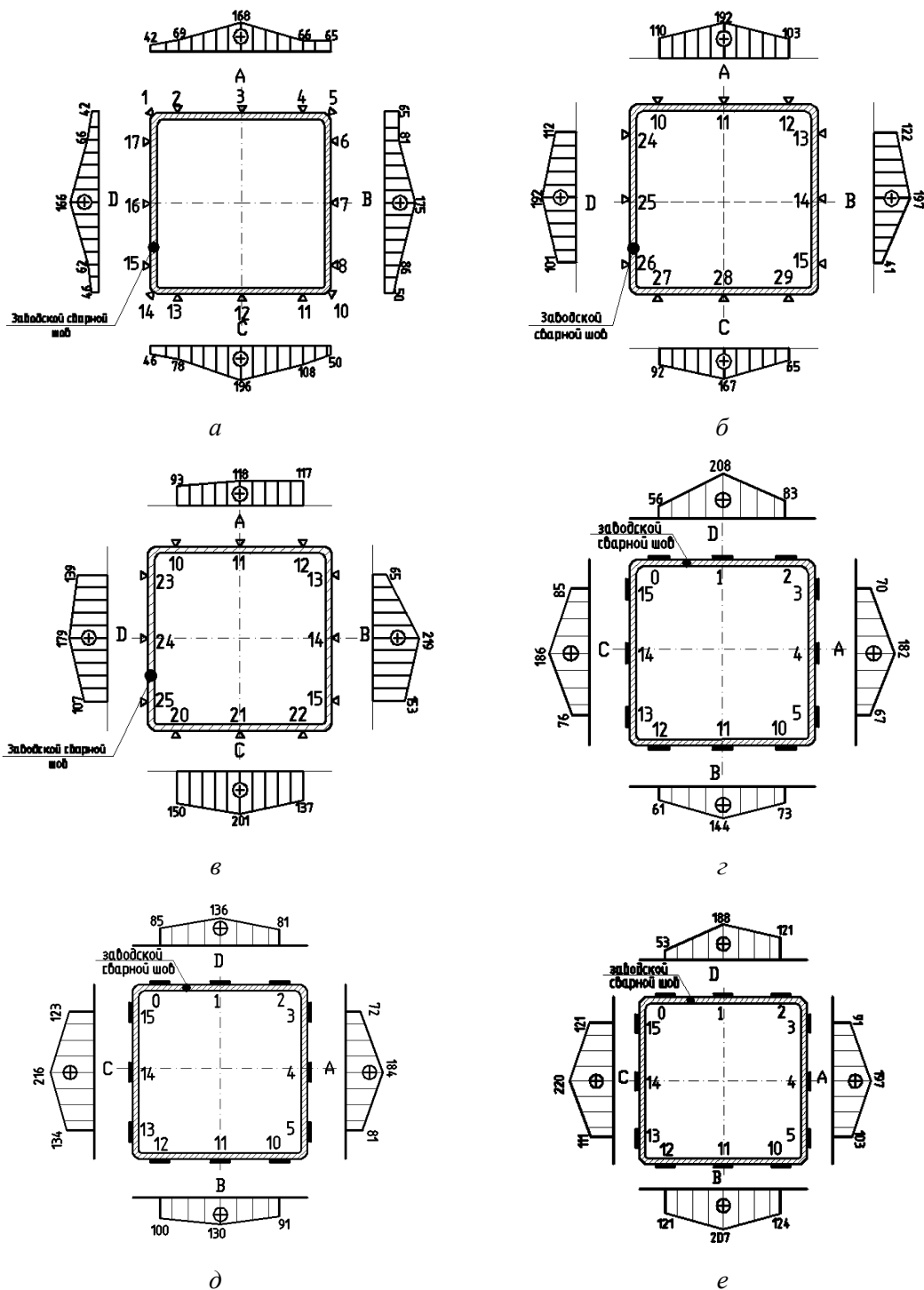


Рисунок 2 — Эпюры продольных остаточных напряжений, МПа, в образцах:  
а) 1ГК 8-0.04; б) 2ГК 8-0.04; в) 3ГК 8-0.04; г) 4ГК 8-0.04; д) 5ГК 8-0.04; е) 9ГК 8-0.04

**Выводы.** Метод измерения деформаций путем освобождения элементов конструкций с остаточными напряжениями после разрыва связей позволяет определить наличие остаточных продольных напряжений в элементах из труб квадратного сечения. Величина продольных остаточных напряжений на поверхности труб квадратного сечения составляет 42–220 МПа, что достигает от 12 % до 63 % величины предела текучести стали испытываемых образцов.

### Библиографический список

1. Голоднов, А. И. Регулирование остаточных напряжений в сварных двутавровых колоннах и балках / А. И. Голоднов. — К. : Сталь, 2008. — 150 с.
2. Иванов, А. П. Распределение температурных остаточных напряжений в швеллерах при нанесении сварного шва / А. П. Иванов, В. В. Псюк, И. А. Иванова // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазоряна. — Дніпропетровськ : Вид-во ДНУЗТ ім. акад. В. Лазоряна, 2011. — Вип. 39. — С. 51–54.
3. Козлова, О. М. Вплив залишкових напружень на стійкість стиснених елементів ферм із сталевих труб : дис. ... к-та техн. наук : 05.23.01 / Козлова Ольга Миколаївна; ВАТ «Український науково-дослідний і проектний інститут сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського». — Київ, 2018. — 154 с.
4. Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций. Технические условия : ГОСТ 30245–2003. — М. : ЦНИИПСК им. Н. П. Мельникова, 1995. — 13 с.