

## **Исследования прочности узла соединения рукоятки и чаши ковш-скопкаря.**

Д.А. РАКОВСКАЯ<sup>1</sup>, М.Ю. ЮРЬЕВ<sup>1</sup>, А.Ю. ЕГОРОВА<sup>2</sup>

1. Кафедра дизайна и ТХОМ, Лесотехнический институт, Северный Арктический Федеральный Университет  
2. Факультет Технологии Древесины, Варшавский Университет Естественных Наук – SGGW

**Краткое изложение:** *Исследования прочности узла соединения рукоятки и чаши ковша –скопкаря.* В статью представлены исследования прочностных показателей соединения рукоятки и чаши ковша-скопкаря. Прочностные расчеты произведены при наиболее невыгодном нагружении. Определены минимально допустимый момент сопротивления сечения для изделий данной конструкции и оптимальные формы сечения рукоятки в зависимости от нагрузки и объема чаши. Что в свою очередь позволяет предусмотреть конструктивные особенности изделия еще на стадии его проектирования.

*Ключевые слова:* ковш-скопкарь, поперечное сечение, изгибающий момент, нагрузка, древесина, прочность.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Деревянная резная посуда один из наиболее популярных в наше время видов продукции художественных промыслов. Производство традиционной деревянной посуды, ориентированной на практическое использование, является перспективной задачей, что в свою очередь гарантирует сохранение местных традиций и региональной идентичности. Кроме того, уникальность декоративно – прикладного искусства подчеркивается актуальными тенденциями в современном дизайне, направленными на использования природных и экологически чистых материалов, обращением к накопленному веками опыту народного искусства. Естественно, что в этом аспекте, формообразование в большой степени будет рассматриваться как отражение функционального назначения предмета, что будет проявляться в его конструкции.

Среди всех изделий посудной группы наиболее характерным дизайном выделяются ковши-скопкари, отличающиеся своей сложной объемно-пространственной структурой, и, следовательно, наиболее трудоемкие в изготовлении. С точки зрения утилитарной функции изделия, наибольшая нагрузка приходится на узел соединения рукоятки и чаши ковша. Форма и размеры этого узла непосредственно влияют на формообразование предмета и должны обеспечивать прочность конструкции. Данную особенность необходимо учитывать еще на стадии дизайнерской разработки, поэтому возникает необходимость дать четкие и обоснованные параметры данного соединения.

### **МЕТОДИКА**

Выполненное обследование ковшей-скопкарей утилитарного типа выявило, что узел соединения рукоятки может быть представлен пятью вариантами формы сечений (рис. 1). С инженерной точки зрения эти формы могут быть обоснованы объемом и весом чаши с жидкостью. Исходя из этих показателей, появляется возможность расчета нагрузки, которую может выдержать данная форма сечения рукоятки, обосновать форму сечения рукоятки для ковшей разного объема и вывести математическую зависимость между объемом и основными размерами ковшей-скопкарей. Рукоятки ковша имеют, прежде всего, утилитарное назначение – они предназначены для переноски и удерживания ковша. Но одновременно они должны выдерживать нагрузку от жидкости, которой наполнен ковш,

то есть обеспечивать прочность изделия. Следовательно, размеры сечения рукоятей (их ширина, толщина, форма сечения) в первую очередь зависят от емкости ковша.

Выделенные пять форм сечений рукоятей приблизительно симметричны относительно горизонтальной оси сечения.

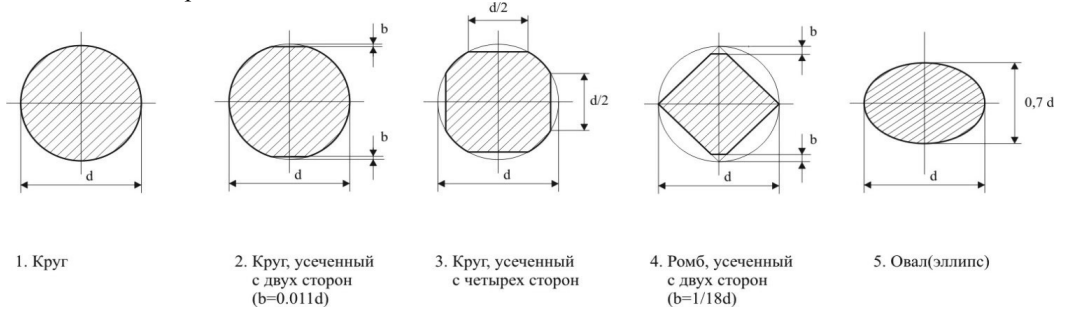


Рис. 1. Формы сечения рукояти ковшей-скапок.

