



УДК: 621.22

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МОРСКИХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ



## WELDED COMPOUNDS CALCULATION PROCEDURE MARINE HYDROTECHNICAL STRUCTURES

### Рагимова Махлуга Сурхаевна

кандидат технических наук, ассистент,  
ассистент кафедры механика,  
Азербайджанский государственный  
университет нефти и промышленности  
Rahimova\_mahluqa@mail.ru

### Намазова Гюльнара Иззатуллаевна

докторант, научный сотрудник,  
Азербайджанский государственный  
университет нефти и промышленности

**Аннотация.** Морские стационарные платформы в основном применяются при бурении разведочных и эксплуатационных скважин при разработке нефтегазовых месторождений в море. Конструктивно эти платформы состоят из отдельных крупных блоков, каждый из которых имеет от четырех до шести цилиндрических опор, связанных поверху фермами и соединенных по высоте перекрестными диагональными гибкими тягами и трубчатыми или жесткими раскосами.

**Ключевые слова:** прочность, сварных соединений, коэффициент, напряжения, усталость, соединения.

### Ragimova Makhluqa Surkhaevna

Candidate of Technical Sciences, Assistant,  
Assistant of the department Mechanics,  
Azerbaijan State  
oil and industry university  
Rahimova\_mahluqa@mail.ru

### Namazova Gulnara Izzatullaevna

Doctoral candidate, Researcher,  
Azerbaijan state oil and industry university

**Annotation.** Offshore stationary platforms are mainly used for drilling exploratory and production wells in the development of oil and gas fields in the sea.

Structurally, these platforms consist of separate large blocks, each of which has four to six cylindrical supports, connected on top by trusses and connected in height by cross diagonal flexible rods and tubular or rigid braces.

**Keywords:** strength, welded joints, coefficient, stress, fatigue, joints.

## Введение

Анализ конструкций соединительных узлов гидротехнических сооружений позволил выявить следующие основные конструктивные исполнения сварных соединений:

1. Решетчатые конструкции, которые собирают из профильных прокатных, гнутых или сварных элементов.
2. Балочные конструкции, собираемые из прокатных и гнутых профилей и используемые в основном для компоновки более сложных сварных сечений.
3. Трубчатые конструкции, свариваемые встык цельнотянутых труб или трубы сварной конструкции, изготавливаемые путем гибки листового материала.

### Материалы и методы

Факторы, влияющие на прочность сварных соединений. На прочность сварных соединений морских гидротехнических сооружений наиболее существенное влияние оказывают концентрация напряжений, абсолютные размеры поперечного сечения, качество, состояние и свойства поверхностного слоя, характер изменения рабочих напряжений и окружающая среда.

В несварных изделиях усталостные разрушения, как правило, начинаются от вырезов, выкружек, отверстий, галтелей и других очагов, вызывающих местное повышение напряжений, характеризующейся, в частности, теоретическим коэффициентом концентрации, равным отношению максимального напряжения к номинальному:

$$\sigma_{\sigma} = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\text{ном}}};$$

где  $\sigma_{\sigma}$  – теоретический коэффициент концентрации напряжений;  $\sigma_{\max}$  – максимальное местное напряжение в зоне концентрации напряжений;  $\sigma_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение, подсчитанное методом сопротивления материалов.



### Результаты

В равной мере концентрация напряжений проявляется и в сварных соединениях, создающих неравномерное распределение напряжений по сечению элемента.

В работах [2] показано, что пределы выносливости ряда соединений не превышают 20–40 МПа. В частности, такие значения были получены при испытании различных конструкций сварных соединений, не отличавшихся по размерам от пластин с выточками:

Соединения	Предел выносливости $\sigma_{-1}$ , МПа
Стыковые	70
Прикрепление фасонки в стык	52
Прикрепление ребер жесткости	41
Нахлесточные соединения с обваркой по контуру	35
Нахлесточные соединения с фланговыми швами	23

Все образцы испытывались по одной и той же методике. Можно предположить, что либо сварные соединения создают более резкую концентрацию по сравнению с выточками, либо выносливость соединений определяется не только концентрацией напряжений, но и другими факторами, влияние которых не получило еще достаточно полной оценки.

### Подтверждения

Согласно приведенным данным наименьшую концентрацию напряжений создают стыковые соединения, наибольшую – нахлесточные с фланговыми швами. В работе [3] коэффициенты концентрации стыковых соединений определялись поляризационно-оптическим методом на прозрачных моделях, изготовленных из эпоксидной смолы ЭД6-М. Модели были двух видов: точноповторяющие профиль испытанных образцов (рис. а); упрощенные с различными радиусами перехода шва и произвольными соотношениями высоты и ширины усиления (рис. б) Идентичность моделей первого вида и шаблонов, вырезанных из реальных соединений, проверялась сопоставлением их конфигураций при 20-кратном увеличении с помощью спектрального проектора ПС-18.

