

*Оборина Ирина Анатольевна*  
канд. физ.-мат. наук, доцент  
ФГКВОУ ВПО «Пермский военный институт  
внутренних войск МВД России»  
г. Пермь, Пермский край

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «КРУЧЕНИЕ» КУРСА СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В ПЕРМСКОМ ВОЕННОМ ИНСТИТУТЕ**

*Аннотация:* в данной статье рассмотрен проектный расчет на кручение вала, расчетная схема которого является примером вала механизма вертикальной наводки артиллерийского оружия. Проведен анализ полученных результатов, позволяющий дать рекомендации по проектированию валов смешанного сечения, удовлетворяющих условиям прочности и жесткости. Показана роль профессионально ориентированного обучения в теме «Кручение» дисциплины сопротивление материалов для формирования ряда профессиональных компетенций, требуемых ФГОС ВПО 3-го поколения к специалистам по направлению подготовки 17.05.02 «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие».

*Ключевые слова:* ФГОС ВПО, третье поколения, расчетная схема вала, механизм вертикальной наводки, артиллерийское орудие, эпюра крутящих моментов, прочные сечения вала, прочность, жесткость, профессиональные компетенции.

Согласно ФГОС ВПО 3-поколения специалисты по направлению подготовки «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие», выпускаемые в Пермском военном институте, должны решать профессиональные задачи, связанные с формированием целей и задач проектирования, разработкой путей решения проектных задач, техническим проектированием соответствующих образцов оружия и многих других [1]. Для успешной работы как в области проектно-конструкторской, так и научно-исследовательской деятельности у них в про-

цессе обучения должны быть сформированы требуемые образовательным стандартом компетенции. Важную роль в формировании профессиональных компетенций играет усвоение курсантами дисциплин профессионального цикла, включающий курс сопротивления материалов. В основе преподавания дисциплины сопротивление материалов на кафедре общеинженерных дисциплин Пермского военного института, в том числе темы «Кручение» лежит технология профессионально-ориентированного обучения [2].

В конструкциях артиллерийского вооружения и боевой техники на кручение работают валы механизмов вертикальной и горизонтальной наводки, приводные валы различного назначения, оси и полуоси ходовых частей, валы винтовых домкратов и другие элементы конструкций, передающие мощности, скручающие моменты или участвующие во вращательном движении. Во многих случаях валы могут иметь не только переменное сечение по длине, но и смешанные сечения по участкам. Например, круглый вал, с квадратными концевыми участками, через которые на него передаются скручающие моменты. Типичным примером такого вала является вал привода механизма наводки у некоторых артиллерийских систем. На один конец квадратного сечения такого вала насаживается маховик с рукояткой, а на другой конец – коническая шестерня. Расчетная схема круглого вала с квадратным концевым участком показана на рис. 1.

Построение эпюры  $M_{kp}$  для заданного вала показало, что крутящий момент на участке II постоянен:  $M_{kpII} = -T_k$ , в сечении В:  $M_{kpB} = T_k$ , в сечении А:  $M_{kpA} = -3T_k$ .

Проектный расчет (подбор прочного поперечного сечения) валов осуществляется по условию прочности на кручение [3]:

$$\tau_{\max} = |M_{kp}| / W_p \leq [\tau], \quad (1)$$

где  $[\tau]$  – допускаемое напряжение на кручение.

Проверка прочного сечения вала, найденного при проектном расчете или при установлении причин поломки вала при эксплуатации, осуществляется по условию жесткости [1]:

Проверка прочного сечения вала, найденного при проектном расчете или при установлении причин поломки вала при эксплуатации, осуществляется по условию жесткости [3]:

$$\Theta_{\max} = |M_{kp}| / GJ_P \leq [\Theta], \quad (2)$$

где  $[\Theta]$  – допускаемый относительный угол закручивания.

Для валов некруглого сечения в зависимостях (1) и (2) полярный момент инерции  $I_P$ , полярный момент сопротивления  $W_P$  заменяют значениями

$I_k$  и  $W_k$  в зависимости от размеров и формы сечения [3].

