

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Машины и автоматизация сварочного производства»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к лабораторной работе № 2  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-  
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В НАХЛЁСТОЧНЫХ СВАРНЫХ  
СОЕДИНЕНИЯХ

по курсу  
Расчет и проектирование сварных конструкций

Ростов-на-Дону  
2022

УДК 621.791.052

Составители: Ю.Г. Людмирский, С.С. Ассауленко, А.Л. Черногоров

Методические указания Экспериментальная оценка напряженно-деформированного состояния в нахлесточных сварных соединениях по дисциплине «Расчет и проектирование сварных конструкций». – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2022. – 7 с.

В указании изложены методика экспериментальной оценки напряженно-деформированного состояния в стыковых и тавровых сварных соединениях, основные теоретические положения и контрольные вопросы для самопроверки.

Предназначены для обучающихся направлений подготовки по программе бакалавриата 15.03.01 Машиностроение, профиль Оборудование и технология сварочного производств.

Кафедра «Машины и автоматизация сварочного производства» выражает глубокую благодарность М.Н. Крумбольдту и В.Н. Фомину и отмечает, что настоящее пособие разработано на основе ранее опубликованных методических разработок этими авторами

УДК 621.791.052

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

Научный редактор док. техн. наук, профессор Ю.Г. Людмирский

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Машины и автоматизация сварочного производства» канд. техн. наук, зав. кафедрой С.В. Нескормный

---

В печать \_\_\_\_ . \_\_\_\_ .2022 г.

Формат 60×84/16. Объем 0,6 усл. п. л.

Тираж \_\_\_\_ экз. Заказ № \_\_\_\_

---

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:  
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный  
технический университет, 2022

## 1 Цель работы

Исследовать распределения напряжений в нахлесточных сварных соединениях. Установить, что является более целесообразным для уменьшения концентрации напряжений по накладке увеличения длины фланговых швов или применение комбинированного соединения с лобовыми и фланговыми швами. Рассчитать концентрацию напряжений по длине флангового шва в зависимости от его длины.

## 2 Общие положения

В нахлесточных соединениях, показанных на рис.1 и рис.3, когда накладка приварена только фланговыми швами, напряжения по ширине накладки распределяются крайне неравномерно. Концентрация напряжений по ширине накладки оценивается теоретическим коэффициентом концентрации напряжений  $\alpha_\sigma$ .

$$\alpha_\sigma = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{cp}}$$

где  $\sigma_{\max}$  - максимальные напряжения по ширине накладки, полученные экспериментально с помощью тензодатчиков сопротивления;

$\sigma_{cp}$  - средние напряжения, вычисленные по формуле

$$\sigma_{cp} = \frac{P}{F}$$

где  $P$  - усилие, приложенное к образцу,  $F$  - площадь поперечного сечения накладок.

Следует обратить внимание: чем больше ширина накладки и чем меньше длина фланговых швов, тем больше концентрация напряжений.

Применение длинных фланговых швов (см. рис.3) снижает концентрацию напряжений в наладке, но является неудачной мерой борьбы с концентрацией напряжений, так как требует увеличения размеров накладки и наложения швов значительной длины. Кроме того, следует помнить, что при этом увеличивается концентрация напряжений по длине флангового шва.

Радикальной мерой борьбы с концентрацией напряжений в нахлесточном соединении является наложение комбинированных швов: двух фланговых в сочетании с лобовым, как показано на рис.2. При этом обеспечивается более равномерное распределение напряжений в соединяемых пластинах. Макеты сварных соединений изготовлены из стали Ст.3, модуль упругости которой

равен  $2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ . Напряжения в характерных точках образцов определяют с помощью тензодатчиков сопротивления.

### **3. Рабочее задание.**

Исследовать распределение напряжений в нахлесточных соединениях. Построить эпюры распределения напряжений в сечениях, обозначенных на рис.1, рис.2 и рис.3. Используя показания тензодатчиков, определить коэффициент концентрации напряжений  $\alpha_\sigma$  в накладке. Построить распределение напряжений по длине фланговых швов. Сделать выводы о преимуществах и недостатках исследованных соединений.

### **4. Приборы и оборудование, необходимые для выполнения работы.**

- 4.1. Макеты сварных соединений (образцы I.I. 1.2. 1.3).
- 4.2. Машина для растяжения образцов.
- 4.3. Измеритель деформаций цифровой ЦТИ-1.
- 4.4. Линейка и штангенциркуль.
- 4.5. ЭВМ.

