

Дата публикации 27.02.2026

УДК 378.4

**Рец С.М., Григорьева Е.В. К вопросу проведения практического занятия на тему «Косой изгиб и совместное действие растяжения (сжатия) и изгиба»**

**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 topic of conducting a practical lesson on «Oblique bending and the combined effect of stretching (compression) and bending»**

**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 проведения практического занятия на тему «Косой изгиб и совместное действие растяжения (сжатия) и изгиба»». В этой статье рассматривается косой изгиб, который возникает, когда на брус действуют внешние силы, вызывающие его изгибание в двух плоскостях одновременно. В статье описывается методика проведения практического занятия по данной теме. Целью данной работы является создание методической разработки практического занятия по теме «Косой изгиб и совместное действие растяжения (сжатия) и изгиба». Актуальностью данной работы является возросший интерес к высшему техническому образованию и необходимостью созданием доступного материала при обучении студентов инженерными дисциплинами. Практическое занятие состоит из двух задач: в первой необходимо рассчитать прочность двутавровой балки, а во второй рассчитать на прочность стержень, к которому приложена эксцентричная растягивающая нагрузка.

**Ключевые слова:** косой изгиб, балка, сопротивление материалов, деформации

**Abstract.** The article is titled "On the Topic of Conducting a Practical Lesson on the Topic of Lateral Bending and the Combined Effect of Tension (Compression) and Bending." This article discusses the concept of lateral bending, which occurs when external forces act on a beam, causing it to bend in two planes simultaneously. The article provides a methodological framework for conducting a practical lesson on this topic. The goal of this work is to create a methodological guide for conducting a practical lesson on the topic of Lateral Bending and the Combined Effect of Tension (Compression) and Bending. The relevance of this work is the increased interest in higher technical education and the need to create accessible material for teaching engineering disciplines to students. The practical lesson consists of two tasks: in the first task, it is necessary to calculate the strength of a I-beam, and in the second task, it is necessary to calculate the strength of a rod subjected to an eccentric tensile load.

**Key words:** oblique bending, beam, material resistance, deformation

### Введение

Инженерное образование является фундаментом промышленности любой страны. Как следствие, основой этого образования являются общетехнические дисциплины[1]. В предыдущей работе[2], была рассмотрена методика проведения лекции по теме «Косой изгиб и совместное действие растяжения (сжатия) и изгиба». Для закрепления данной темы необходимо проведение практических занятий, которые позволили бы более наглядно [3] изучить данную тему. Проведение практических занятий с применением математического аппарата, подчеркивает междисциплинарную связь учебной дисциплины «Сопротивление материалов» с «Теоретической механикой»[4],[5]. Решение практических заданий позволяет развивать навыки изображать расчетную схему действующих нагрузок и определить значение деформации при изучении учебной дисциплины «Сопротивление материалов» [6], [7]. Целью данной темы является разработка методики проведения практического занятия по теме «Косой изгиб и совместное действие растяжения (сжатия) и изгиба». Актуальностью данной работы является возросший интерес к высшему техническому образованию и необходимостью созданием доступного материала при обучении студентов инженерными дисциплинами[8]. Наряду с такими видами деформации как растяжение и сжатие[9], сдвиг и кручение[10], тема изгиб заканчивает изучение простейших видов деформации.

# 1 Решение первой практической задачи по теме «Косой изгиб и совместное действие растяжения (сжатия) и изгиба»

Для примера решения практической задачи выбрана двутавровая балка, представленная на рисунке 1, имеющая № 30, длиной  $l = 1,2$  м закреплена одним концом и нагружена сосредоточенной силой  $P$  на другом конце. Определить наибольшее напряжение в сечении  $MN$ , если нагрузка  $P = 12000$  Н проходит через центр тяжести сечения и составляет с вертикальной плоскостью симметрии угол  $\alpha = 25^\circ$ .

