

## OPTIMIZATION OF DESIGN SOLUTIONS USING FINITE ELEMENT METHODS

V.K. Bubnov, A.S. Dvuzhilov

**Abstract.** *Optimization of constructive solutions using the finite element method (FEM) is considered. The stages of this optimization are indicated. The advantages of the FEM are listed.*

**Keywords:** *methods, finite element, optimization, design solutions, design, building structures.*

Об авторах:

БУБНОВ Виктор Константинович – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vbubnov72@gmail.com

ДВУЖИЛОВ Антон Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anton\_in\_tver@mail.ru

About the authors:

BUBNOV Viktor Konstantinovich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vbubnov72@gmail.com

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Resistance of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton\_in\_tver@mail.ru

УДК 336.226.212.1

## РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ АНКЕРОВОК И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

А.С. Двужиллов, В.Е. Бирюкова

© Двужиллов А.С., Бирюкова В.Е., 2025

**Аннотация.** *Дано определение понятия анкеровки. Описаны основные функции анкеровки, такие как передача усилий, предотвращение проскальзывания и распределение напряжений. Представлены различные типы анкеровок и принципы их действия.*

*преимущества, недостатки, область применения. Рассмотрены факторы, влияющие на расчет анкеровки.*

**Ключевые слова:** анкеровка, железобетонные конструкции, арматура, бетон, несущая способность, расчет, прочность, надежность, фундаменты, колонны, балки, плиты, стены.

### ***Введение***

Анкеровка – это способ соединения элементов конструкции, обеспечивающий передачу усилий между ними за счет механического сцепления, трения или адгезии. Она играет ключевую роль в обеспечении прочности и надежности сооружений, особенно в железобетонных конструкциях, где обуславливает совместную работу бетона и арматуры.

К основным функциям относятся:

1. Передача усилий (анкеровка обеспечивает передачу растягивающих, сжимающих или сдвигающих усилий между арматурой и бетоном).

2. Предотвращение проскальзывания (препятствует относительному смещению арматуры и бетона под нагрузкой, что гарантирует их совместную работу).

3. Распределение напряжений (анкеровка способствует равномерному распределению напряжений в зоне соединения и предотвращает тем самым концентрацию напряжений и разрушение).

Существует несколько основных типов анкеровки, каждый из которых имеет свои особенности и область применения.

### ***Типы анкеровки***

#### ***Механическая анкеровка***

Механическая анкеровка основана, как следует из названия, на создании механического зацепления между арматурой и бетоном с помощью специальных элементов (анкерных головок, шайб, гаек, крюков и т. д.). Такая анкеровка используется чаще всего для арматуры больших диаметров, когда необходимо обеспечить высокую несущую способность анкеровки. Применяется также в предварительно напряженных конструкциях и в зонах с высокой концентрацией напряжений.

Ее преимущества: высокая надежность и несущая способность, возможность использования при больших диаметрах арматуры.

Недостатки: более сложная технология изготовления и монтажа, значительная стоимость конструкции [1].

#### ***Анкеровка за счет сцепления***

Анкеровка за счет сцепления базируется, что ясно из названия, на силах сцепления (адгезии) между арматурой и бетоном. Сцепление возникает за счет шероховатости поверхности арматуры и усадочных

явлений в бетоне. Широко используется для арматуры небольших и средних диаметров в обычных железобетонных конструкциях.

Ее преимущества: простота, экономичность; она не требует специальных анкерных элементов.

Недостатки: меньшая несущая способность по сравнению с механической анкеровкой, обусловленность качеством поверхности арматуры и свойствами бетона.

#### *Анкеровка за счет обжатия*

Анкеровка за счет обжатия основана на создании предварительного напряжения в арматуре, благодаря которому возникает обжимающее усилие на бетон. Это увеличивает силу трения между арматурой и бетоном и повышает несущую способность анкеровки. Данная анкеровка используется в предварительно напряженных железобетонных конструкциях.

Ее преимущества: высокая несущая способность и трещиностойкость, улучшение деформационных характеристик конструкции.

Недостатки: необходимость в наличии специального оборудования и технологии для создания предварительного напряжения.

