

УДК 69

АНАЛИЗ РАСТЯГИВАЮЩИХ УСИЛИЙ ИННОВАЦИОННОГО МЕТОДА СОЕДИНЕНИЯ АРМАТУРЫ

Х. Гёркен Ашык

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)*

Аннотация. Арматурные стержни диаметром 40 мм наиболее распространены в конструкциях атомных электростанций. Соединение арматуры такого диаметра - дорогостоящая и трудоемкая задача. На сегодняшний день основными способами стыковки арматуры являются сварка, вязка арматуры и муфтовые соединения. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки. На сегодняшний день актуальным направлением в области железобетона является совершенствование существующих и разработка новых способов соединения стержневой арматуры. Один из подобных модифицированных соединений с использованием стальных реек и стопорных гаек рассматривается в данной статье.

Ключевые слова: атомные электростанции, групповое соединение элементов арматуры, растягивающие усилия, компьютерная программа ANSYS, монтаж, гайки, рейки, арматуры.

Ссылка для цитирования: Гёркен Ашык Х. Анализ растягивающих усилий инновационного метода соединения арматуры // Инженерные исследования. 2022. №2 (7). С. 22-27. URL: <http://eng-res.ru/archive/2022/2/22-27.pdf>

ANALYSIS OF TENSILE FORCES ON INNOVATIVE REINFORCEMENT JOINING METHOD

H. Gorken Asik

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg (Russian Federation)

Abstract. Rebar with a diameter of 40 mm can be used in foundations and walls of nuclear power plants. Joining such large fittings is a costly and time-consuming task. Today, the main methods for joining fittings are welding, binding of fittings and couplings. Each of the methods has disadvantages and advantages. At the same time, on the installation of reinforcing modules in the design position, a strong constraint is the need for individual joining of hundreds and thousands of rods of adjacent reinforced blocks. Therefore, today the actual direction in the field of reinforced concrete is the improvement of existing and the development of new methods for connecting bar reinforcement. This new method consists of joining large rebars in block form with a nut and rail. The purpose of this article is to see the effect of tensile forces on group connections of longitudinal reinforcement elements, which is a new method, and to find the maximum tensile force that the system can withstand. The ANSYS computer program was used for the analyses.

Keywords: nuclear power plants, group joint of reinforcement members, tensile forces, ANSYS computer program, montage, rails, nuts, rebar.

For citation: Gorken Asik H. Analysis of tensile forces on innovative reinforcement joining method // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. 2022. No.2 (7). Pp. 22-27. URL: <http://eng-res.ru/archive/2022/2/22-27.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

В мире насчитывается более 400 атомных электростанций (АЭС). Конструкции атомных станций рассчитаны, в том числе, на восприятие аварийных воздействий, в связи с чем в них возникают существенные усилия. Поэтому широкое применение в железобетонных конструктивных элементах нашли арматурные стержни диаметром 40 мм.

На сегодняшний день основными способами стыковки арматуры являются сварка, вязка и муфтовые соединения. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки. Допуски в отклонении диаметра арматуры составляют 2-3 мм, на практике же они гораздо больше, что вызывает некоторую путаницу и ошибки монтажа [4].

Сварные соединения требуют квалифицированного персонала, вязка арматуры является очень долгим процессом, а в муфтовых соединениях наблюдается снижение прочности ввиду уменьшения площади поперечного сечения арматурных стержней. По всем этим и другим причинам существующие методы соединения арматуры нуждаются в доработке и улучшении [4, 5].

До сегодняшнего дня многие ученые и исследователи работали над модифицированием механических соединений арматурных стержней в конструкциях АЭС [6-8]. Ими, в частности, отмечается, что именно механические соединения являются наиболее прогрессивные из существующих способов соединения арматурных и, в первую очередь, перспективны соединения с резьбовыми и винтовыми муфтами. Их основными достоинствами являются эксплуатационная надежность, равнопрочность с исходным сечением стержней, высокая степень индустриальности, независимость качества от пространственного положения стыка, погодных условий [9, 10].

