

УДК 378.4

**Рец С.М., Григорьева Е.В. К вопросу преподавания темы «Изгиб прямого бруса»**

**Рец Степан Михайлович**

студент направления подготовки  
«Электроэнергетика и электротехника»  
Дальневосточный государственный технический  
рыбохозяйственный университет  
РФ, г. Владивосток, stepanrec218@mail.ru

**Григорьева Елена Владимировна**

*к.т.н., доцент кафедры «Холодильная техника  
и инженерные системы»  
Дальневосточный государственный технический  
рыбохозяйственный университет  
РФ, г. Владивосток, lena\_13042006@mail.ru*

**On the issue of teaching the topic «Bending of a straight beam»**

**Retz Stepan Mikhailovich**

**student of the specialty «Electric Power engineering  
and electrical engineering»**

*Far Eastern State Technical Fisheries University  
Russian Federation, Vladivostok, stepanrec218@mail.ru*

**Grigorieva Elena Vladimirovna**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department  
of Refrigeration Engineering and Engineering Systems  
Far Eastern State Technical Fisheries University  
Russian Federation, Vladivostok, lena\_13042006@mail.ru*

**Аннотация.** Статья выполнена на тему – «К вопросу преподавания темы «Изгиб прямого бруса»». В данной статье рассматривается изгиб прямого бруса, который является одним из основных видов деформации в инженерной механике. Изгиб возникает, когда на брус действуют внешние силы, вызывающие его изгибание. Целью данной работы является создание методической разработки по теме «Изгиб прямого бруса». В статье обсуждаются основные понятия, связанные с изгибом, такие как изгибающий момент, нормальные напряжения, а также методы расчета этих параметров. Особое внимание уделяется анализу различных типов сечений бруса и их влиянию на распределение напряжений. Статья предназначена для студентов технических специальностей, инженеров и всех, кто интересуется вопросами прочности и устойчивости конструкций.

**Ключевые слова:** прямой изгиб, брус, сопротивление материалов, изгибающий момент, общетехнические дисциплины

**Abstract.** The article is based on the topic "On the issue of teaching the topic "Bending of a straight beam". This article discusses the bending of a straight beam, which is one of the main types of deformation in engineering mechanics. Bending occurs when external forces act on the beam, causing it to bend. The purpose of this work is to create a methodological development on the topic "Bending of a straight beam". The article discusses the basic concepts related to bending, such as bending moment, normal stresses, as well as methods for calculating these parameters. Special attention is paid to the analysis of various types of timber sections and their effect on stress distribution. The article is intended for students of technical specialties, engineers and anyone who is interested in the strength and stability of structures.

**Key words:** straight bending, timber, resistance of materials, bending moment, general technical disciplines

### Введение

При обучении на инженерной специальности, не зависимо от профиля, будущий специалист сталкивается после общеобразовательных дисциплин с общетехническими [1]. Наглядность этих дисциплин позволяет усвоить тот уровень математизации, который присущ этим дисциплинам[2]. Серьезная междисциплинарная связь, а так же параллельное дополнение между дисциплинами, позволяет строить образовательную траекторию от дисциплин математического и естественнонаучного цикла до цикла специальных дисциплин. Изучение раздела «Механика» на учебной дисциплине «Физика» плавно переходит в раздел «Статика» в «Теоретическая механика» [3],[4], а он в свою очередь «Изгиб прямого бруса» в «Сопроотивлении материалов» [5],[6]. Переходя к специальным дисциплинам, например к «Судовым двигателям внутреннего сгорания», необходимо производить расчеты шатуна на изгибающие моменты и производить проверку на устойчивость при продольном изгибе. Целью работы является разработка методики преподавания лекционного занятия по теме «Изгиб прямого бруса». Созданием доступного материала при обучении студентов инженерным дисциплинами на фоне промышленной и технологической безопасности страны является актуальной темой для работы. В ходе выполнения данной работы были поставлены следующие задачи:

- рассмотреть основные понятия темы «Изгиб прямого бруса»;
- определить правила знаков моментов поперечных сил и моментов.

## 1 Основные понятия лекционного занятия по теме «Косой изгиб и совместное действие растяжения (сжатия) и изгиба»

При изучении данной темы необходимо дать общие понятия об изгибе. Теория изгиба построена при следующих допущениях и предположениях:

- геометрическая ось бруса, т. е. ось, проходящая через центры тяжести сечений, есть прямая линия, другими словами - в данной теме рассматривается изгиб прямого бруса;
- внешние силы (нагрузки), изгибающие брус, лежат в одной плоскости, проходящей через геометрическую ось бруса и все нагрузки перпендикулярны к геометрической оси бруса;
- плоскость действия нагрузок является плоскостью симметрии бруса;
- поперечные сечения бруса, плоские до деформации изгиба, остаются плоскими и после деформации;
- деформации бруса незначительны.