Причина этого, заключается в следующем. Для изготовления ковшей используется древесина – материал, приблизительно одинаково работающий под нагрузкой на сжатие и растяжение. Поэтому при симметричном сечении напряжения в крайних волокнах ручки будут одинаковыми, что упрощает работу и расчет рукоятей ковша на прочность.

Основной нагрузкой, действующей на рукояти ковша, является изгибающий момент от нагрузки, соответствующей весу налитой в него жидкости. Следовательно, форма поперечного сечения рукояти ковша и ее размеры могут быть определены в результате расчета изгибаемого деревянного элемента (рукояти) на прочность по нормальным напряжениям. Подобный расчет должен выполняться в соответствии с формулой (17) СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции» [1]:

$$\sigma = \frac{M}{W_{расч.}} \leq R_u, \quad (1)$$

где:  $\sigma$  — внутреннее напряжение, кг/м<sup>2</sup>;

$M$  — расчетный изгибающий момент, кг·м;

$W_{расч.}$  — расчетный момент сопротивления поперечного сечения изгибаемого элемента, м<sup>3</sup>;

$R_u$  — расчетное сопротивление древесины изгибу, кг/м<sup>2</sup>.

Прочностные расчеты элементов необходимо производить при их наиболее невыгодном нагружении, когда момент в сечении составляет максимальное значение. В этом случае для определения величины расчетного изгибающего момента в качестве расчетной схемы можно условно рассмотреть балку, жестко защемленную одним концом, с пролетом, равным длине чаши ковша  $L$ . Нагрузку от жидкости в чаше ковша можно представить в виде равномерно распределенной нагрузки интенсивностью  $q$ , суммарно равной весу налитой в ковш жидкости ( $P = q \cdot L$ ). Тогда максимальный изгибающий момент в сечении составит (рис. 2):

$$M = \frac{q \cdot L^2}{2} = \frac{P \cdot L}{2}, \quad (2)$$

где:  $L$  — длина чаши ковша, м;

$q$  — интенсивность нагрузки, кг/м.

Таким образом, зная объем ковша и длину его чаши, всегда можно определить максимальный момент, действующий в наиболее нагруженном сечении рукояти ковша.

С другой стороны, выражение (1) позволяет рассчитать минимально допустимый момент сопротивления сечения  $W_{\min}$ , который обеспечит его прочность при действии конкретного изгибающего момента.

$$W_{\min} = \frac{M}{R_u}, \quad (3)$$

где:  $M$  – расчетный изгибающий момент, кг·м;

$R_u$  – расчетное сопротивление древесины изгибу, кг/м<sup>2</sup>.

Таким образом, минимально допустимый момент сопротивления сечения – основная геометрическая его характеристика, зависит от объема ковша и расчетного сопротивления древесины на изгиб. В соответствии с табл. 3 СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции» [1], расчетное сопротивление на изгиб древесины 2-го сорта в элементах прямоугольного сечения составляет 13 МПа или 0,013 кг/м<sup>2</sup>. Для осины эти значения должны быть умножены на переходный коэффициент  $m_n = 0,8$  [1]. Следовательно, для каждого рассмотренного и замеренного ковша-скопкаря можно рассчитать значение минимально допустимого  $W_{\min}$ . Результаты расчетов приведены в табл.1. В результате уравнение регрессии для определения момента сопротивления сечения рукоятки ковша можно представить в следующем виде (рис. 3):