### **5. Порядок проведения работы.**

**ВНИМАНИЕ.** К работе в лаборатории допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности, с записью в специальном журнале, а студенты - в контрольном листе. Перед включением установок необходимо предварительно, внешним осмотром, убедиться в наличии заземления.

1. Узнать у преподавателя величину растягивающей нагрузки  $P$  для образцов и записать эти данные в протокол. **ВНИМАНИЕ!** Во избежание порчи образцов нагрузка  $P$  не должна превышать 50 кН.

2 Установить образец в захваты машины и закрепить штырями.

3 Подключить тензодатчики с помощью соединительного кабеля к измерителю деформаций ЦТИ-1. Поочередно подключая датчики, замерить их начальные показания -  $I_n$  без нагрузки.

4 Плавнo нагрузить образец до заданной величины нагрузки  $P$ . Подсчитать  $\varepsilon = (I_k - I_n) \cdot 10^{-5}$ .

5 Поочередно подключая датчики, измерить  $I_k$  - конечные показания при нагруженном образце. Данные записать в таблицу.

6 Образец по окончании замеров разгрузить и снять с машины.

7. Повторить действия по пунктам 2-6 для остальных образцов. Подсчитать деформацию  $\varepsilon = (I_k - I_n) \cdot 10^{-5}$

8. Подсчитать напряжения в точках, где наклеены датчики.  $\sigma = E \cdot \varepsilon$

9. Нанести полученные данные на эскиз образцов. Построить эпюры распределения напряжений. Для симметричных сечений, где датчики наклеены по одну сторону от оси симметрии, эпюру достраивать и для другой стороны образца. Определить коэффициент концентрации напряжений для всех исследованных нахлесточных соединений.

10. Рассчитать касательные напряжения по длине фланговых швов, построить эпюру распределения напряжений по длине фланговых швов в нахлесточных соединениях в зависимости от геометрических параметров сварных соединений ( $\beta$  и  $K$ ).

11. Сделать выводы по полученным результатам.

12. Оформить отчет.

## **6. Содержание отчёта.**

1. Цель работы.

2. Исходные данные.

3. Таблицы результатов измерений и расчетов.

4. Эскизы образцов с эпюрами распределения напряжений.

5. Расчеты коэффициентов концентрации напряжений.

6. Выводы по работе.

Отчёт по лабораторной работе рекомендуется выполнять на двойных тетрадных листах. На внутренней левой странице вверху записываются цель работы и исходные данные: номер образца, материал, модуль упругости  $E$ , размеры сечения образца, заданная нагрузка, а ниже помещается таблица с указанием номера образца.

На правой внутренней странице в возможно большем масштабе изобразить эскиз одного исследуемого образца и, сохраняя масштаб, обозначить расположение датчиков. В сечениях, указанных на рис. 1; 2; 3, штрихпунктирными линиями построить эпюры напряжений.

Краткие выводы по полученным результатам и замечания по достоинствам и недостаткам исследованных соединений записывают внизу на правой странице.

Таблица Результаты измерений

№ датчика	Показания прибора ЦТИ-1		Относительная деформация $\varepsilon = (I_k - I_n) \cdot 10^{-5}$	Напряжение $\sigma = E \cdot \varepsilon$ , МПа
	$I_n$	$I_k$		
1				
2				
n				

Примечание: 1. Количество строк (n) в таблице должно соответствовать количеству датчиков, наклеенных на исследуемый образец.

2.  $I_n$  - начальное измерение, снятое по прибору ЦТИ-1 и принятое за условный нуль при нагрузке  $P = 0$ .

$I_k$  - конечное измерение при нагруженном образце.

### 7. Вопросы для самопроверки.

1. В чём преимущества соединений с комбинированными швами перед соединениями, в которых имеются только фланговые швы?

2. Как распределяются касательные напряжения по длине флангового шва?

3. Какой величиной ограничивается предельная расчётная длина флангового шва?

4. Объясните причину концентрации напряжений по ширине листа и накладки в нахлесточных соединениях с фланговыми и комбинированными швами.

5. Каков теоретический коэффициент концентрации напряжений для фланговых швов при сварке равных сечений и от чего он зависит?

6. Чем ограничивается предельная расчётная длина флангового шва?

