

УДК 624.012.454

## ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ОБЖИМНЫХ МУФТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ АРМАТУРЫ

**М.С. ПЛЕЩЕНКОВА, Т.А. АНУШКЕВИЧ**  
(Представлено: А.И. Колтунов)

В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований по определению напряженно-деформированного состояния обжимных муфтовых соединений, выполнен анализ модели муфтового соединения арматуры в программном обеспечении ANSYS 2022 R2.

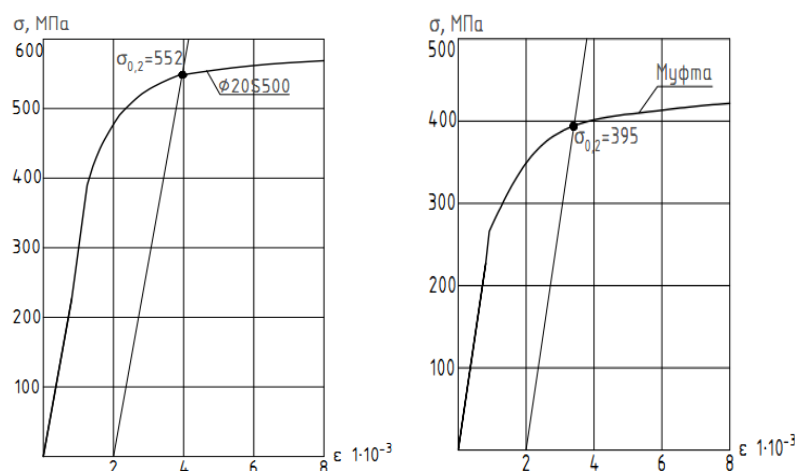
На данный момент в Республике Беларусь отсутствуют технические нормативные правовые акты, регламентирующие применение, а также контроль качества обжимных муфтовых соединений. Определение оптимальной длины муфты исходя из моделирования в программном обеспечении, подтвержденное экспериментальными исследованиями имеет важное значение для создания нормативной базы по данному направлению.

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры строительных конструкций.

Образцы муфтового стыкового механического соединения, предоставленные строительным унитарным предприятием «Строительное управление №22 открытого акционерного общества «Минскпромстрой». Место отбора образцов: Строительство завода по производству металлического листа и белой жести в г. Миоры Витебской области.

Исследованию подвергались образцы соединения арматурной стали класса S500 СТБ 1704-2012[1] диаметром 20 мм с использованием муфты из стали 09Г2С с толщиной стенки 4 мм длиной 180 мм. Давление обжатия составляло 70 МПа.

Диаграммы деформирования арматурной стали и трубы муфтового соединения из стали 09Г2С представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1. – Диаграммы деформирования арматурной стали класса S500 и трубы муфтового соединения из стали 09Г2С**

Образцы соединения арматурной стали класса S500 по СТБ 1704-2012 диаметром 20 мм. Номинальная площадь сечения арматуры  $A_s = 314 \text{ мм}^2$ . Характеристическое значение предела текучести стали S500  $f_{yk} = 552 \text{ МПа}$ , характеристическое значение предела прочности стали S500  $f_{tk} = 685 \text{ МПа}$ , номинальный модуль упругости арматуры  $E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ . Номинальная площадь сечения трубы с толщиной стенки 4 мм  $A_s = 542 \text{ мм}^2$ . Характеристическое значение предела текучести стали 09Г2С  $f_{yk} = 395 \text{ МПа}$ , характеристическое значение предела прочности стали 09Г2С  $f_{tk} = 522 \text{ МПа}$ , номинальный модуль упругости арматуры  $E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .

