

Пользуясь рисунком 5 а, решим задачу численно, полагая пластические шарниры в разных сечениях балки и определяя минимум кривой  $q_{пр} \left( \frac{z}{l} \right)$  (см. рис. 6).

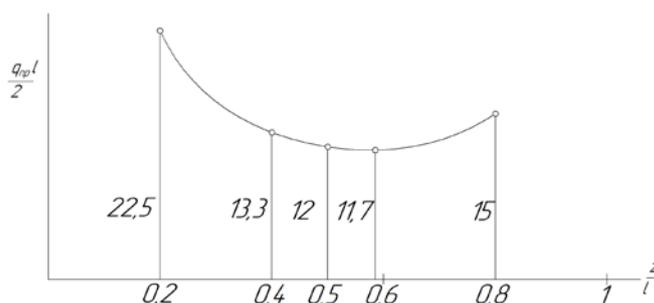


Рисунок 6 – Минимум  $q_{пр} \left( \frac{z}{l} \right)$

Аналогичный подходу на рисунке 5 б можно использовать при наличии эпюры моментов  $M_q$  (рис. 6) от какой угодно нагрузки. При этом можно воспользоваться разными масштабами для эпюр  $M_q$  и  $M_x$ , координата экстремума  $\frac{z}{l}$  определится вне зависимости от этих масштабов. Беря теперь разность ординат эпюр  $M_q$  и  $M_x$  (с учетом разных масштабов) и приравняв модуль разности  $M_{пр}$ , находим предельную нагрузку ( $q_{пр}$  на рис. 5 а).

Список использованных источников

1. Дарков, А. В. Сопроотивление материалов : учебник для студентов заочных вузов и факультетов / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро / Москва : Высшая школа, 1969 г. – 734с.

УДК 539.3

## ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ В УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

**Федосеев Г.Н., к.т.н., доц., Пелипей И.Р., студ., Поляков А.А., студ.**

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрен расчет стержневой системы на растяжение-сжатие, а также изгиб системы с упрочнением.

Ключевые слова: упруго-пластический изгиб, растяжение, сжатие, напряжение, перемещение, закон Гука.

Статически неопределимая упругопластическая стержневая система.

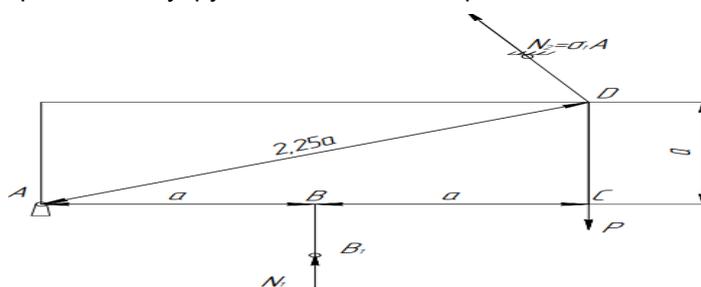


Рисунок 2 – Статически неопределимая система

На рисунке 1 представлены силы входящие уравнения статики и совместности деформаций:

$$\sum M_A = 0; N_1 * a + N_2 * 2,25a = P * 2a \quad (1)$$

$$\frac{\Delta l_2}{2,25a} = \frac{\Delta l_1}{a}; \Delta l_1 = \frac{N_1 \cdot l}{2EA}; l_2 = \frac{N_2 \cdot l}{EA} \quad (2)$$

Решение уравнений (1, 2):

$$N_1 = 0.567P; N_2 = 0.638P$$

Напряжения:

$$\sigma_1 = N_1/2A = 0.284 P/A, \quad \sigma_2 = N_2/A = 0.638 P/A; \quad \sigma_{\max} = 0.638 P/A$$

Нагрузка в момент наступления текучести во 2 стержне:  $P_T = 1.57\sigma_T A$ .

Напряжение в первом стержне  $\sigma_{1T} = 0.446\sigma_T < \sigma_T$ .

Стержень 1 продолжает работать упруго. Стержень 2 перестает сопротивляться (рис. 1) деформированию. Соответствующее перемещение  $\delta$  точки приложения силы  $P$ .

$$\text{Получаем, что } \delta_E = 2\Delta l_{1T} \quad \delta_T = 2 * 0,284 * 1,57 \frac{\sigma_T l}{E} = 0.892\sigma_T l/E$$

Как только напряжение  $\sigma_1$  становится равным пределу  $\sigma_T$ , стержень 1 перестает сопротивляться деформированию – с этого момента система лишается несущей способности (перестает удерживать груз).