При строительстве современных АЭС целесообразным является применение индустриальных методов с использованием укрупненных армоопалубочных модулей, изготавливаемых в промышленных условиях, что, кроме прочего, сокращает время сборки и позволяет получить экономический эффект. В настоящей статье представлен новый метод группового механического соединения арматурных стержней в железобетонных конструкциях АЭС.

МЕТОД СОЕДИНЕНИЯ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ ПРИ ПОМОЩИ СТАЛЬНЫХ РЕЕК И СТОПОРНЫХ ГАЕК

Автором модифицированного метода соединения арматурных стержней с использованием стальных реек и стопорных гаек является Вячеслав Вячеславович Белов. Конструкция соединения включает в себя три основных элемента: продольные стержни арматуры, стальные рейки, стопорные гайки (рис.1).

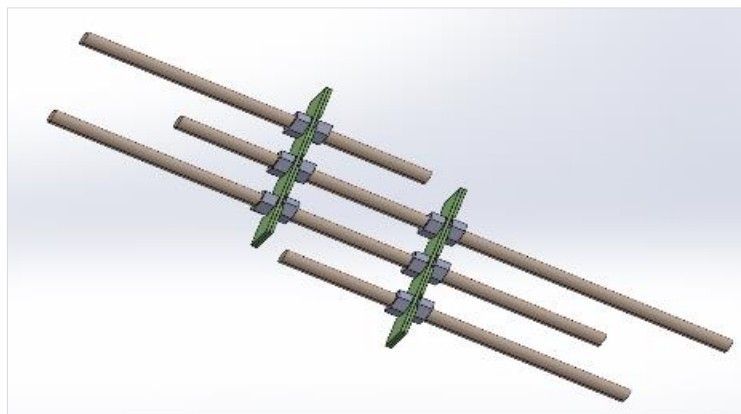


Рис. 1. Модель блочной системы
Fig. 1. Block system model

Суть конструкции соединения заключается в том, чтобы зафиксировать концы арматурных стержней и не допустить их смещения, обеспечив при этом равнопрочность, жесткость и надежность соединения как на стадии изготовления, так и при транспортировке и монтаже независимо от изменения температурных условий [4].

Размеры системы были определены на основе анализа и обобщения опыта применения подобных соединений (рис.2, рис.3).

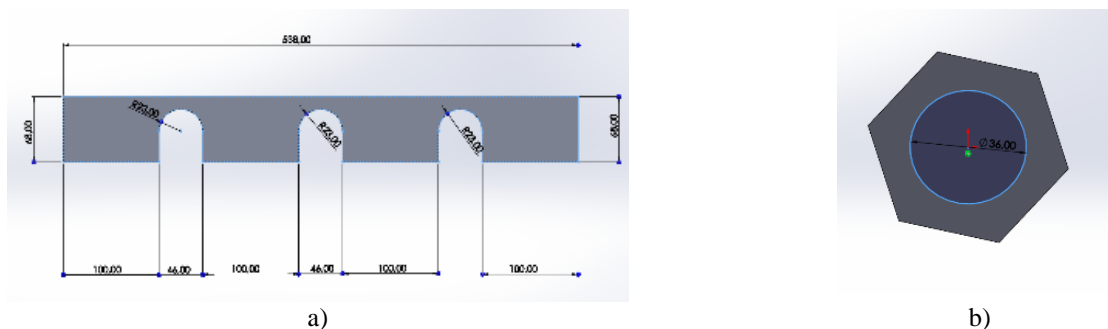


Рис. 2. Размеры элементов модели: а – Размеры рейки; б – Размеры гайки
Fig. 2. Model dimensions: a – Dimension of rail; b – Dimension of nut