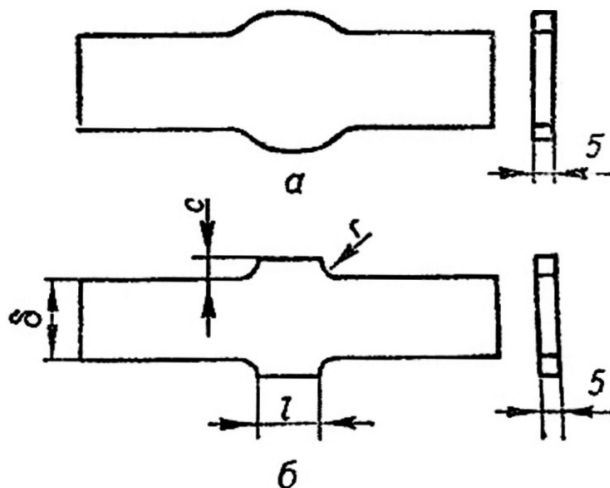


Рисунок 1 – Модели для определения коэффициентов концентрации напряжений в стыковых соединениях

Для изучения напряженного состояния моделей использовались поляризационные установки «Меорта» и КСП-5. Коэффициенты концентрации определялись в точках перехода усиления к пластине при чистом изгибе и растяжении. Полученные значения коэффициентов концентрации в зависимости от параметров усиления и высоты пластины приведены в таблице 1.

В приведенной таблице расчетные значения коэффициентов концентрации напряжений определялись по формуле Навроцкого [4]:

$$\alpha_{\sigma} = 1 + \frac{2}{\pi A} \left[ R \ln \frac{1+r}{r} - R_0 + r_1 R_1 - r_1^2 R_2 + T_0 \right],$$

где  $A, R, R_0, R_1, T_0, r_1$  – коэффициенты, зависящие от соотношений  $\delta, l, c, r$  (рис. 1).



**Таблица 1** – Коэффициенты концентрации напряжений стыковых соединений, установленные поляризационно-оптическим и расчетным методом

Профили модели (рис.)	Экспериментальные значения $\alpha_\sigma$		
	при изгибе	при растяжении	расчетные значения $\alpha_\sigma$
Соответствующий профилю реального соединения, выполненного ручной сваркой	1,38	1,38	1,71
Соответствующий профилю реального соединения, выполненного ручной сваркой (при других размерах образцов)	1,25	1,27	1,48
Соответствующий профилю реального соединения, выполненного автоматической сваркой	1,35	1,35	1,74
Соответствующий профилю реального соединения, выполненного автоматической сваркой (при других размерах образцов).	1,40	1,38	1,79

### Выводы

Как видно из таблицы коэффициенты концентрации напряжений, установленные экспериментально при изгибе и при растяжении, практически одинаковы. Значения  $\alpha_\sigma$ , полученные расчетным путем, близки к экспериментально установленным, если отношение высоты усиления к ширине шва  $\frac{c}{l} < 0,35$ . При больших значениях  $\frac{c}{l}$  расхождения между экспериментальными и расчетными  $\alpha_\sigma$  заметно возрастают.

### Литература

1. Вишняков Я.Д., Пискарев В.Д. Управление остаточными напряжениями в металлах и сплавах. – М. : Металлургия, 1989. – 254 с.
2. Винокуров В.А., Григорьянц А.Г. Теория сварочных деформаций и напряжений. – М. : Машиностроение, 1984. – 284 с.
3. Партон В.З., Перлин П.И. Методы математической теории упругости. – М. : Наука, 1981. – 688 с.
4. Кудрявцев И.В., Наумченков Н.Е. Усталость сварных конструкций. – М. : Машиностроение, 1976. – 270 с.
5. Николаев Г.А., Куркин С.А., Винокуров В.А. Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций. – М. : Машиностроение, 1971. – 316 с.

### References

1. Vishnyakov Ya.D., Piskarev V.D. Management of residual stresses in metals and alloys. – M. : Metallurgy, 1989. – 254 p.
2. Vinokurov V.A., Grigoryants A.G. Theory of Welding Deformations and Stresses. – M. : Mechanical Engineering, 1984. – 284 p.
3. Parton V.Z., Perlin P.I. Methods of Mathematical Theory of Elasticity. – M. : Nauka, 1981. – 688 p.
4. Kudryavtsev I.V., Naumchenkov N.E. Fatigue of Welded Structures. – M. : Mechanical Engineering, 1976. – 270 p.
5. Nikolaev G.A., Kurkin S.A., Vinokurov V.A. Calculation, Design and Production of Welded Structures. – M. : Mashinostroenie, 1971. – 316 p.