Образцы испытывались на растяжение в разрывной машине Р-50 при постоянной скорости нагружения до нагрузки эквивалентной 0,3 от контролировались деформации тензодатчиками Гугенбергера с точностью 0,001 мм. Определение напряженно-деформированного состояния муфты производится путем измерения абсолютных деформаций на участках длиной не более одного диаметра муфты. Результаты испытания 3 образцов представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1. – Относительные деформации образцов испытания на участках a-b, b-c, c-d

№	Относительная деформация $\epsilon \cdot 10^{-3}$		
	Участок a-b	Участок b-c	Участок c-d
Образец 1	0,976	0,820	0,452
Образец 2	1,025	0,878	0,494
Образец 3	1,038	0,896	0,483

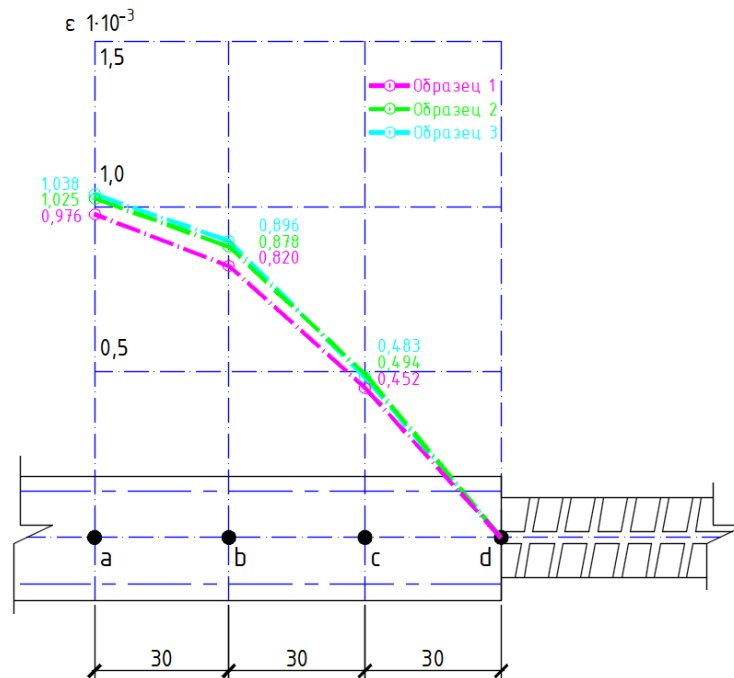


Рисунок 2. – Диаграммы деформирования образца стыкового соединения при растяжении

Моделирование в программе ANSYS 2022 R2 осуществляется через специальную платформу ANSYS Workbench 2.0. Платформа объединяет графический интерфейс приложений и обеспечивает их работу с базами данных в рамках одного проекта.

Для моделирования муфтового соединения, вводились конкретные геометрические параметры арматурного проката и трубы муфтового соединения, характеристики материалов, граничные условия, а также условия внешних воздействий с учетом изначального обжатия муфты.

Следует учесть, что в расчетно-программном комплексе ANSYS 2022 R2 допускается нагружение элементов поэтапно. Сначала прикладывается внешняя нагрузка обжатия в виде поверхностного давления на муфту (давление обжатия составляет 70 МПа), далее производится поэтапное нагружение согласно ранее описанной методике. Длина муфт в данном анализе варьировалась от 8 до 11 диаметров стыкуемых стержней. Конструкция муфтового стыкового механического соединения представлена на рисунке 3.

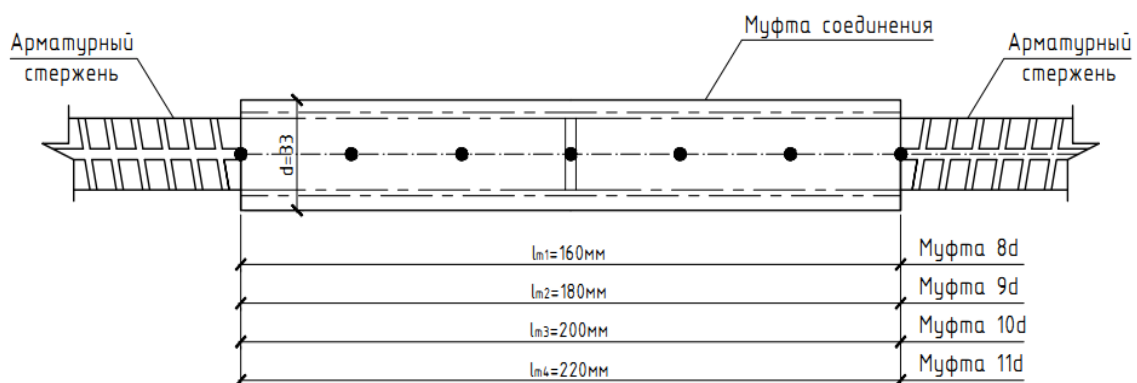


Рисунок 3 – Геометрические параметры модели муфтового соединения стержневой арматуры

Результаты, полученные в программном комплексе ANSYS 2022 R2 отражены на рисунке 4 и в таблице 2.