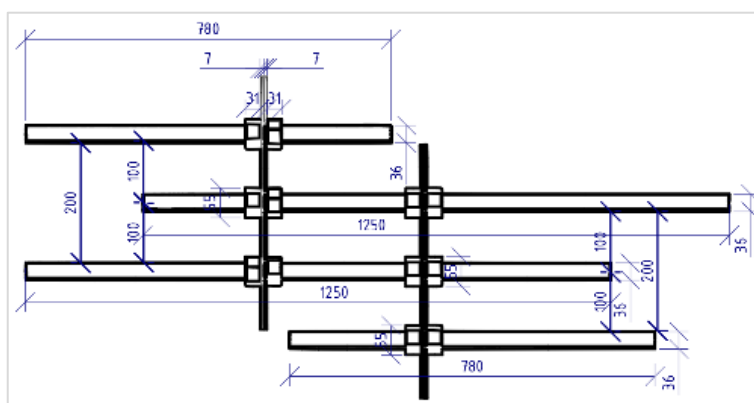


Рис. 3. Размеры всей модели
Fig. 3. Model dimensions

В качестве первого приближения были выбраны следующие параметры (рис.4, рис.5):

- толщина рейки: 7 мм;
- высота рейки: 68 мм;
- диаметр отверстия в рейке: 55 мм;
- внешний диаметр стопорной гайки: 55 мм;
- толщина стопорной гайки: 31 мм;
- диаметр арматуры: 36 мм;
- шаг арматуры 200мм;
- расстояние между рейками: 500 мм.

Арматурные стержни приняты класса А500.

Максимальная нагрузка, которую может выдержать система, была найдена путем приложения растягивающей силы к обоим концам каждого из арматурных стержней. Для этого были исследованы растягивающие напряжения и перемещения системы, а также проверено, как система будет деформироваться. Для анализа использовалась комплекс конечноэлементного моделирования ANSYS.

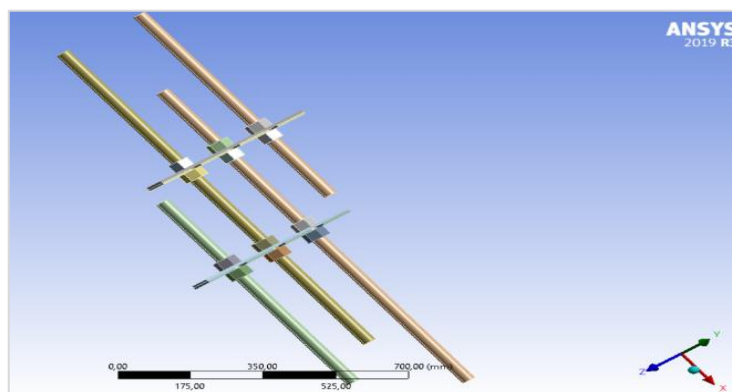


Рис. 4. Назначение материалов
Fig. 4. Assigning materials

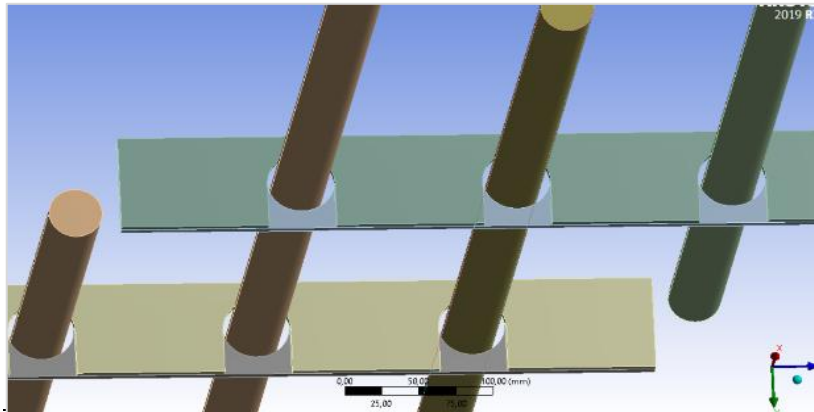


Рис. 5. Размещение реек и стержней
Fig. 5. Placement of rails and rebars

Соединение арматурных стержней и стопорных гаек в расчетной модели принято жестким, по контакту арматурных стержня и рейки, и реек между собой, реек и стопорных гаек задавалось трение. Коэффициент трения принят равным 0,15.

Осевая растягивающая сила 155 т приложена к обоим концам каждого из стальных арматурных стержней. Кроме этого, задавалась промежуточная нагрузка 50 т и 100 т

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Выборочные результаты расчета представлены на рис.6 и в табл.1.