$$W_{\min} = 0,2274 \cdot V \quad (4)$$

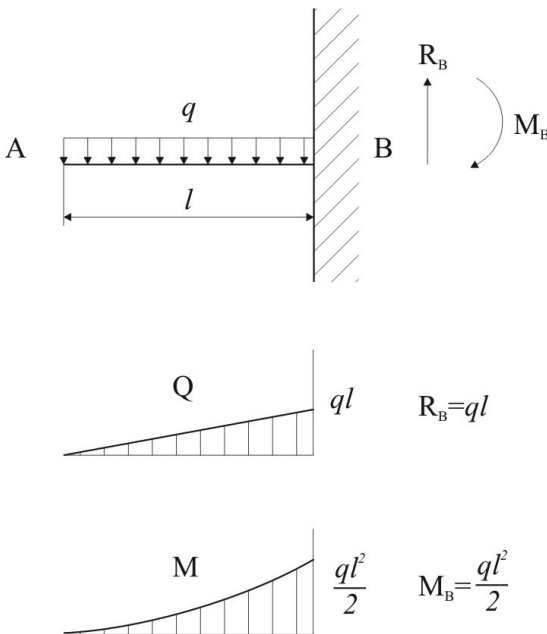


Рис. 2. Расчетная схема для определения изгибающего момента в рукоятки ковша

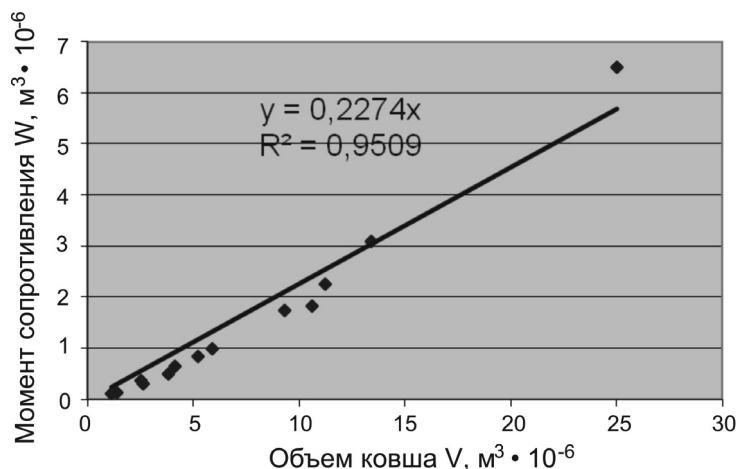


Рис. 3. Зависимость минимально допустимого момента сопротивления в сечении рукоятки от объема (вместимости) ковша

Значение коэффициента детерминации  $R^2 = 0,95$ . Это свидетельствует о том, что модель достаточно хорошо описывает связь между данными величинами.

Таблица 1. Рассчитанные моменты сопротивления сечения рукоятки в зависимости от объема ковша-скопняка

№	V, м³	W, м³·10 <sup>-6</sup>
1	0,0134	3,092
2	0,0106	1,835
3	0,0052	0,850
4	0,0093	1,744
5	0,0041	0,6505
6	0,0059	0,9928
7	0,0025	0,3606
8	0,025	6,490
9	0,0014	0,1413
10	0,0112	2,262
11	0,0038	0,4933
12	0,0011	0,1163
13	0,0026	0,3125

Установив по выражению (4) требуемое значение минимального момента сопротивления для сечения рукоятки ковша в зависимости от его объема, можно обосновать форму и размеры сечения рукоятки для ковша конкретного объема, и наоборот, определить максимально возможный объем при известном сечении рукоятей.

Для того, чтобы определить возможность применения какого-либо сечения рукоятки из 5-ти рассмотренных (рис. 1), вначале нужно сравнить моменты сопротивления для этих сечений при одинаковом диаметре рукоятки.

В специальной литературе [2] приводятся формулы для расчета моментов сопротивления стандартных сечений. Для круга  $W = 0,09817 d^3$ , для круга со срезанными сегментами с 4-х сторон  $W = 0,087 d^3$ , для овала (эллипса) с соотношением сторон 1: 0,7  $W = 0,0481 d^3$ . Второе и четвертое сечение в таблице являются нестандартными. Особенность их заключается в том, что при срезании верхних частей круглого и квадратного сечения на определенную величину (0,011d и 1/18d, соответственно) даже при уменьшении площади поперечного сечения момент сопротивления возрастает. Причина этого заключается в

том, что при срезании части сечения именно в этих пределах момент инерции сечения убывает в меньшей степени, чем высота сечения. Поэтому момент сопротивления сечения возрастает, и напряжения в наиболее удаленных волокнах падают. В результате соответствующих расчетов получено, что момент сопротивления 2-го сечения равен  $W = 0,09885 \text{ д}^3$  (что на 0,69% больше, чем для круга), а для 5-го -  $W = 0,0481 \text{ д}^3$  (на 9,3% больше, чем для квадратного сечения).

