

Дата публикации 27.02.2026

УДК 378.4

**Рец С.М., Григорьева Е.В. Обобщение опыта проведения практического занятия по теме «Сложное деформированное состояние и теории прочности»**

**Рец Степан Михайлович**

студент направления подготовки

«Электроэнергетика и электротехника»

Дальневосточный государственный технический

рыбохозяйственный университет

РФ, г. Владивосток, [stepanrec218@mail.ru](mailto: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](mailto:lena_13042006@mail.ru)

**Generalization of the experience of conducting a practical lesson on the topic  
«Complex deformed state and theory of strength»**

**Retz Stepan Mikhailovich**

**student of the specialty «Electric Power engineering**

**and electrical engineering»**

*Far Eastern State Technical Fisheries University*

*Russian Federation, Vladivostok*

**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*

**Аннотация.** Статья выполнена на тему – «Обобщение опыта проведения практического занятия по теме «Сложное деформированное состояние и теории прочности»». В данной статье рассматривается продолжение темы «Сложное деформированное состояние и теории прочности», ее практическая часть. В ходе данной работы, были разобрана одна практическая задача по выданной теме. Целью данной работы является создание методической разработки практического занятия по теме «Сложное деформированное состояние и теории прочности». Актуальностью этой темы работы является создание практико-ориентированного материала, для проведения практических занятий по данной тематики. В статье приводятся формулы и методы расчета, связанные с теориями прочности, а также показан графический материал, поясняющий ход решения задания. Задачами данной работы являются: постановка условия задачи; определение моментов на каждом участке вала; построение эпюр моментов.

**Ключевые слова:** сопротивление материалов, моменты, эпюры, практические занятия.

**Abstract.** The article is based on the topic "Generalization of the experience of conducting a practical lesson on the topic "Complex deformed state and theory of strength". This article discusses the continuation of the topic "Complex deformed state and theory of strength", its practical part. In the course of this work, one practical task on the given topic was analyzed. The purpose of this work is to create a methodological development of a practical lesson on the topic "Complex deformed state and theory of strength." The relevance of this topic of work is the creation of practice-oriented material for conducting practical classes on this topic. The article provides formulas and calculation methods related to strength theories, as well as graphic material explaining the chorus of solving the task. The objectives of this work are: setting the problem condition; determining the moments on each section of the shaft; plotting the moments.

**Key words:** resistance of materials, moments, plots, practical exercises

## **Введение**

При рассмотрении лекционного материала по теме «Сложное деформированное состояние и теории прочности»[1], были рассмотрены основные моменты сочетаний деформаций, которые возникают в объекте исследования при расчете на прочность и жёсткость[2]. Наиболее эффективным способом закрепления данной темы является наглядность применение теории в ходе лабораторной работы, то есть важна наглядность процесса обучения[3].

Так как учебная дисциплина «Сопротивление материалов», напрямую связана междисциплинарными связями с «Теоретической механикой»[4],[5], до проведения лабораторных работ с демонстрацией сложного деформированного состояния, необходимо решение практических заданий, которые подготовят к самостоятельному выполнению опыта[6],[7]. Основываясь на основных понятиях и определения учебной дисциплины «Сопротивление материалов»[8], за два академических часа совместно с преподавателем должны быть решены и разобрана две практическая задача, посвящённые данной теме. Имея уже определенный багаж знаний по пройденным темам, таким как растяжение и сжатие[9], сдвиг, кручение[10], изгиб, можно применять методики решения практических заданий, путем сочетания этих видов деформированных состояний. Актуальностью этой темы работы является создание практико-ориентированного материала, для проведения практических занятий по данной тематике.

## 1 Условие решения практической задачи

Вал, показанный на рисунке 1, вращается в подшипниках  $A$  и  $B$ .  
 Посредством шкива  $C$  диаметром  $D_1 = 160$  мм вал принимает мощность  $N = 50$  кВт при  $n = 750$  об/мин.