Решение:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{Pl \cos \alpha}{W_x} + \frac{Pl \sin \alpha}{W_y} = Pl \left( \frac{\cos \alpha}{W_x} + \frac{\sin \alpha}{W_y} \right), \quad (1)$$

$$\sigma_{\max} = 12000 \cdot 1,2 \left( \frac{0,905}{0,482 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,423}{0,049 \cdot 10^{-3}} \right) = 14400 \cdot (1873,7 + 8632,65),$$

$$\sigma_{\max} = 144000 \cdot 10506,35 = 151,29 \text{ МПа.}$$

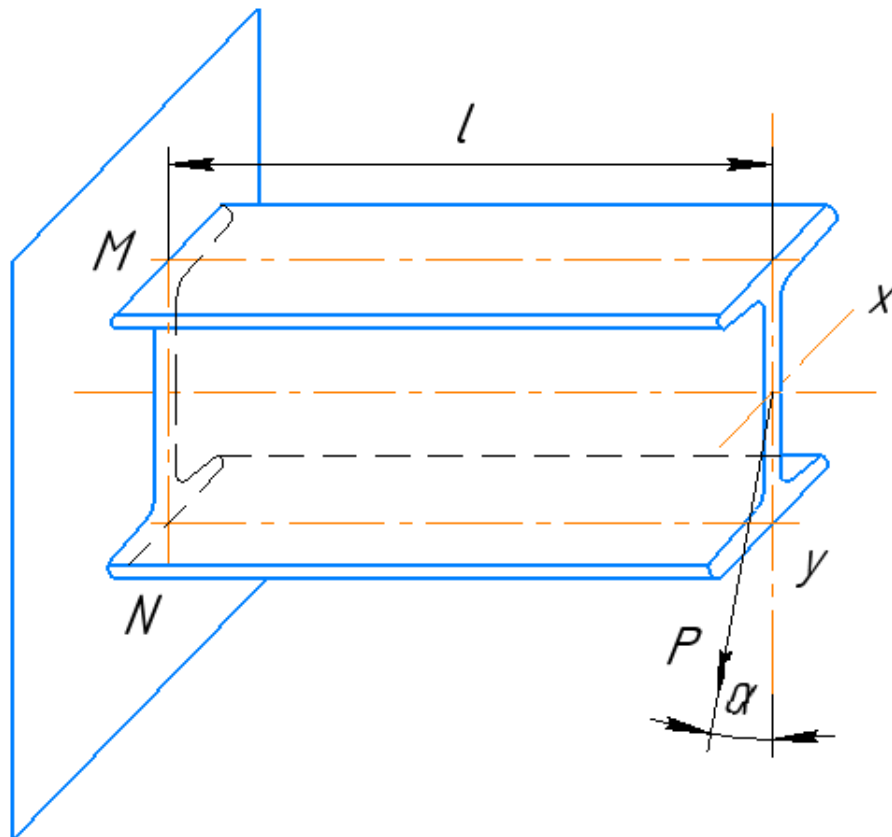


Рисунок 1 - Расчет на поперечный изгиб

## 2 Решение второй практической задачи по теме «Косой изгиб и совместное действие растяжения (сжатия) и изгиба»

При изучении подраздела «Внецентрированное сжатие», в рамках данной темы, необходимо иметь в виду, что сила, сжимающая брус, необходима на оси бруса и лежит в одной из главных ее плоскостей, но точка ее приложения не совпадает с центром тяжести сечения.

При изучении совместного действия изгиба и растяжения, а также внецентрированного сжатия необходимо заметить, что в этом случае нейтральная ось смещается от центра тяжести сечения. При внецентрированном растяжении (сжатии) наибольшее значение имеет величина эксцентриситета.

