

**Оборина Ирина Анатольевна**

канд. физ.-мат. наук, доцент

ФГКВОУ ВО «Пермский военный институт

внутренних войск МВД России»

г. Пермь, Пермская область

## **РАСЧЕТЫ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В ВОЕННОМ ВУЗЕ**

***Аннотация:** рассмотрена задача исследования напряженного состояния и прочности тормоза откатных частей противооткатных устройств артиллерийских систем. Проведен анализ полученных результатов, показавший, что разрушение цилиндра тормоза откатных частей при выстреле при несоблюдении условий эксплуатации будет происходить вдоль его образующей. Отмечена роль профессионально значимых задач дисциплины сопротивление материалов в готовности выпускников решать ряд профессиональных задач проектно-конструкторской деятельности требуемых ФГОС ВПО 3+ поколения к специалистам по направлению подготовки 17.05.02 «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие».*

***Ключевые слова:** тормоз откатных частей, противооткатные устройства, артиллерийские системы, главные напряжения, поперечные сечения, продольные сечения, цилиндр тормоза, разрушение цилиндра, ФГОС ВПО 3+ поколения, общекультурные компетенции, профессиональные компетенции, профессиональные задачи.*

В работе [1] отмечено, что для успешной работы в области проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности у специалистов по направлению подготовки «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие», выпускаемых в Пермском военном институте, в процессе обучения должны быть сформированы требуемые образовательным стандартом компетен-

ции. Важную роль в формировании общекультурных и профессиональных компетенций играет приобретение курсантами умений и навыков решения задач, относящихся к будущей профессиональной деятельности. Решение профессионально значимых задач на практических занятиях является одной из форм технологии профессионально-ориентированного обучения, которая лежит в основе преподавания сопротивления материалов в Пермском военном институте [2]. Одной из таких задач является исследование напряженного состояния и прочности тормоза откатных частей противооткатных устройств артиллерийских систем в теме «Основы теории напряженно-деформированного состояния».

При эксплуатации элементы конструкций, включая военную технику и вооружение, испытывают один из трех видов напряженного состояния: линейное (одноосное), плоское (двухосное) и объемное (трехосное) [3].

В условиях линейного напряженного состояния работают, например, штоки противооткатных устройств, тяги механизмов управления, станина орудия и другие элементы конструкций артиллерийского вооружения и боевой техники во всех случаях, когда в их поперечных сечениях под действием внешней нагрузки возникает только нормальная продольная сила. В плоском напряженном состоянии находятся стенки стволов артиллерийских орудий при выстреле. Объемное напряженное состояние испытывают, например, материал при контакте броневой снаряд с броней, стенки корпусов снарядов и гильз при выстреле и другие объекты. При расчетах на прочность подавляющее большинство элементов конструкций, в том числе вооружение и боевая техника, может быть сведено к плоскому или линейному напряженному состоянию.

Рассмотрим решение указанной выше задачи. В цилиндре тормоза откатных частей противооткатных устройств артиллерийских систем создается внутреннее давление  $p$  (рис. 1). Средний радиус цилиндра  $R$ , толщина стенки цилиндра  $\delta$ . Необходимо определить величину главных напряжений. Так как толщина стенки по сравнению со средним радиусом цилиндра невелика, то можно принять, что напряжения по толщине стенки распределены равномерно.