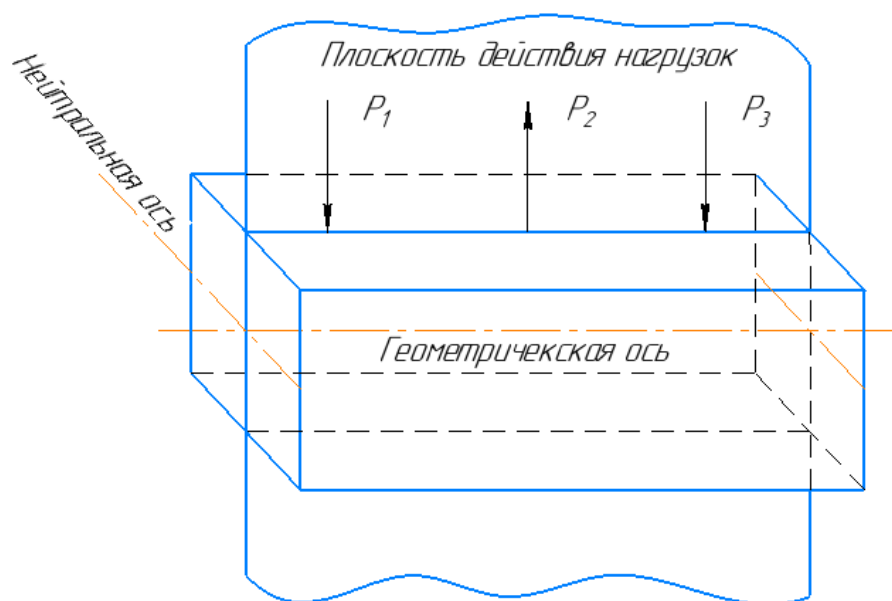


Рисунок 1- Нагрузки на брус

При дальнейшем изучении изгиба следует понять, что в изогнутом брусе волокна, лежащие в вогнутой части бруса, испытывают деформацию сжатия; волокна же, лежащие в выпуклой части бруса - деформацию растяжения.

Наконец, имеются волокна, не испытывающие деформаций растяжения и сжатия, такие волокна называются нейтральными. Нейтральные волокна образуют нейтральный слой. Линия пересечения нейтрального слоя с плоскостью какого-либо поперечного сечения называется нейтральной осью. Следует заметить, что нейтральная ось всегда проходит через центр тяжести сечения бруса.

В поперечных сечениях изогнутого бруса возникают нормальные напряжения растяжения и сжатия, кроме этого в поперечном сечении появляются и касательные напряжения.

Решение задач, относящихся к изгибу балок, обычно начинается с определения опорных реакций, число которые делятся на три типа:

- шарнирная подвижная опора;
- шарнирная неподвижная опора;
- жестко-защемляющая опора.

Рекомендуется запомнить схематическое изображение каждой из опор и уяснить, какие реакции проявляет каждая опора. Опорные реакции балок определяются при помощи уравнений статики. Если число опорных реакций балки будет больше числа уравнений статики, то такая балка считается статически неопределимой.

Чтобы уяснить появление в сечении балки изгибающего момента и поперечной силы, необходимо рассмотреть балку, которая показана на рис. 2, защемленная одним концом, а на другом нагруженной силой  $P$ , лежащей в плоскости симметрии балки. При приложении в центре тяжести произвольного сечения  $m-n$  две равные и противоположно направленные силы  $P$  и  $P$ , в результате чего получим пару сил  $(P, P)$ , силы которой отмечены одной черточкой, и силу  $P$ , отмеченную двумя черточками.

Рассмотрим равновесия мысленно отсеченной одной из частей бруса, например правой; на эту часть бруса действует пара сил с моментом, равным  $P \cdot a$ , стремящаяся вращать ее по часовой стрелке, и сила  $P$ , отмеченная двумя черточками, которая стремится срезать ее вниз.