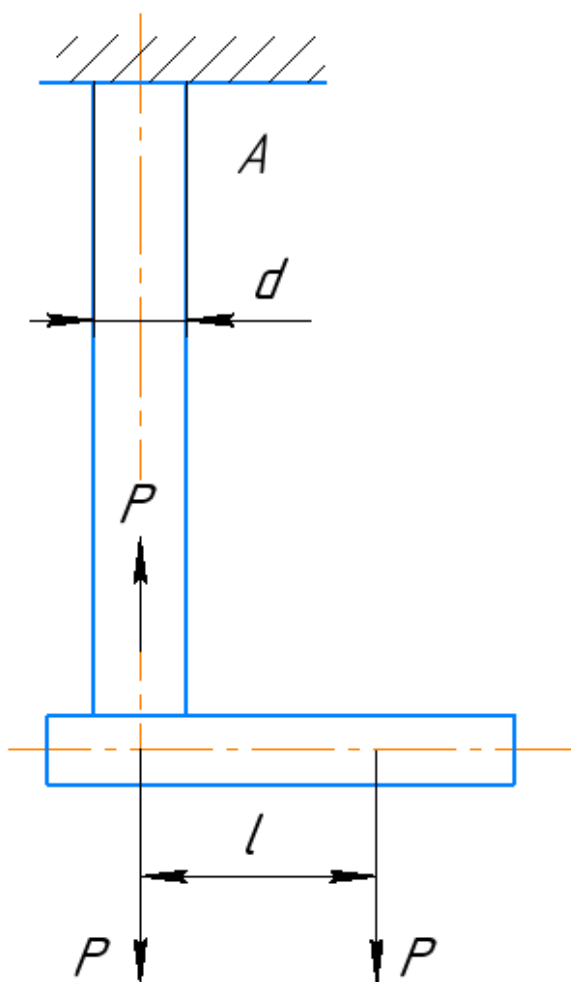


Рисунок 2 – Эпюр сжатия бруса

Какого диаметра  $d$  следует взять стержень  $A$ , показанного на рисунке 2, к которому приложена эксцентричная растягивающая нагрузка  $P = 4000$  Н при

плече  $l = 250$  мм, чтобы наибольшее напряжение растяжения не превышало 70 МПа.

Необходимо привести силу  $P$  к точке, лежащей на оси стержня, тогда получаем силу  $P'$ , которая будет действовать вдоль геометрической оси стержня  $A$  и присоединенную пару  $(P, P'')$  с моментом  $M = Pl$ .

Напряжение от растягивающей силы  $P$  равно:

$$\sigma_p = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (2)$$

Напряжение от изгибающего момента

$$\sigma_{и} = \frac{M}{W} = \frac{Pl}{\frac{\pi d^3}{32}} \quad (3)$$

Значение наибольшего суммарного напряжения определяется по формуле:

$$\sigma = \sigma_p + \sigma_{и} = \frac{4P}{\pi d^2} + \frac{32Pl}{\pi d^3} \quad (4)$$

Расчетное уравнение будет иметь вид:

$$70 \cdot 10^6 = \frac{4P}{\pi d^2} + \frac{32Pl}{\pi d^3},$$

или

$$70 \cdot 10^6 \cdot \pi d^3 - 4Pd - 32Pl = 0,$$

откуда

$$d^3 - \frac{4 \cdot 4000}{70 \cdot 10^6} d - \frac{32 \cdot 4000 \cdot 0,25}{70 \cdot 10^6} = 0.$$

Получилось кубическое уравнение

$$d^3 - 0,228 \cdot 10^{-3} \cdot d - 0,457 \cdot 10^{-3} = 0,$$

в котором необходимо каждый член увеличить в 1000 для простоты решения. Данное уравнение решается путем подстановки значения. Если  $d = 0,05$  м, тогда получается что

$$-0,026 < 0.$$

Если  $d = 0,038$ , тогда получается что

$$0,000508 \sim 0.$$

Следовательно, принимается значение  $d = 38$  мм.

## Заключение

В данной работе приведена методика проведения практического занятия по теме «Косой изгиб и совместное действие растяжения (сжатия) и изгиба». Эта тема, рассматриваемая в рамках изучения учебной дисциплины «Сопротивление материалов»[11]. Практическое занятие состоит из двух задач: в первой необходимо рассчитать прочность двутавровой балки, а во второй рассчитать на прочность стержень, к которому приложена эксцентричная растягивающая нагрузка. Все задания имеют поясняющие чертежи, которые поясняют ход решения практического задания.

## 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. Рец, С. М. К вопросу преподавания темы «Косой изгиб и совместное действие растяжения (сжатия) и изгиба» / С. М. Рец, Е. В. Григорьева // Мир педагогики и психологии. – 2025. – № 11(112). – С. 339-345.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.