

УДК 378.4

Рец С.М., Григорьева Е.В. Обобщение опыта проведения лекционного 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

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

Summarization of the experience of conducting a lecture on the topic "Complex Deformed State and Strength Theories"

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 – «Обобщение опыта проведения лекционного занятия по теме «Сложное деформированное состояние и теории прочности»». В данной статье рассматривается сложное деформированное состояние и теории прочности, которые используются для оценки способности материалов и конструкций сопротивляться совокупности действующим нагрузкам. Целью данной работы является создание методической разработки по теме «Сложное деформированное состояние и теории прочности». В работе обсуждаются основные теории прочности, такие как теория наибольших нормальных напряжений, теория наибольших касательных напряжений и теории энергии изменения формы (энергетической). В статье приводятся формулы и методы расчета, связанные с этими теориями, а также разобран пример применения в механизме. Статья предназначена для студентов технических специальностей, инженеров и всех, кто интересуется вопросами прочности и устойчивости конструкций. Данная тема занятий подводит итог при изучении

простейших видов нагрузений при освоении учебной дисциплины «Соппротивление материалов».

Ключевые слова: теория прочности, касательные напряжения, сопротивление материалов

Abstract. The article is based on the topic "Generalization of the experience of conducting a lecture on the topic "Complex deformed state and theory of strength". This article examines the complex deformed state and strength theories that are used to assess the ability of materials and structures to resist a combination of acting loads. The purpose of this work is to create a methodological development on the topic "Complex deformed state and theory of strength." The paper discusses the main theories of strength, such as the theory of greatest normal stresses, the theory of greatest tangential stresses, and the theory of shape-shifting energy. The article provides formulas and calculation methods related to these theories, as well as an example of their application in a mechanism. The article is intended for students of technical specialties, engineers, and anyone interested in the strength and stability of structures. This topic summarizes the study of the simplest types of loading.

Key words: strength theory, tangential stresses, and material resistance

Введение

Соппротивление материалов – является одной из фундаментальных учебных дисциплин, которые изучаются в технических высших учебных заведениях[1]. Эта дисциплина как часть объединенной дисциплины «Техническая механика», не может изучаться без наглядности проходимого материала[2]. Это заключается, прежде всего, наличием лабораторных работ, которые позволяют наглядно, «в металле» увидеть процессы деформации и разрушения материалов.

Учебная дисциплина напрямую связана междисциплинарными связями с «Теоретической механикой»[3],[4]. При изучении темы «Плоская система сходящихся сил, вырабатывается навык определения нагрузок на материальное тело. Этот навык позволит на учебной дисциплине «Соппротивление материалов» построить расчетную схему действующих нагрузок и определить значение деформации[5],[6].

Основной задачей этой учебной дисциплины, является развитие понимания действий различных нагрузений на исследуемую деталь, узел или механизм[7]. Одной и темой данной дисциплины является – «Сложное

деформированное состояние и теории прочности». Данная тема подводит итоги изучения всех простейших видов нагружений, а именно растяжение и сжатие[8], сдвиг, кручение[9], изгиб. Как правило, при изучении данной темы, рассматриваются такие примеры как нагрузка на валы, в каком либо механизме.

1 Теоретическая часть занятия по теме «Сложное деформированное состояние и теории прочности»

Изучение данной темы следует начинать с теорий прочности. Необходимо знать, что положено в основу каждой теории прочности. Особое внимание следует уделить теории наибольших касательных напряжений и теории энергии изменения формы (энергетической), как имеющих в настоящее время практическое значение. После общего ознакомления с теориями прочности, необходимо перейти к изучению, где приводятся расчетные формулы на основании теории наибольших касательных напряжений[11]:

$$\sigma_{\text{прив}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma], \quad (1)$$

или

$$\sqrt{\left(\frac{M}{W}\right)^2 + 4\left(\frac{M_k}{W_p}\right)^2} \leq [\sigma], \quad (2)$$

Так как для кругового или кольцевого сечения

$$W_p = 2W,$$

то будем иметь

$$\frac{1}{W} \sqrt{M^2 + M_k^2} \leq [\sigma], \quad (3)$$

где M – изгибающий момент;

M_k – крутящий момент;

σ – нормальное напряжение;

τ – касательное напряжение;

$\sigma_{\text{прив}}$ – приведенное (эквивалентное) напряжение.