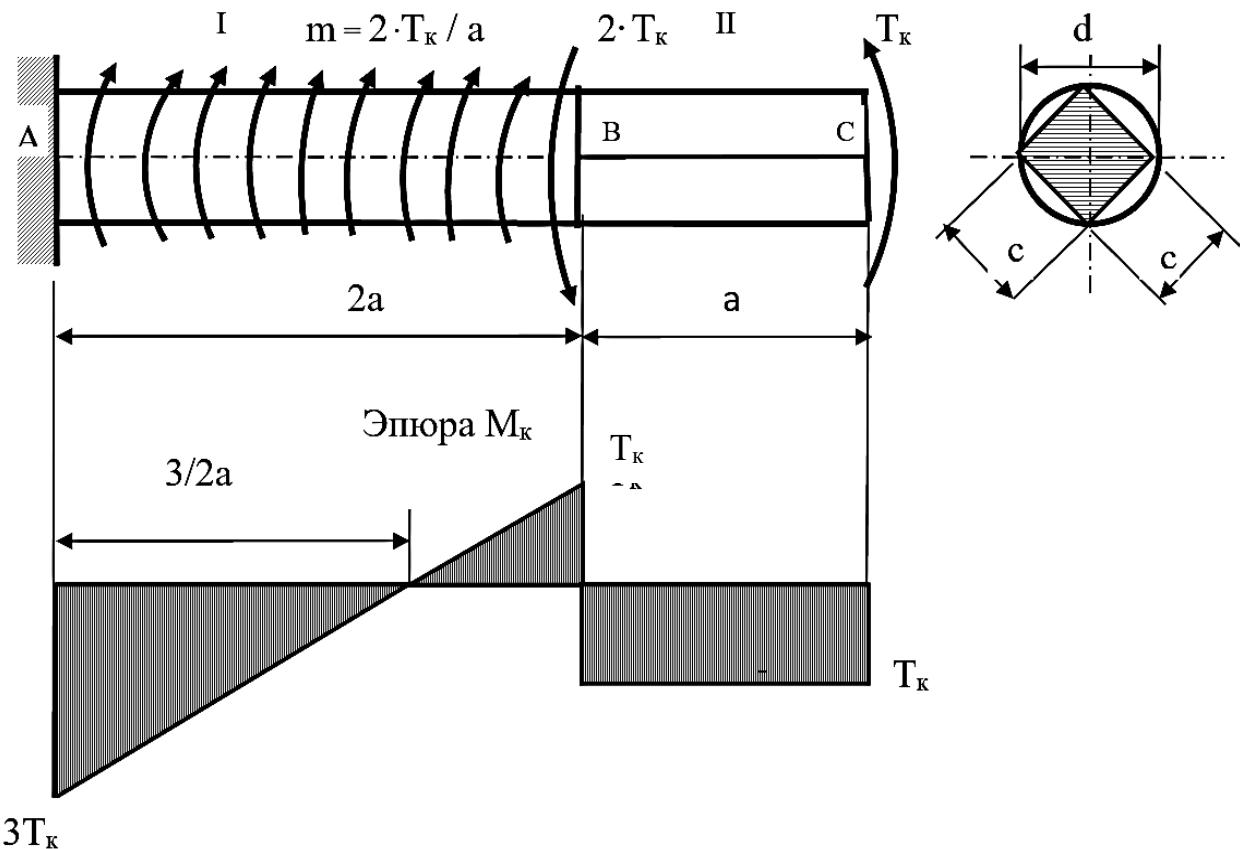


Рис. 1. Схема нагружения вала смешанного сечения скручающим моментом и эпюра крутящих моментов в поперечных сечениях вала по его длине

Подберем размеры поперечных сечений рассматриваемого вала и проверим его прочность при следующих исходных данных: максимальный момент, прикладываемый к маховику привода механизма вертикальной наводки, насыженного на квадратный конец вала  $T_k = 75 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $a = 0.2 \text{ м}$ ,  $[\tau] = 120 \text{ МПа}$ ,  $[\theta] = 5 \cdot 10^{-3} \text{ рад/м}$ ,  $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ ,  $c = d / \sqrt{2}$ . Из условия прочности (1)  $W_P \geq |M_{kp}| / [\tau]$ . Из

Эпюры (рис.1) видно, что  $M_{kp\ max} = 3T_k$ . Тогда с учетом того, что для круглого сечения  $W_p = \pi d^3 / 16$  получим:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 3T_{kp}}{\pi[\tau]}} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 3T_{kp}}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{48 \cdot 75}{3.14 \cdot 120 \cdot 10^6}} = 0.021 \text{ м} = 21 \text{ мм.}$$

Из условия жесткости (2) для круглого сечения II участка в сечении В имеем  $I_p \geq T_k/G \cdot [\theta]$ . Учитывая, что  $I_p = \pi d^4 / 32 = 0.098 d^4$ , найдем:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{T_{kp}}{0.098 \cdot G \cdot [\theta]}} = \sqrt[4]{\frac{75}{0.098 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 5 \cdot 10^{-3}}} = 0.037 \text{ м} = 37 \text{ мм.}$$

Из условия жесткости (2) для квадратного сечения I участка  $I_k \geq T_k/G \cdot [\theta]$ . Учитывая, что  $I_k = \alpha c^4 = 0.140 c^4 = 0.140 \cdot (d/\sqrt{2})^4 = 0.035 \cdot d^4$  [1], получим:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{T_{kp}}{0.035 \cdot G \cdot [\theta]}} = \sqrt[4]{\frac{75}{0.035 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 5 \cdot 10^{-3}}} = 0.048 \text{ м} = 48 \text{ мм.}$$

Проведенный расчет показывает, что по условию прочности для круглых и квадратных сечений вала достаточен диаметр круглой части вала  $d = 27$  мм. Однако такой диаметр не обеспечивает достаточной жесткости вала на его участках. Поэтому в качестве прочного диаметра для заданных условий нагружения необходимо взять наибольший расчетный диаметр вала  $d = 48$  мм. Этот вал будет удовлетворять как условию прочности, так и условию жесткости во всех сечениях.

Знания, полученные курсантами при решении рассмотренной задачи на практическом занятии по теме «Кручение» дают возможность в будущем:

- проводить проектные расчеты и подбирать рациональные сечения валов в конструкциях ВВТ;
- проверять прочность их сечений при ремонте для обеспечения гарантированной безопасности и надежности.

Усвоение данной темы способствует формированию у них следующих профессиональных компетенций [1]:

- способность четко формулировать цели и задачи проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование (ПК-13);

– способность анализировать текущее состояние и тенденции развития стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия (ПК-9).

### ***Список литературы***

1. ФГОС ВПО 3-поколения для специальности 17.05.02 «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие». МО и Н РФ, приказ №51 от 17.01.11 г.
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.