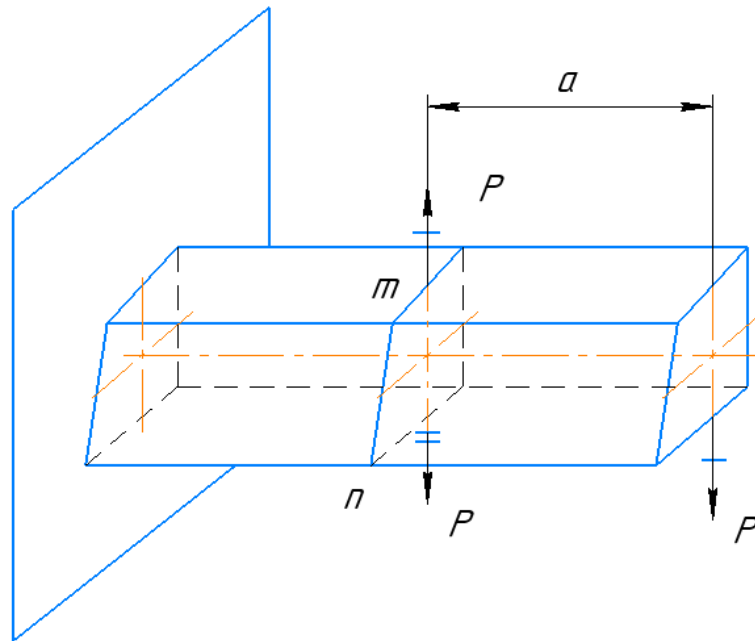


Рисунок 2 – Балка, заземленная одним концом

Для того чтобы эта часть бруса сохранила состояние равновесия, в котором она была до разреза, необходимо в сечении  $m-n$  приложить момент  $M$  упругих сил, равный по величине моменту  $P \cdot a$ , но направленный в противоположную сторону, т. е. против направления движения часовой стрелки. Данный момент называется изгибающим моментом в рассматриваемом сечении. Кроме того, в данном сечении следует приложить результирующую упругих сил, направленную вверх и равную  $P$ . Данная сила и называется поперечной силой в этом сечении.

## 2 Правило знаков изгибающегося момента и поперечной силы

Необходимо отчетливо понять правило знаков для изгибающегося момента и поперечной силы. Изгибающий момент считается положительным, если балка изгибается выпуклостью вниз и отрицательным, если балка изгибается выпуклостью вверх. Данное правило знаков для изгибающегося момента изображено на рис. 3. Поперечная сила считается положительной, если внешние силы стремятся сдвинуть левую часть балки относительно правой вверх или правую часть балки относительно левой вниз. Правило для поперечной силы показано на рис. 4. Поперечная сила и изгибающий момент  $M$

в каком-либо сечении связаны между собой следующей дифференциальной зависимостью

$$Q = \frac{dM}{dx}, \quad (1)$$

т. е. поперечная сила равна производной от изгибающего момента по абсциссе сечения  $x$ .

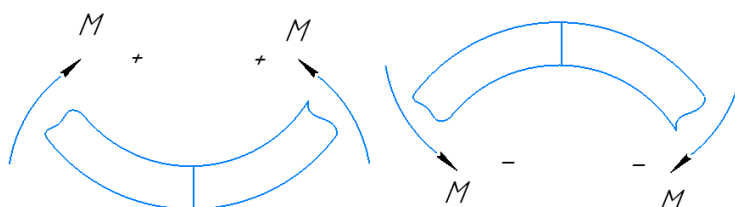


Рисунок 3 – Знаки, изгибающего момента

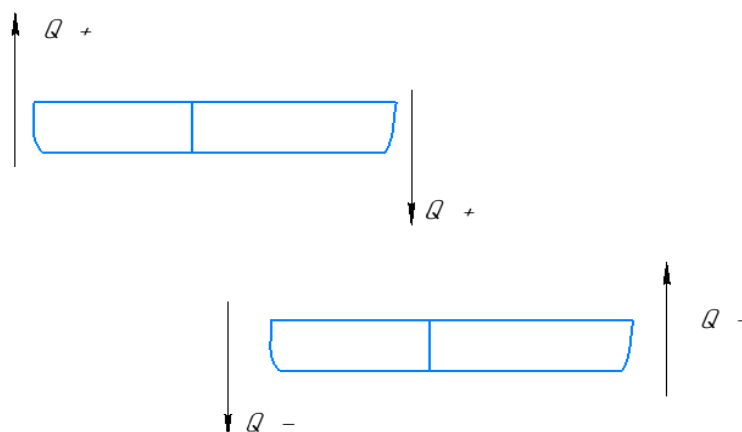


Рисунок 4 – Правило для поперечной силы

Интенсивность распределенной нагрузки

$$q = \frac{dQ}{dx} = \frac{d^2M}{dx^2}, \quad (2)$$

т. е. вторая производная от изгибающего момента по оси сечения  $x$  равна интенсивности распределенной нагрузки.