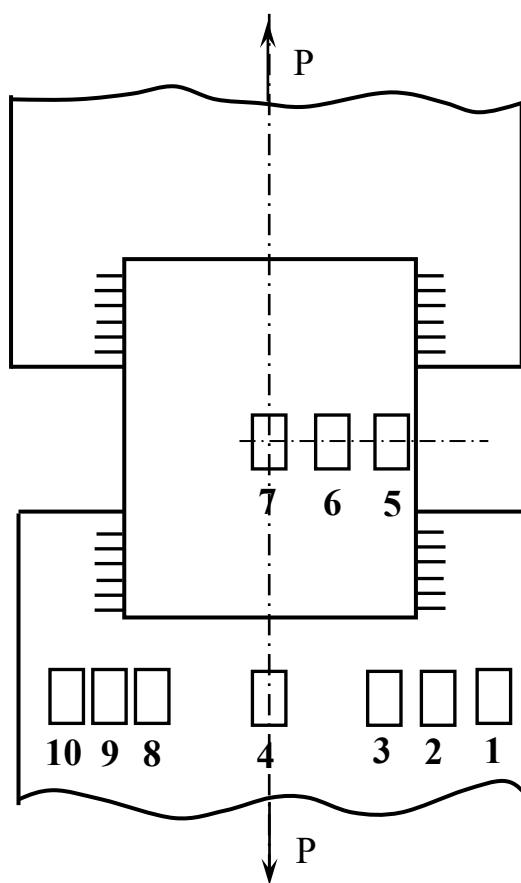


Рис. 1

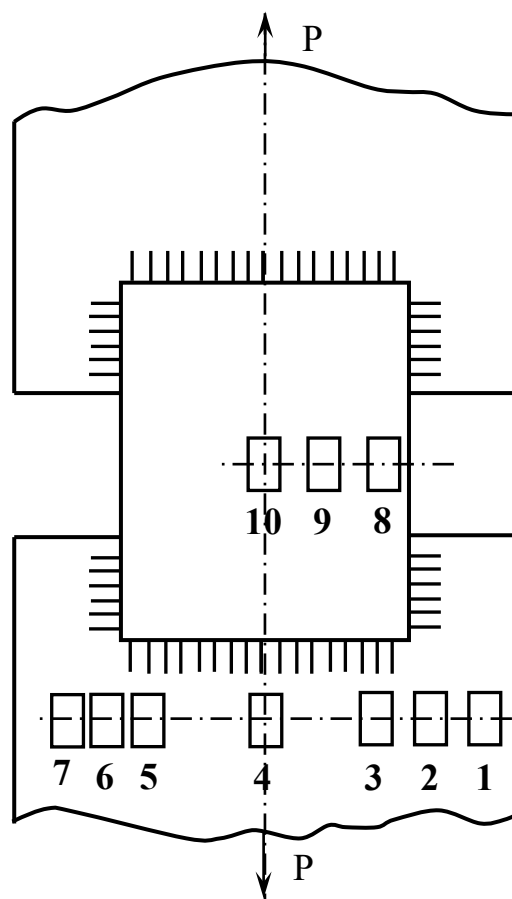


Рис. 2

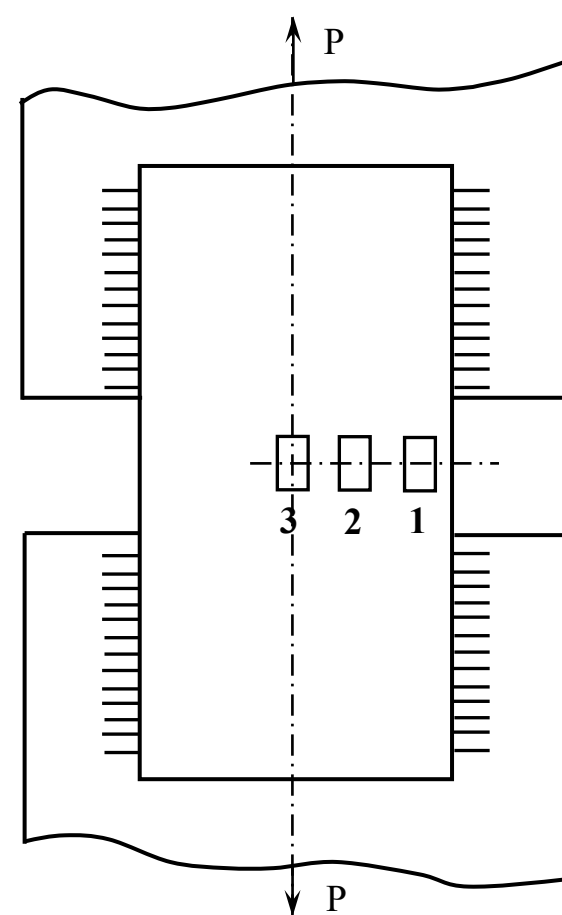


Рис. 3