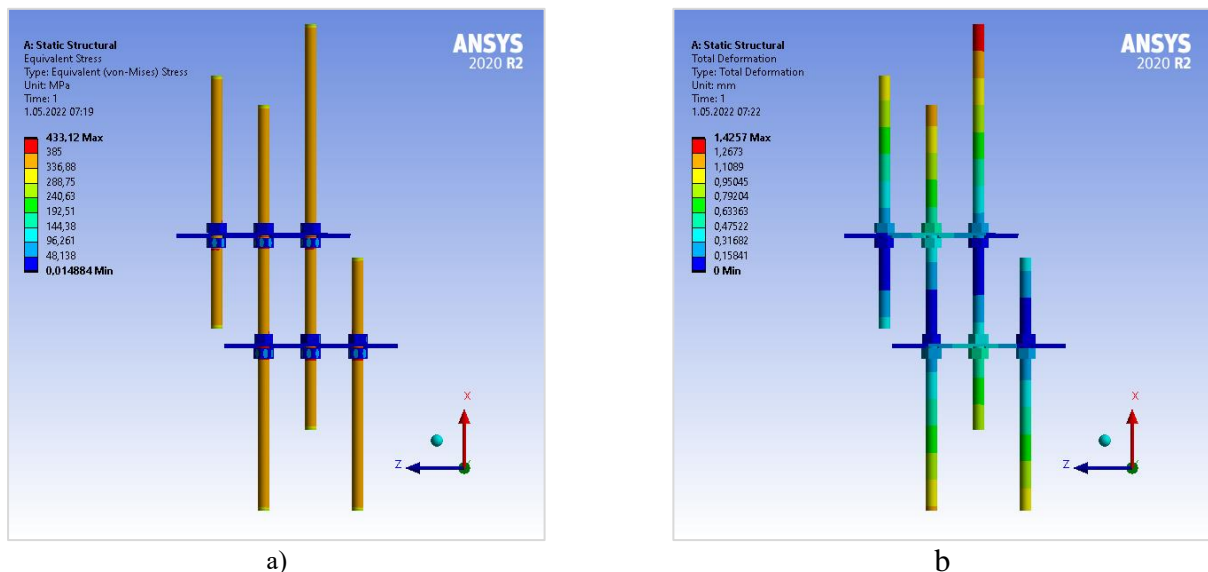


Рис. 6. Напряжения: а – Растягивающие напряжения: б – перемещения
Fig. 6. Stress: a - Tensile stress: b - Deformation

Таблица 1. Результаты расчета
 Table 1. Load results

№	Сила F (Т)	Перемещения (mm)	Растягивающее напряжение (МПа)
1	50	0,46	140
2	100	0,91	279
3	155	1,43	433

Напряжения 435 МПа (больше расчетного сопротивления для арматуры А500) будут достигаться при нагрузке 155 Т.

АНАЛИЗ ПРИ ОТСУТСТВИИ НЕСКОЛЬКИХ ГАЙЕК

Для влияния гаек на систему были выполнены расчеты при отсутствии 4 и 6 гаек. Результаты расчета представлены на рис.7, рис. 8 и сведены в табл. 2. Анализ результатов расчета показывает, что отсутствие 4 и 6 гаек практически не влияет на систему. Однако очевидно, что надежность подобной системы уменьшается.