В формуле (3) $\sqrt{M^2 + M_k^2}$ называется приведенным моментом.

На основании энергетической теории прочности имеем:

$$\sigma_{\text{прив}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma], \quad (4)$$

или

$$\sqrt{\left(\frac{M}{W}\right)^2 + 3\left(\frac{M_k}{W_p}\right)^2} \leq [\sigma], \quad (5)$$

При расчете валов встречаются случаи, когда силы, вызывающие изгиб, не лежат в одной плоскости; тогда рекомендуется каждую из сил, предварительно, разложить по двум направлениям — вертикальному и горизонтальному, затем нужно построить эпюру изгибающих моментов, от сил, действующих в вертикальной плоскости M , и эпюру изгибающих моментов от сил — в горизонтальной плоскости M_{Γ} . По найденным моментам M_B и M_{Γ} строят эпюру суммарных изгибающих моментов, согласно формуле

$$M = \sqrt{M_B^2 + M_{\Gamma}^2}. \quad (6)$$

Найденное значение M подставляют в расчетное уравнение (3) или (5). При этом нужно найти такое сечение вала, для которого приведенный момент имеет наибольшее значение. Расчет бруса круглого поперечного сечения на совместное действие изгиба, кручения и растяжения (сжатия) производится также по формулам (1) или (4). Следует заметить, что результаты расчетов по формулам, основанным на теории прочности наибольших касательных напряжений или на энергетической теории прочности, оказываются очень близкими друг к другу. Рассмотрим примеры расчета бруса круглого сечения.

2 Практическая часть занятия по теме «Сложное деформированное состояние и теории прочности»

На выступающий конец вала, который показан на рисунке 1, насажен шкив $D = 1500$ мм и весом $G=1500$ Н на расстоянии $l = 1$ м от подшипника. На шкив наденет приводной ремень, который передает мощность $N = 100$ кВт при $n = 250$ об/мин. Обе ветви ремня горизонтальны. Натяжение ведущей и ведомой ветвей ремня соответственно равны $T_1 = 800$ Н и $T_2 = 400$ Н.. В практическом

задании необходимо определить наибольший приведенный момент, диаметр вала по теории прочности наибольших касательных напряжений, если $[\sigma] = 80$ МПа.

Крутящий момент определяется по формуле

$$M_k = 9550 \cdot \frac{N}{n}, \quad (7)$$

$$M_k = 9550 \cdot \frac{100}{250} = 3820 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