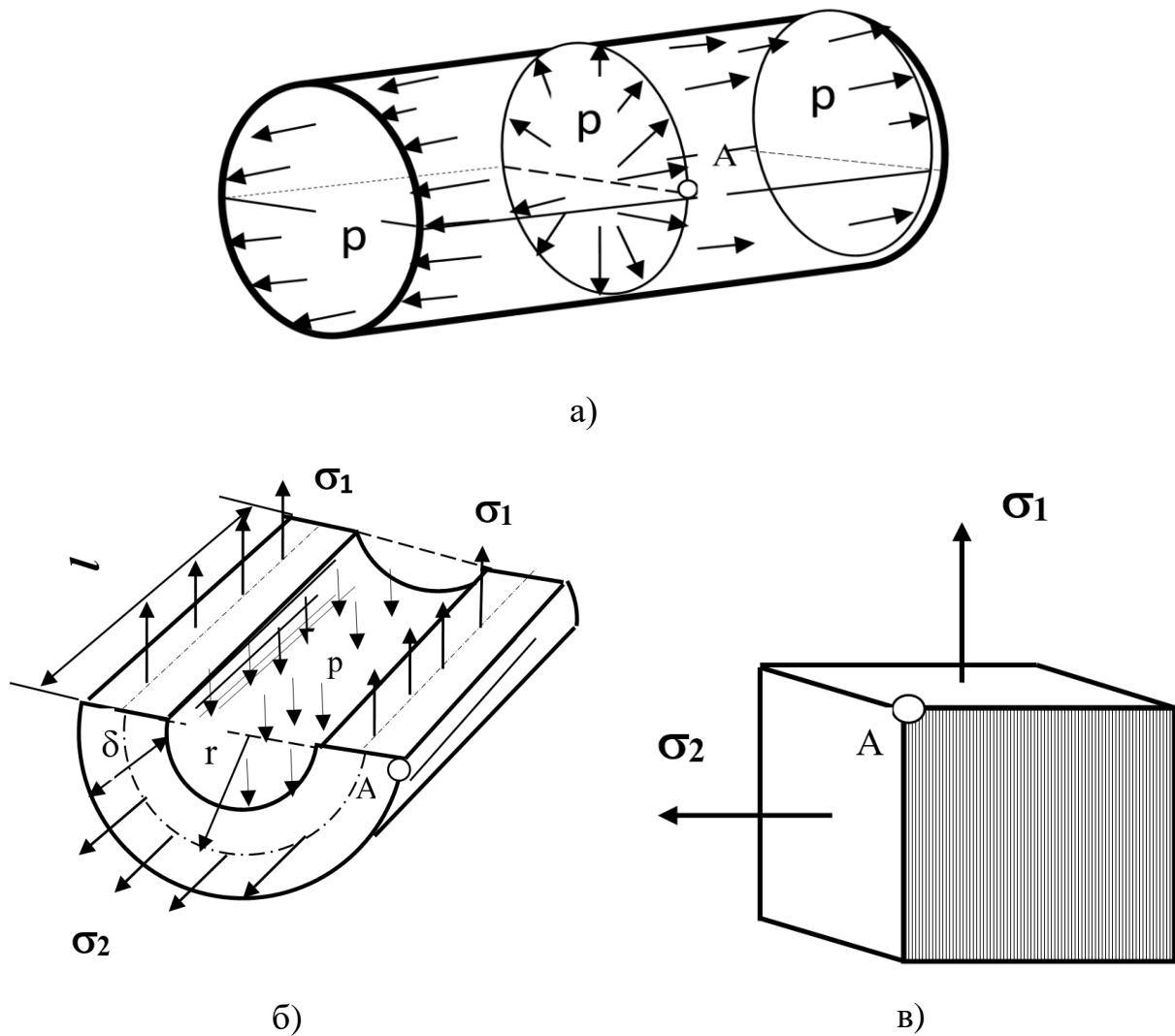


Рис. 1. Напряженное состояние в стенках цилиндра откатных частей

На рис. 1, а, б показано, что внутреннее давление  $p$  по условиям силовой и геометрической симметрии стремится оторвать нижний полуцилиндр от верхнего и не стремится сдвинуть эти полуцилиндры друг относительно друга. Поэтому в любом продольном сечении стенки цилиндра возникнут только нормальные напряжения  $\sigma$ , а касательные напряжения  $\tau = 0$ .