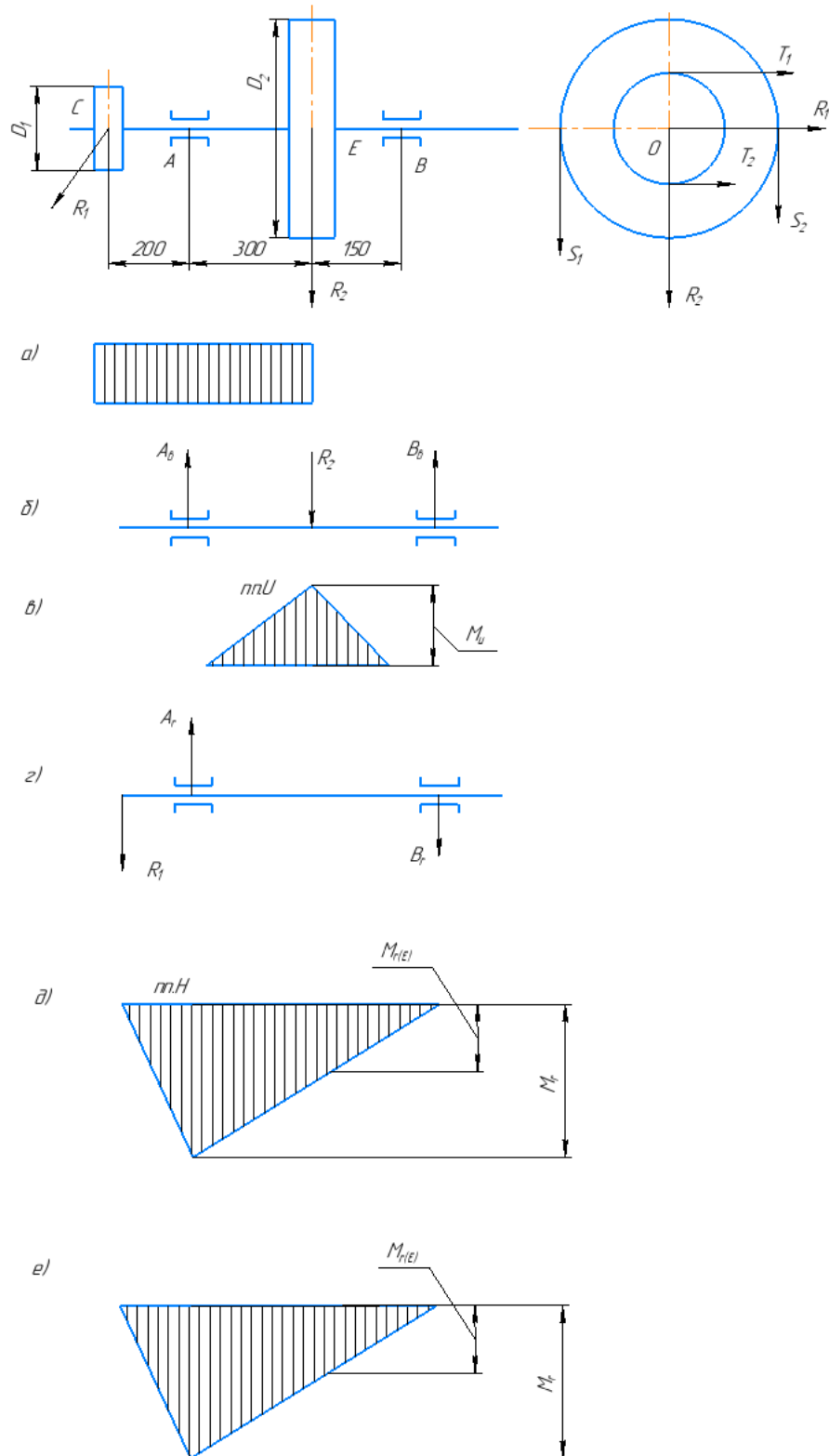


Рисунок 2 – Эпюры, изгибающих моментов

Данная мощность передается валом через шкив  $E$  диаметром  $D_2 = 320$  мм. Обе ветви ремня на шкиве  $C$  горизонтальны, а на шкиве  $E$  — вертикальны.

Натяжения ведущей и ведомой ветвей ремня соответственно равны  $T_1 = 12000$  Н и  $T_2 = 6000$  Н; натяжения же ветвей ремня на шкиве  $E$  равны  $S_1 = 6000$  Н и  $S_2 = 3000$  Н. Длины участков вала показаны на чертеже. Весом шкивов пренебречь. Для данного вала необходимо построить и определить:

- построить эпюру крутящих моментов;
- построить эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях;
- построить эпюру суммарных изгибающих моментов;
- вычислить наибольший приведенный момент;
- определить диаметр вала, принимая  $[\sigma] = 80$  МПа.

## 2 Решения практической задачи на тему «Сложное деформированное состояние и теории прочности»

Перенеся силы натяжения ремня на ось вала, можно понять, что на ось вала в плоскости шкива  $C$  действует горизонтальная сила  $R_1 = T_1 + T_2 = 12000 + 6000 = 18000$  Н, а в плоскости шкива  $E$  действует вертикальная сила  $R_2 = S_1 + S_2 = 6000 + 3000 = 9000$  Н. Кроме того, на участке  $CE$  действует крутящий момент

$$M_k = 9550 \frac{N}{n}, \quad (1)$$
$$M_k = 9550 \frac{50}{750} \approx 637 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Для определения опасного сечения вала необходимо построим эпюры изгибающих моментов от сил, действующих в вертикальной плоскости (пл.  $V$ ), от сил, действующих в горизонтальной плоскости (пл.  $H$ ), и суммарную эпюру изгибающих моментов.