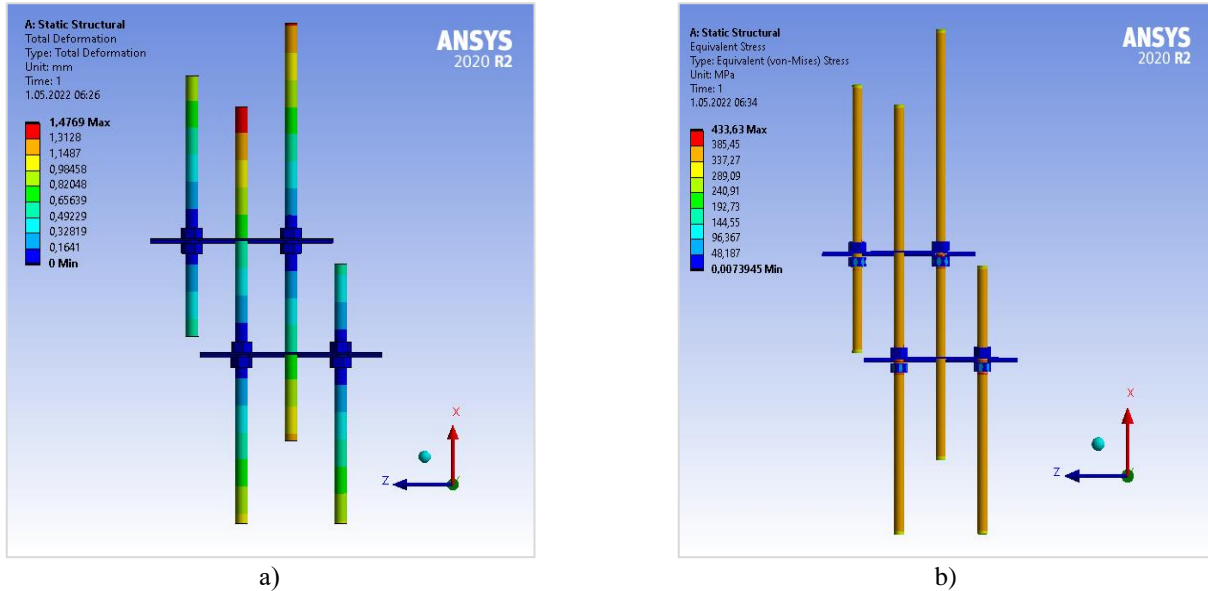


Рис. 7. Результаты анализа: а – Растягивающее Напряжение; б – Перемещение
 Fig. 7. Analysis results: a – Tensile Stress; b – Deformation

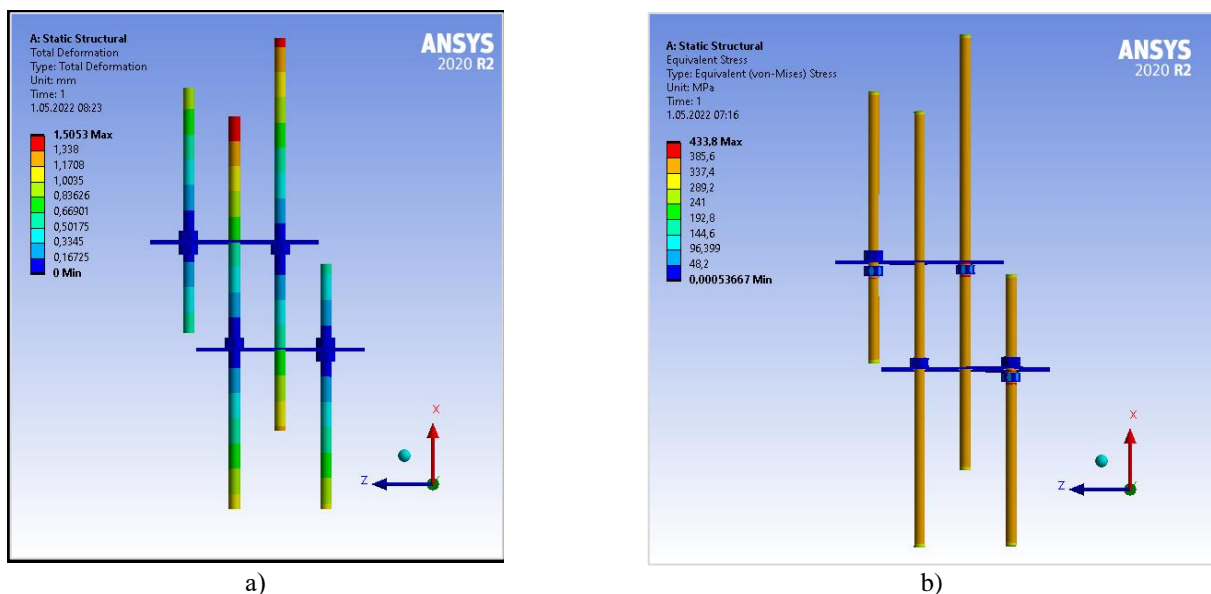


Рис. 8. Результаты анализа: а – растягивающее напряжение; б – перемещение
 Fig. 8. Analysis results: a – tensile stress; b – deformation