### 3 Понятие эпюр изгибающего момента и поперечной силы

Величины изгибающего момента и поперечной силы в любом поперечном сечении балки определяют собой сечения нормальных и касательных напряжений в том сечении, поэтому необходимо знать изменения величия  $M$  и  $Q$  по длине балки. Графики изменения этих величин длине балки называются

эпюрами изгибающих моментов поперечных сил. При построении эпюр М и Q может быть использован дифференциальная зависимость

$$Q = \frac{dM}{dx} \quad (3)$$

но так как производная есть тангенс угла касательной к кривой в данной точке, то, следовательно

$$Q = \frac{dM}{dx} = \operatorname{tg} \alpha \quad (4)$$

где  $\alpha$  угол наклона касательной к эпюре моментов в точке, соответствующей этому сечению. Если

$$Q = \frac{dM}{dx} = 0 \quad (5)$$

т. е. если в каком-либо сечении поперечная сила переходит через нуль, то изгибающий момент здесь имеет либо максимальное либо минимальное значение. Обычно при построении эпюр Q и M предварительно по уравнениям статики определяют опорные реакции балки, но для балок, рассмотренных в первых трех примерах, можно построить эпюры Q и M, не прибегая к определению опорных реакций; в этом случае надо определять значения Q и M не со стороны опоры, а с противоположного конца. В случае двухопорных балок следует предварительно определить опорные реакции, а затем уже приступать к вычислению значений или в характерных сечениях балки.

### **Заключение**

Тема «Изгиб прямого бруса» имеет большое значение при подготовке будущего инженера механических и строительных специальностей. Проведение расчетов по определению нагрузок в балочных системах корпуса любого судна базируется на основах учебной дисциплины «Сопротивление материалов» [10] и находит свое применение уже в рамках специальной дисциплины «Строительная механика корабля». Данная тема носит теоретический характер, что обусловлено наличием следующей темы – «Построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил», которая выполняется в форме комбинированного занятия.

### Список литературы

1. Крюков, А. А. Инженерное мышление как интегральный структурный компонент учебно-познавательной деятельности курсантов / А. А. Крюков // Социально-гуманитарные технологии. – 2024. – № 4(32). – С. 104-110.
2. Крюков, А. А. Наглядность на занятиях по учебной дисциплине "Техническая механика" / А. А. Крюков, Д. Ю. Проскура // Актуальные проблемы развития судоходства и транспорта : Материалы Национальной научно-технической конференции с международным участием, Владивосток, 15–16 ноября 2023 года. – Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2023. – С. 94-98.
3. Борисов, К. А. Особенности преподавания темы «Введение в статику» в процессе обучения учебной дисциплины «Теоретическая механика» / К. А. Борисов, А. А. Крюков // Наука XXI века: технологии, управление, безопасность: Материалы III Национальной научной конференции, Курган, 13 мая 2024 года. – Курган: Курганский государственный университет, 2024. – С. 141-147.
4. Егоров, К. А. Обобщение опыта проведения занятий на тему «Плоская система сил» / К. А. Егоров, А. А. Крюков // Профессиональная ориентация. – 2024. – № 4-1. – С. 3-8.
5. Мизин, Д. А. Особенности преподавания темы «Связи и их реакции» в процессе обучения учебной дисциплины «Теоретическая механика» / Д. А. Мизин, А. А. Крюков // Наука XXI века: технологии, управление, безопасность: Материалы III Национальной научной конференции, Курган, 13 мая 2024 года. – Курган: Курганский государственный университет, 2024. – С. 174-180.
6. Егоров, К. А. Обобщение опыта проведения занятий на тему «Динамика материальной точки» / К. А. Егоров, А. А. Крюков // Мир педагогики и психологии. – 2024. – № 10(99). – С. 245-250.
7. Баклашов, Т. А. Обобщение опыта проведения занятий на тему «Основные понятия и определения сопротивления материалов» / Т. А. Баклашов, А. А. Крюков // Психология человека и общества. – 2024. – № 9(73). – С. 41-45.
8. Баклашов, Т. А. Обобщение опыта проведения занятий по темам «Растяжение и сжатие» / Т. А. Баклашов, А. А. Крюков // Мир педагогики и психологии. – 2024. – № 10(99). – С. 224-229.
9. Баклашов, Т. А. Проблема освоения тем "Сдвиг" и "Кручение" у курсантов мореходных специальностей / Т. А. Баклашов, А. А. Крюков // Актуальные проблемы развития судоходства и транспорта: Материалы III Национальной научно-технической конференции с международным участием, Владивосток, 20–21 ноября 2024 года. – Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2024. – С. 73-79.
10. Крюков, А. А. Обобщение опыта преподавания учебной дисциплины «Техническая механика» в вузе / А. А. Крюков // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: Материалы Национальной научно-технической конференции, Владивосток, 17–18 мая 2023 года. – Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2023. – С. 208-212.

### Список источников

11. Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов. Москва: Высшая школа, 2012. – 320с.