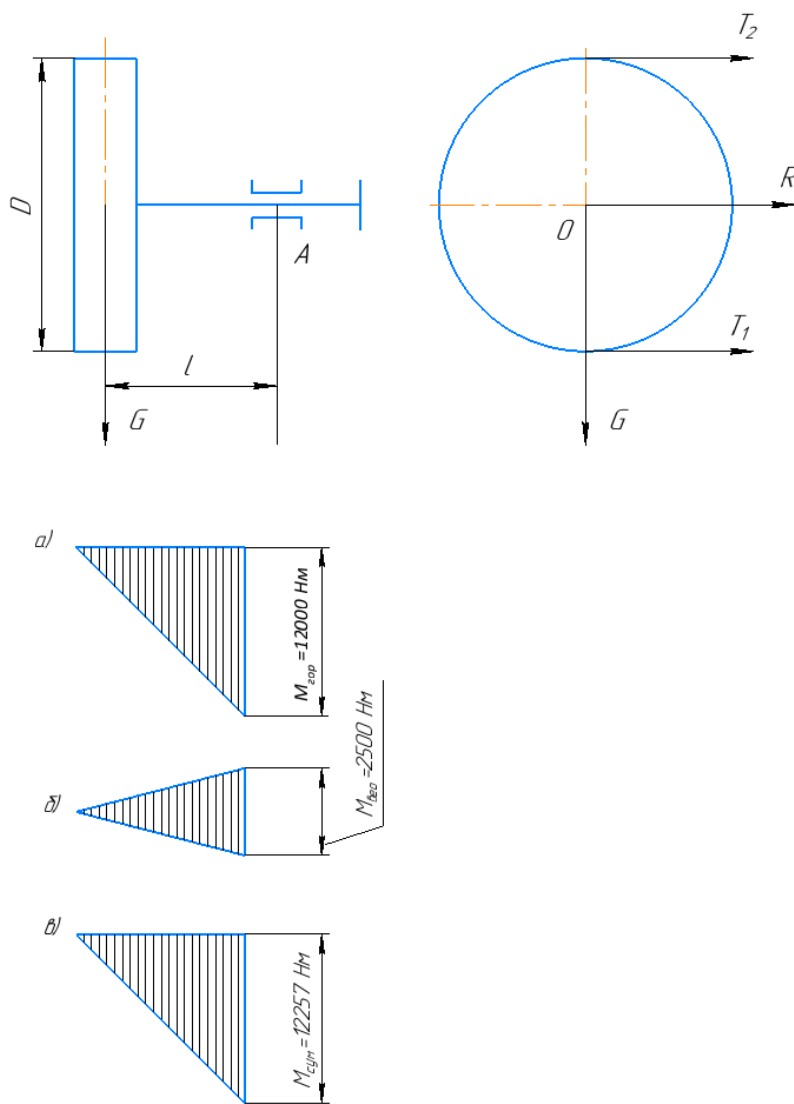


Рисунок 1 – Расчет бруса круглого сечения на деформации

Приведем силы натяжения ремня T_1 и T_2 к точке O и получим силу $R = T_1 + T_2 = 8000 + 4000 = 12000$ Н, которая будет изгибать вал в горизонтальной плоскости. Построим эпюры изгибающих моментов, как от силы R , так и от силы G . Эпюра суммарных изгибающих моментов определяется по формуле

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{M_{\text{гор}}^2 + M_{\text{верт}}^2}, \quad (8)$$

Наибольший суммарный изгибающий момент:

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{12000^2 + 2500^2} = 12257 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Вычислим наибольший приведенный (эквивалентный) момент для сечения А по формуле

$$M_{\text{прив}} = \sqrt{M^2 + M_k^2} = \sqrt{M_{\text{гор}}^2 + M_{\text{верт}}^2 + M_k^2}, \quad (9)$$

$$M_{\text{прив}} = \sqrt{12000^2 + 2500^2 + 3820^2} = 12840 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Применим расчетное уравнение:

$$\frac{1}{W} \cdot M_{\text{прив}} = [\sigma], \quad (10)$$

откуда

$$W = \frac{M_{\text{прив}}}{[\sigma]}, \quad (11)$$

$$W = \frac{12840}{80 \cdot 10^6} = 0,00016 \text{ м}^3.$$

Для круглого сплошного сечения $W = 0,1 \cdot d^3$, откуда

$$d = \sqrt[3]{\frac{W}{0,1}}, \quad (12)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{0,00016}{0,1}} \approx 0,12 \text{ м.}$$

Значения диаметра вала, который выдержит и изгибающие моменты и крутящий должно быть более 12 мм.

Заключение

Изучение учебной дисциплины «Сопротивление материалов» в техническом вузе имеет различные междисциплинарные связи со школьной программой, например «Физика», «Математика», а также с первым годом обучения по технической программе подготовки – «Теоретическая механика» и «Высшая математика»[10].

При изучении данной темы необходимо учитывать материал пройденных тем – «Кручение» и «Изгиб». Классическим примером, является принцип работы вала, который одновременно работает на кручение и срез. В ходе определения реального диаметра вала, необходимо далее применять стандарт ГОСТ 12080-66, а так же учитывать конструктивные особенности механизма.

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.