Таблица 2. Результаты расчета при отсутствии гаек
 Table 2. Results after removing nuts

№	Гайки (штука)	Сила F (Т)	Перемещения (mm)	Растягивающее напряжение (МПа)
1	с 12 гайками	155	1,43	433,12
2	с 8 гайками (удаляем 4 гаек)	155	1,48	433,63
3	с 6 гайками (удаляем 6 гаек)	155	1,51	433,80

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы были проведены исследования нового метода соединения продольных арматурных стержней с использованием стальных реек и стопорных гаек элементов в виде блоков. Исследования подтвердили надежность данного вида соединения. Так, отсутствие 4 и 6 гаек практически не повлияло на систему. Однако очевидно, для обеспечения надежности подобной системы требуется полная комплектность элементов, входящих в нее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mishra U. C. Environmental impact of coal industry and thermal power plants in India // *Journal of Environmental Radioactivity*. 2004. № 72. С. 35-40.
2. Torjman M., Shaaban H. Nuclear energy as a primary source for a clean hydrogen energy system // *Energy Conversion and Management*. 1998. № 39. С. 27-32.
3. Harte R., Höffer R., Krätzig W. B., Mark P., Niemann H. Solar updraft power plants: Engineering structures for sustainable energy generation // *Engineering Structures*. 2013. № 56. С.1698-1706.
4. Прохорова И. Н. Групповой стык продольной арматуры с анкерными рейками и стопорными гайками [электронный ресурс]: выпускная квалификационная работа магистра: 08.04.01 - Строительство; 08.04.01_20 Проектирование и расчет строительных конструкций и оснований / Санкт-Петербург. 2020. URL: <https://elibr.spbstu.ru/dl/3/2020/vr/vr20-4491.pdf>
5. Прохорова И. Н., Павлов А. А. Сравнительный анализ различных способов соединения арматурных стержней // *Journal of Chemical Information and Modeling*. 2013. № 53 (9). С. 1689–1699.
6. Афров А. М., Андрушечко С. А., Украинцев В. Ф., Васильев Б. Ю., Косоуров К. Б., Семченков Ю. М., Кокосадзе Э. Л., Иванов Е. А. ВВЭР-1000: физические основы эксплуатации, ядерное топливо, безопасность. // Университетская книга. 2006. С. 488-491.
7. Андрушечко С. А., Афров А. М., Васильев Б. Ю., Генералов В. Н., Косоуров К. Б., Семченков Ю. М., Украинцев В. Ф. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 // *Логос*. 2010. С. 604.
8. Овчинников Ф. Я., Семёнов В. В. Эксплуатационные режимы водо-водяных энергетических реакторов // Энергоатомиздат. 1988. С. 359.
9. Белов В. В. Способ группового бессварного соединения продольной стержневой арматуры при монтаже укрупненных армопалубочных блоков сложных технических объектов из монолитного железобетона. Пат. 2736587 Российская Федерация, МПК E04B 1/38 (2006.01), E04C 5/18 (2006.01); заявитель и патентообладатель Акционерное общество "Научно-исследовательский и проектно- конструкторский институт энергетических технологий "АТОМПРОЕКТ". № 202011689; заявл. 20.03.20; опубл. 18.11.20, Бюл. № 32. 13 с.: ил.
10. Chiari V. G., Moreno Junior, A. L. Experimental evaluation of coupler behavior for mechanical rebar splices in reinforced concrete structures// *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*. 2018. № 11(6). С 1326-1353.

ОБ АВТОРАХ

Хатидже Гёркен Ашык – студентка. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: haticegorken@gmail.com

ABOUT THE AUTHORS

Hatic Gorken Asik – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: haticegorken@gmail.com