Таблица 2. Минимально возможные объемы ковшей-скопкарей для различных форм сечения рукоятки

№ сечения	$W, \text{ м}^3 \cdot 10^{-6}$	Минимальный объем ковша, $\text{ м}^3 \cdot 10^{-6}$ при различных диаметрах рукоятки		
		$d=0,02 \text{ м}$	$d=0,025 \text{ м}$	$d=0,03 \text{ м}$
1	$W = 0,09817 \text{ д}^3$	3,4	6,7	11,6
2	$W = 0,09885 \text{ д}^3$	3,5	6,8	11,7
3	$W = 0,087 \text{ д}^3$	3,1	6,0	10,3
4	$W = 0,044 \text{ д}^3$	1,5	3,0	5,2
5	$W = 0,0481 \text{ д}^3$	1,7	3,3	5,7

По ранее установленным данным наименьшие толщины имеют передние рукоятки ковшей, их величина находится в пределах 0,02-0,03 м. [3]

Используя полученные выражения для  $W$ , а также формулу (4), можно определить минимально возможные объемы ковшей для данного диапазона сечений рукоятей из условия их прочности (табл. 2).

Аналогичным образом можно поступить при подборе формы поперечного сечения рукоятки при заданном объеме ковша. Вначале с использованием рис. 3 по известному объему  $V$  определяют требуемый момент сопротивления  $W$ . А затем, используя вышеприведенные выражения для расчета момента сопротивления для различных форм сечения, подбирают допустимую форму сечения рукоятки ковша.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные выражения описывают основные закономерности формообразования ковшей-скопкарей и позволяют обоснованно назначать основные геометрические размеры при их изготовлении.

Выполненный анализ конструкции и размерных соотношений форм ковша-скопкаря показывает, что геометрический вид формы изделия непосредственно связан с физико-механическими свойствами материала используемой породы древесины. Целостность формы обеспечивается, прежде всего, прочностными качествами используемого материала. Поэтому при выборе породы древесины для изготовления объемных изделий посудной группы большое внимание следует уделить анализу показателей ее прочности.

Из исследования ковшей-скопкарей утилитарного типа следует, что сечение рукоятки напрямую зависит от объема чаши. На основании расчета рукоятки, как изгибаемого элемента, на прочность по нормальным напряжениям выделено пять наиболее оптимальных форм сечения, которые подбираются исходя из расчетного объема чаши ковша. Что позволяет еще на стадии художественного проектирования иметь определенные конструктивные характеристики формы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Свод правил СП 64.13330.2011 «Деревянные конструкции». – М.: Минрегион России, 2011.

2. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. – Киев, Наукова думка, 1988. – 736 с.
3. Раковская Д.А., 2009г.: „ Дизайн деревянных художественных изделий сложной конфигурации”. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность 17.00.06. – Техническая эстетика и дизайн

**Streszczenie:** *Badania wytrzymałości punktu połączenia uchwytu z misą kowsza -skopkaria<sup>3</sup>. W artykule przedstawiono badania wytrzymałości punktu połączenia uchwytu z misą kowsza-skopkaria. Badanie wytrzymałości przeprowadzono przy maksymalnym napelnieniu naczynia. Wyznaczono minimalny dopuszczalny przekrój połączenia wystarczający dla danej konstrukcji oraz optymalne formy przekroju uchwytu w zależności od obciążenia i pojemności misy. To z kolei pozwala przewidywać problemy konstrukcyjne wyrobu jeszcze na etapie jego projektowania.*

3. Kowsz skopkar - Tradycyjne naczynie drewniane w formie łodzi z dwoma uchwytami w kształcie ptasiej głowy i ogona

Corresponding author:

Rakovskaya Damira A.  
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov  
Northern Dvina embankment17,  
163000 Arkhangelsk,  
Russia  
e-mail: drakovskaya@yandex.ru