Следовательно, любое продольное сечение, проходящее через ось цилиндра, является первой главной площадкой, на которой действует первое главное напряжение  $\sigma_1$  (рис. 1, б). Это же давление  $p$ , действуя в осевом направлении стремится оторвать по поперечному сечению левую часть от правой, не стремясь сдвинуть эти части цилиндра друг относительно друга. То есть в поперечном сечении стенки под действием давления  $p$  действует нормальное напряжение  $\sigma_2$

при  $\tau = 0$ . Следовательно, в любом поперечном сечении  $\tau = 0$  и это сечение также будет главной площадкой, а  $\sigma_2$  будет вторым главным напряжением (рис. 1,  $\delta$ ).

Третья главная площадка перпендикулярна рассмотренным выше и в точке А (рис. 1,  $a, \delta, \epsilon$ ) она совпадает с поверхностью цилиндра, на которой  $\sigma_3 = \tau = 0$ . На выделенном элементарном бесконечно малом кубике в окрестности точки А (рис. 1,  $\epsilon$ ) третья главная площадка заштрихована. Следовательно, при заданных условиях нагружения точка А находится в плоском напряженном состоянии с главными напряжениями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ . Проведем анализ действующих главных напряжений.

Найдем  $\sigma_1$ :

1. Площадь поверхности цилиндра, на которую действует давление  $p$ , создающее напряжение  $\sigma_1$ :  $F_1 = 2\pi r l$ , где  $l$  – длина цилиндра.

2. Равнодействующая сила на этой площади:  $R_1 = p \cdot F_1 = p 2\pi r l$ .

3. Уравновешивающая внутренняя сила:  $N_1 = (\sigma_1 \delta l) \cdot 2$ .

4. Приравниваем силы  $R_1$  и  $N_1$ :  $p 2\pi r l = (\sigma_1 \delta l) \cdot 2$ .

5. Определяем  $\sigma_1$  из равенства  $R_1$  и  $N_1$ :  $\sigma_1 = pr / \delta$ .

Найдем  $\sigma_2$ :

1. Равнодействующая сила по площади поперечного сечения от давления  $p$  в осевом направлении:  $R_2 = p \cdot F_2 = p \pi r^2$ .

2. Уравновешивающая внутренняя сила:  $N_2 = \sigma_2 (2\pi r \delta)$ .

3. Приравниваем силы  $R_2$  и  $N_2$ :  $p \pi r^2 = \sigma_2 (2\pi r \delta)$ .

4. Определяем  $\sigma_2$  из равенства  $R_2$  и  $N_2$ :  $\sigma_2 = pr / 2 \delta$ .

Из полученных выражений для главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  видно, что напряжения в поперечном сечении цилиндра в два раза меньше, чем в продольном сечении. Следовательно, разрушение цилиндра тормоза откатных частей будет происходить вдоль его образующей.

Знания, полученные курсантами при решении задач на практических занятиях по теме «Основы теории напряженно-деформированного состояния» дают

им готовность в будущем решать такие профессиональные задачи проектно-конструкторской деятельности, как [4]:

– осуществлять техническое проектирование соответствующих образцов оружия, их узлов и деталей;

– разрабатывать пути решения проектных задач, анализировать варианты решений по принятым глобальным и частным решениям; Усвоение данной темы способствует формированию у них следующих общекультурных и профессиональных компетенций [4]:

– способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);

– способность четко формулировать цели и задачи проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование (ПК-5).

### ***Список литературы***

1. Оборина И.А. Формирование профессиональных компетенций при изучении темы «Кручение» курса сопротивления материалов в Пермском военном институте // Образование и наука в современных условиях: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2016.

2. Оборина И.А. Образовательные технологии в преподавании сопротивления материалов в Пермском военном институте // Педагогический опыт: теория, методика, практика: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2014.

3. Горшков А.Г. Сопротивление материалов / А.Г. Горшков [и др.]. – М., 2008.

4. ФГОС ВПО 3+ для специальности 17.05.02 «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие». МО и Н РФ, приказ №1180 от 12.09.16 г.