Предельную нагрузку находим из уравнения предельного равновесия

$$N_1 * a + 2.25 * a\sigma_T A = 2a * P; \quad N_1 = 2P - 2.25\sigma_T A$$

$$N_1 = \sigma_T 2A = 2P_{\text{пред}} - 2.25\sigma_T A$$

$$P_{\text{пред}} = 2.125\sigma_T A; \quad \delta_{\text{пред}} = \frac{2 * \sigma_T 2Al}{2EA} = 2 \frac{\sigma_T l}{E}$$

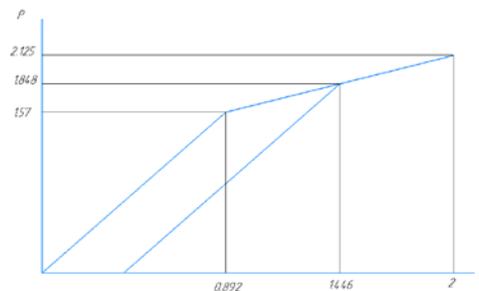


Рисунок 2 – Диаграмма  $P - \delta$

Разгрузим систему от  $P = 1.848\sigma_T A$  и  $\delta = 1.446 \frac{\sigma_T l}{E}$ .

$$N_1 = (2 * 1.848 - 2.25)\sigma_T A = 1.446\sigma_T A, \quad N_2 = \sigma_T A$$

$$N_{1\text{разг}} = 0.567 * 1.848\sigma_T A = 1.049\sigma_T A$$

$$N_{2\text{разг}} = 0.638 * 1.848\sigma_T A = 1.179\sigma_T A$$

$$N_1 - N_{1\text{разг}} = N_{1\text{ост}} = 0,397\sigma_T A, \quad N_2 - N_{2\text{разг}} = N_{2\text{ост}} = -0,179\sigma_T A$$

$$\delta_{\text{разг}} = \frac{2 * 0.567 * 1.848 * \sigma_T Al}{2EA} = 1.048 \frac{\sigma_T l}{E}$$

$$\delta_{\text{разг}} = (1,446 - 1,048) * \frac{\sigma_T l}{E} = 0,398 \frac{\sigma_T l}{E}$$

Упруго-пластический изгиб с упрочнением материала.

Полагаем, что при изгибе стержня его поперечные сечения поворачиваются относительно друг друга, оставаясь плоскими на всех стадиях работы материала. При этом одни продольные волокна стержня удлиняются, другие укорачиваются. Их разделяют продольные волокна с постоянной длиной. Совокупность таких волокон образует нейтральный слой стержня.

Если удлиняющиеся волокна отстают от нейтрального слоя на расстояние  $y$ , относительное удлинение волокон  $\varepsilon = y/\rho$ , где  $\rho$  – радиус кривизны нейтрального слоя.

Положим схематизированную диаграмму растяжения-сжатия материала стержня показанной на рисунке 3.

Её уравнение

$$\sigma = \sigma_T \left[ 1 + \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon_T} - 1 \right) \frac{E}{E_T} \right] \quad (3)$$

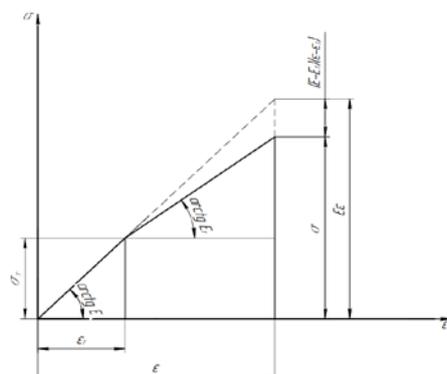


Рисунок 3 – Схематизированная диаграмма растяжения

Изгибающий момент изображенный на рисунке 4, при учете отношения (3), где введен статический момент площади диаграммы (рис. 3) относительно оси  $\sigma$

$$M = 2 \int_0^{h/2} [\sigma(bdy)] y = 2 \int_0^{h/2} (\sigma b \rho d\varepsilon) \rho \varepsilon = \frac{2b}{\rho^2} \int_0^{\varepsilon} (\sigma \varepsilon) d\varepsilon$$

Изгибающий момент

$$M = \frac{1}{2} M_T \left[ 2 \cdot \frac{E_T}{E} \cdot \frac{\rho_T}{\rho} + \left( 1 - \frac{E_T}{E} \right) \left( 3 - \left( \frac{\rho}{\rho_T} \right)^2 \right) \right]$$

где изгибающий момент, отвечающий появлению текучести в краевых волокнах

$$M_T = \sigma_T * b * h^2 / 6$$

Используя закон [1, с 367], начертим контур повернувшегося сечения и отметим на рисунке 4 деформации  $\varepsilon_T$  и  $\varepsilon$ , а также соответствующие им ординаты диаграммы  $\sigma_T$  и  $\sigma$ . Перенесем их на базис эпюры  $\sigma$  в поперечном сечении стержня, после чего построим на рисунке 4 эту эпюру.