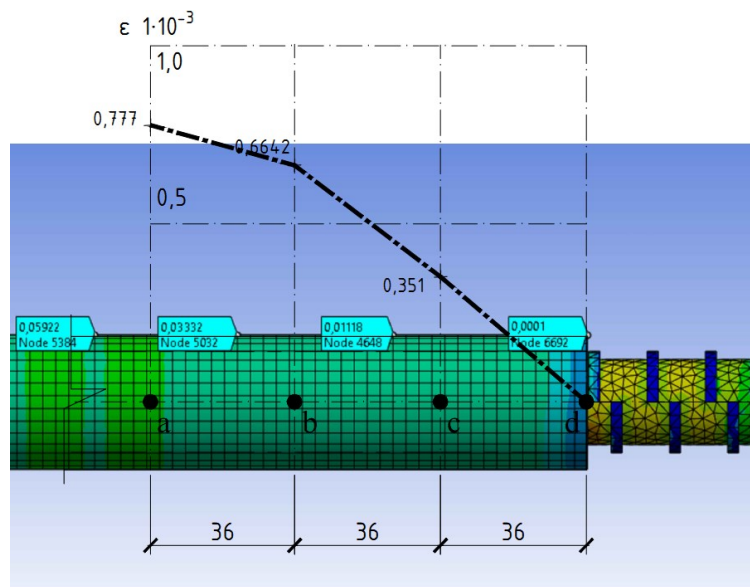


Рисунок. 4 – Схема распределения относительных деформаций в муфте

Таблица 2. – Относительные деформации образцов на участках a-b, b-c, c-d

Длина муфты	Относительная деформация $\epsilon \cdot 10^{-3}$		
	Участок a-b	Участок b-c	Участок c-d
Муфта 8d	0,972	0,6012	0,4296
Муфта 9d	0,8592	0,7578	0,3624
Муфта 10d	0,8481	0,7947	0,3366
Муфта 11d	0,777	0,6642	0,351

**Вывод.** Моделирование в программном обеспечении ANSYS 2022 R2 муфтового соединения позволит подобрать длину муфтового соединения для арматуры определенного диаметра (определить при какой длине произойдет проскальзывание арматуры). Сравнение результатов, полученных экспериментальным путем с результатами, полученными в программном комплексе ANSYS 2022 R2, дают сходимость от 90% и выше. Моделирование в программном обеспечении ANSYS 2022 R2 муфтового соединения позволит с вероятностью 89% оценить НДС муфтового соединения для арматуры определенного диаметра.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СТБ 1704-2012 «Арматура ненапрягаемая для железобетонных конструкций. Технические условия», Минстройархитектуры, Стройтехнорм, Минск 2013 – 16 с.
2. Методическое пособие «Применение механических соединений арматуры железобетонных конструкций», НИИЖБ им. А.А.Гвоздева, Москва, 2016 – 89 с;
3. СТО ГОСТРОЙ 2.6.175-2015 «Соединение металлической стержневой арматуры методом механической опрессовки», ООО «Центр Качества», Москва, 2017 – 46 с.
4. СП 5.03.01-2020 «Бетонные и железобетонные конструкции. Строительные правила Республики Беларусь», МАиС РБ, Минск, 2020 – 236 с.
5. Дягель П.С. «Муфтовые соединения арматуры в железобетонных конструкциях», Белорусский национальный технический университет Минск, Беларусь –18-22 с.
6. ГОСТ 12004-81 «Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение». Гос. ком. СССР по стандартам. - М., 1986. – 12 с.
7. Додонов Н.Н., Трифонов И.А. «Распределение напряжений в стержнях арматуры периодического профиля в зоне анкеровки», 1968. - №12.
8. Мулин Н.М. Стержневая арматура железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1974. – 233 с.