Построение эпюры изгибающих моментов в вертикальной плоскости осуществляется в следующей последовательности. Необходимо рассматривать вал, как балку на двух опорах  $A$  и  $B$  с консолью  $AC$  и с нагрузкой  $R_2 = 9000$  Н,

приложенной к точке  $E$ , отстоящей на расстоянии 150 мм от правой опоры  $B$ .

Нагрузка  $R_2$  вертикальная. Опорные реакции определяются из уравнений:

$$\sum M_A = 0; B_B \cdot 0,45 + 9000 \cdot 0,3 = 0;$$

$$\text{откуда } B_B = \frac{9000 \cdot 0,3}{0,45} = 6000 \text{ Н.}$$

$$\sum M_B = 0; A_B \cdot 0,45 - 9000 \cdot 0,15 = 0;$$

$$\text{откуда } A_B = \frac{9000 \cdot 0,15}{0,45} = 3000 \text{ Н.}$$

Изгибающие моменты в сечениях  $A$ ,  $E$  и  $B$ .

$$M_A = 0; M_B = 0; M_E = A_B \cdot AE = 3000 \cdot 0,3 = 900 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Построение эпюры изгибающих моментов в горизонтальной плоскости осуществляется в следующей последовательности. Определение опорных реакций для балки  $BC$  определяется:

$$\sum M_A = 0; B_1 \cdot 0,45 - R_1 \cdot 0,2 = 0;$$

$$B_r = \frac{R \cdot 0,200}{0,45} = \frac{18000 \cdot 0,2}{0,45} = 8000 \text{ Н;}$$

$$\sum M_B = 0; R_1 \cdot 0,65 + A_r \cdot 0,45 = 0;$$

$$A_r = \frac{R_1 \cdot 0,65}{0,45} = \frac{18000 \cdot 0,65}{0,450} = 26000 \text{ Н.}$$

Определение изгибающих моментов в сечениях  $C$ ,  $A$  и  $B$ :

$$M_C = 0;$$

$$M_A = -R \cdot 20 = -18000 \cdot 0,20 = -3600 \text{ Н}\cdot\text{м;}$$

$$M_B = 0.$$

Построение суммарной эпюры изгибающих моментов осуществляется в следующей последовательности. Для данной эпюры строятся по ординатам, получаемым из формулы

$$M = \sqrt{M_B^2 + M_r^2}. \quad (2)$$

Для сечения  $C$  имеем  $M = 0$ , для сечения  $A$

$$M_{\text{сумм}}(A) = \sqrt{M_B^2 + M_r^2} = \sqrt{M_A^2} = 3600 \text{ Н}\cdot\text{м,}$$

так как  $M_B(A) = 0$ .

Вычисление суммарного изгибающего момента для сечения  $E$ , осуществляется, если предварительно определить изгибающий момент в горизонтальной плоскости для данного сечения:

$$M_E = B_1 \cdot 15 = 8000 \cdot 0,15 = 1200 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Определим

$$\begin{aligned} M_{\text{сум}}(E) &= \sqrt{900^2 + 1200^2} = \sqrt{81 \cdot 10^4 + 144 \cdot 10^4} = \\ &= \sqrt{225 \cdot 10^4} = 15 \cdot 10^2 = 1500 \text{ Н}\cdot\text{м}. \end{aligned}$$

Из эпюры суммарных изгибающих моментов и крутящих моментов видно, что наибольшим напряженным сечением будет сечение  $A$ , для которого  $M_{\text{сум}} = 3600 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $M_k = 480 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Составим расчетное уравнение:

$$8000 \geq \frac{1}{W} \sqrt{M_{\text{сум}}^2 + M_k^2},$$

откуда

$$W \geq \frac{\sqrt{M_{\text{сум}}^2 + M_k^2}}{8000} = \frac{\sqrt{3600^2 + 480^2}}{80 \cdot 10^6} = 45,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Так как для круглого сплошного сечения

$$W = 0,1d^3, \text{то}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{W}{0,1}} = \sqrt[3]{\frac{45,4 \cdot 10^{-6}}{0,1}} = 0,077 \text{ м}.$$

Принимаем  $d = 80 \text{ мм}$ .

### Заключение

Проведение практических занятий позволяет углубить, знания, полученные в ходе изучения лекционного материала. Выполнение математических расчетов, позволяет развить инженерное мышление, а так же подчеркнуть междисциплинарные связи со школьной программой, например «Физика», «Математика», а также с первым годом обучения, по технической программе подготовки – «Теоретическая механика» и «Высшая математика»[11].

### Список литературы

1. Рец, С. М. Обобщение опыта проведения лекционного занятия по теме «Сложное деформированное состояние и теории прочности» / С. М. Рец, Е. В. Григорьева // Мир педагогики и психологии. – 2025. – № 11(112). – С. 353-359.
2. 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.
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.