#### *Комбинированная анкеровка*

Комбинированная маркировка, на что указывает ее название, сочетает в себе несколько типов анкеровок (например, механическую и анкеровку за счет сцепления). Используется тогда, когда требуется обеспечить высокую надежность и несущую способность анкеровки в сложных условиях эксплуатации. Ее преимущество – оптимальное соединение характеристик различных типов анкеровок, а недостаток – сложная технология изготовления и монтажа [2].

### ***Расчет анкеровки в сопряжении***

Расчет анкеровки является важной частью проектирования железобетонных конструкций. Он включает в себя определение необходимой длины анкеровки, расчет несущей способности анкерных элементов и проверку прочности бетона в зоне анкеровки. При расчете учитываются факторы:

1. Марка бетона и арматуры.
2. Диаметр арматуры.
3. Тип анкеровки.
4. Условия эксплуатации конструкции.
5. Нагрузки, действующие на конструкцию.

Результаты расчета должны удовлетворять требованиям нормативных документов (например, СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения») [3].

### **Применение анкеровок в различных конструкциях**

Анкеровка арматуры в фундаменте обеспечивает передачу нагрузки от надземной части здания на основание, в колоннах – их устойчивость и несущую способность, в балках и плитах – их прочность на изгиб и сдвиг, в стенах – устойчивость и несущую способность последних.

### **Заключение**

Правильный выбор и расчет анкеровки – залог надежности и долговечности железобетонных конструкций. При проектировании необходимо учитывать все факторы, влияющие на работу анкеровки, и использовать современные методы расчета [4].

### **Библиографический список**

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Строительство». 5-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1991. 767 с.
2. Мурашкин Г.В., Снегирева А.И. Расчет железобетонных конструкций на импульсные нагрузки: учеб. пособие. Куйбышев: Куйбышев. ун-т, 1976. 52 с.
3. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.
4. Канеман Д. Думай медленно... решай быстро. М.: АСТ, 2013. 653 с.

## **DIFFERENT TYPES OF ANCHORS AND THEIR APPLICATIONS**

**A.S. Dvuzhilov, V.E. Biryukova**

**Abstract.** *The definition of anchoring is given. The main functions of anchoring are described, such as force transfer, slip prevention, and stress distribution. Various types of anchors and the principles of their operation, advantages, disadvantages, and scope of application are presented. The factors influencing the anchoring calculation are considered.*

**Keywords:** *anchoring, reinforced concrete structures, reinforcement, concrete, bearing capacity, calculation, strength, reliability, foundations, columns, beams, slabs, walls.*

Об авторах:

ДВУЖИЛОВ Антон Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anton\_in\_tver@mail.ru

БИРЮКОВА Виктория Евгеньевна – студентка, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: v.biryukova.05@gmail.com

About the authors:

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Resistance of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton\_in\_tver@mail.ru

BIRYUKOVA Victoria Evgenievna – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: v.biryukova.05@gmail.com

УДК 336.226.212.1

## РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ШПОНОК РЕДУКТОРА

А.С. Двужилов, С.С. Цубера

© Двужилов А.С., Цубера С.С., 2025

**Аннотация.** Рассмотрен расчет шпоночных соединений в редукторах. Отмечено, что эти редукторы выступают в качестве ключевого элемента, обеспечивающего передачу крутящего момента. Описаны различные типы шпонок, применяемых в редукторах, приведена методика расчета на прочность, включающая проверку на смятие и срез. Представлены рекомендации, касающиеся выбора материалов, учета условий эксплуатации и точности изготовления.

**Ключевые слова:** редуктор, шпоночное соединение, шпонка, расчет на прочность, смятие, срез, крутящий момент, вал, допускаемые напряжения, материал, надежность, долговечность, проектирование.

### Введение

Редукторы как ключевые элементы многих механических систем отвечают за передачу крутящего момента и изменение частоты вращения. Надежность их работы напрямую влияет на эффективность и долговечность всего механизма. Одним из важных элементов, обеспечивающих передачу крутящего момента в редукторе, выступает шпоночное соединение. Шпонка подвергается значительным нагрузкам. Правильный расчет шпоночного соединения на прочность – залог надежной и безопасной работы редуктора [1].