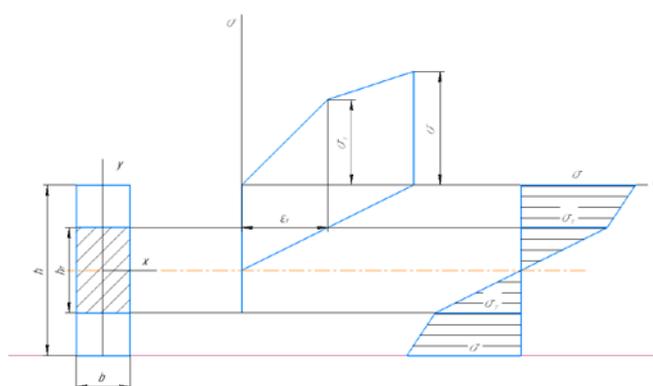


Рисунок 4 – Эпюра деформаций и нормальных напряжений в поперечном сечении

При заданной диаграмме растяжения (рис. 3)  $M = 1,58M_T$ .

Кривизна в нагружении  $1/\rho = 2\varepsilon_T/h$ .

Остаточная кривизна стержня при разгрузке от момента

$$\left(\frac{1}{\rho}\right)_{\text{ост}} = 2\varepsilon_T/h - 1.58M_T/EI_x = 0.88 \frac{\varepsilon_T}{h}$$

Стержень остается искривленным.

Остаточные напряжения: на краях сечения – см. рисунок 5.

$$\sigma_{\text{ост}} = \sigma - \frac{Mh}{2I_x}$$

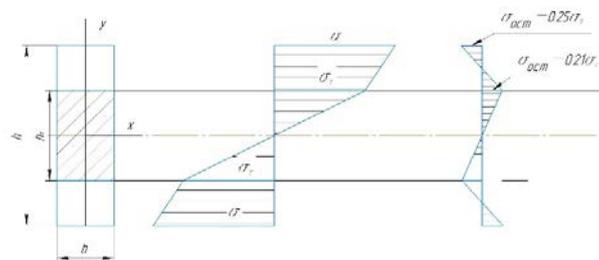


Рисунок 5 – Заданные и остаточные напряжения

Список использованных источников

1. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов : учебник для высших технических учебных заведений / В. И. Феодосьев – Москва : Наука, 1975 – 559 с.

### 3.4 Физическая культура и спорт

УДК 617.75

#### МИОПИЯ – «БИЧ» СОВРЕМЕННОСТИ

**Ребизова Е.А., ст. преп., Бандаревич Е.В., преп., Казехо О.Н., студ.**

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье представлена статистика за последние 3 учебных года. Причины ухудшения зрения, а также профилактические рекомендации для улучшения зрения.

Ключевые слова: миопия, степень, причина, рекомендации, близорукость, упражнения, питание.

Близорукость (также – миопия, от др.-греч. μῖω – «щурюсь» и ὄψις – «взгляд, зрение») – это дефект зрения. Заключается в том, что из-за аномалии рефракции изображение фокусируется не на сетчатке глаза, а перед ней, из-за чего человек вблизи видит хорошо, а вдали – плохо.

В подавляющем большинстве случаев близорукость сопровождается увеличением передне-заднего размера глазного яблока. И если вовремя не принять мер, то близорукость прогрессирует, что может привести к серьезным необратимым изменениям в глазу и значительной потере зрения. Степени близорукости: слабая: до –3 диоптрий; средняя: от –3,25 до –6 диоптрий; высокая: свыше –6 диоптрий. Близорукость может быть врожденной, а может появиться со временем, иногда начинает усиливаться, прогрессировать. По результатам медицинского обследования студентов УО «ВГТУ» в 2020–2021 учебном году с диагнозом миопия составила 68 % от общего числа студентов специальной медицинской группы (2019–2020 уч.год – 62 %, 2018–2019 уч.год – 56 %). Число студентов с данным заболеванием в последние годы увеличивается. Основными причинами ухудшения зрения являются:

- слишком много времени, проводимого в помещении, и большие зрительные нагрузки, связанные с взаимодействием с близко расположенными предметами;
- плохая экология;