

РАЗДЕЛ III

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И РАСЧЕТА РЫБОЛОВНЫХ ОРУДИЙ

ТРИ ЗАДАЧИ ИЗ ТЕОРИИ ПОСАДКИ СЕТНОГО ПОЛОТНА

Канд. техн. наук Н. Н. АНДРЕЕВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ТОГО,
ЧТОБЫ ВЕНТЕРЕОБРАЗНОЕ ОРУДИЕ ИМЕЛО ЦИЛИНДРИЧЕСКУЮ
ПОВЕРХНОСТЬ

В одной нашей работе [1] было получено уравнение поверхности сетного полотна, прикрепленного к двум обручам, когда внутреннее давление отсутствует. В этом случае сетное полотно образует сложную форму, имеющую сужение к средней части (рис. 1).

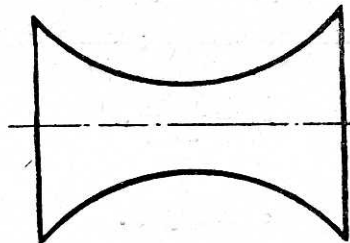


Рис. 1. Форма сетного полотна, прикрепленного к двум обручам, когда внутреннее давление отсутствует

Определим теперь закон распределения внутреннего давления, при котором сетное полотно образует цилиндрическую поверхность (рис. 2).

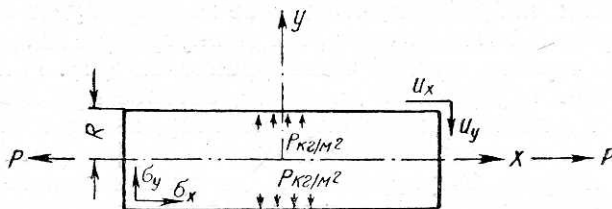


Рис. 2. Сетное полотно, имеющее цилиндрическую поверхность.

Распределение внутренних напряжений в этой поверхности, как и во всякой другой, подчиняется уравнению Лапласа и условиям проф. Ф. И. Баранова [2]

$$\frac{\sigma_x}{r_x} + \frac{\sigma_y}{r_y} = p; \quad \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = \left(\frac{u_x}{u_y} \right)^2, \quad (1)$$

где σ_x и σ_y — напряжение вдоль оси x и оси y ;
 u_y и u_x — соответственно поперечный и продольный посадочные коэффициенты;
 r_x — продольный радиус кривизны, в нашем случае равный бесконечности, т. е. $r_x = \infty$;
 r_y — поперечный посадочный коэффициент, в рассматриваемом случае равный радиусу обруча, т. е. $r_y = \text{const} = R$.

Следует заметить также, что во всех точках этой поверхности продольный и поперечный посадочные коэффициенты имеют постоянную величину, следовательно, имеет постоянную величину и их отношение, т. е.

$$\frac{\sigma_x}{\sigma_y} = \text{const} = \left(\frac{u_x}{u_y} \right)^2.$$

Учитывая эти замечания, из исходных уравнений получим следующие

$$\frac{\sigma_y}{R} = p; \quad \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = \text{const} = u,$$

где u — постоянная величина, равная

$$\left(\frac{u_x}{u_y} \right)^2 = \frac{1 - u_y^2}{u_y^2}.$$

Если к обручам приложено осевое усилие P , то продольное напряжение будет равно

$$\sigma_x = \frac{P}{2\pi R},$$

но с другой стороны

$$\sigma_x = u^2 p R.$$

Следовательно,

$$\frac{P}{2\pi R} = u^2 p R.$$

Отсюда

$$p = \frac{u^2 \cdot P}{(1 - u_y^2) 2\pi R^2}. \quad (\text{II})$$

Таким образом, получается, что сетное полотно будет иметь цилиндрическую поверхность только тогда, когда внутреннее давление постоянно и по величине равно правой части уравнения (II). Интересно отметить, что величина внутреннего давления, которое при постоянной силе P необходимо приложить к сетному полотну, зависит от посадочного коэффициента. Если величина посадочного коэффициента уменьшаясь, приближается к нулю, то уменьшается до нуля и величина внутреннего давления; если же величина этого коэффициента увеличивается до 1, то внутреннее давление должно возрастать до бесконечности. Кроме того, как это следует из формулы (II), внутреннее давление прямо пропорционально продольной силе, поэтому при постоянном внутреннем давлении величина продольной силы изменяется с изменением посадочного коэффициента: с увеличением посадочного коэффициента продольная сила уменьшается. Этот вывод является неожиданным и показывает, что у мешкообразных орудий лова величина посадочного коэффициента влияет на величину продольных внешних сил, возникающих от внутреннего давления воды.

ОБРАЗОВАНИЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ТРЕУГОЛЬНИКА ИЗ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕТНОГО ПОЛОТНА

При постройке некоторых орудий рыболовства, например гигантских стационарных саков, устанавливаемых в местах с очень сильным течением, иногда применяют оригинальную кройку сетного полотна, заключающуюся в следующем. Сак представляет собой сетный мешок длиной до 80 м, вход в который имеет прямоугольные очертания (рис. 3). В

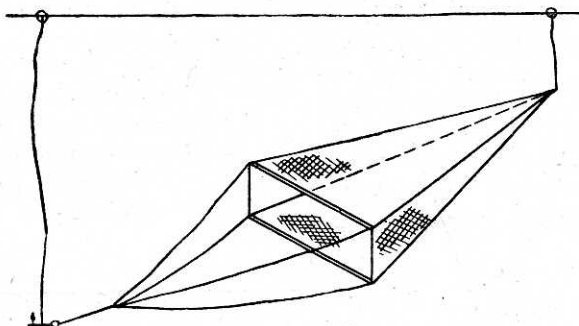


Рис. 3. Рыболовный сак.

большинстве случаев такой сак строят из четырех клиньев, ширина которых уменьшается к кутку сака. Однако в этом случае под действием внутренних сил первоначальные прямоугольные кромки сака искривляются и он принимает форму, примерный вид которой изображен на рис. 4. Естественно, что такая деформация формы сака отрицательно

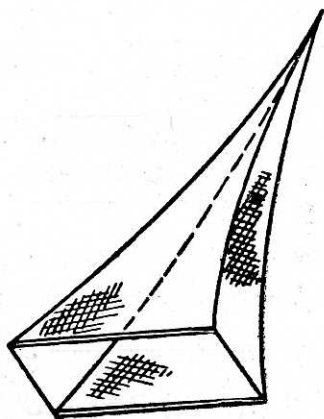


Рис. 4. Деформация рыболовного сака на сильном течении.

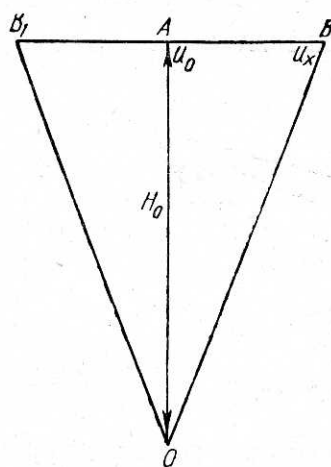
сказывается на его работе. Поэтому у некоторых специалистов этого вида лова возникла мысль изменить кройку клиньев сака так, чтобы он в работе имел прямоугольные очертания. Для этого предложено брать прямоугольное сетное полотно*, одну из коротких кромок которого надо собрать в жгут, а другую — прикрепить к металлической трубе или деревянному брусу, которые образуют жесткое основание входа в сак.

Если прикрепление к жесткому основанию произвести с постоянным посадочным коэффициентом, то как показывают простые геометрические

* Прямоугольным мы называем сетное полотно, имеющее постоянное количество ячеек по длине и по ширине.

расчеты, боковые кромки треугольника будут искривляться. Для того чтобы они имели прямолинейный вид, посадочный коэффициент должен меняться, уменьшаясь от середины к краям жесткого основания.

Итак, надо построить треугольное сетное полотно размерами $B_1B \times OA$, при этом треугольник надо получить, собрав одну кромку прямоугольного сетного полотна в жгут, а вторую, прикрепив к прямому брусу, посадить с переменным посадочным коэффициентом, который



бы обеспечивал прямолинейность кромки BO и B_1O (рис. 5).

Пусть посадочный коэффициент в точке A равен u_0 , расстояние $OA = H_0$, а $AB = x$.

Обозначим длину сетного полотна (в направлении OA) в жгуте через S_0 , а посадочный коэффициент в точке B через u_x .

Рис. 5. Схема кройки прямоугольного клина сака.

По определению посадочного коэффициента имеем:

$$S_0 = \frac{H_0}{\sqrt{1-u_0^2}} \text{ или } H_0 = S_0 \sqrt{1-u_0^2}.$$

Из прямоугольного треугольника OAB получим

$$OB = \sqrt{AB^2 + H_0^2} = \sqrt{x^2 + H_0^2}.$$

С другой стороны

$$OB = S_0 \sqrt{1-u_x^2}.$$

Приравнивая правые части этих двух выражений, получим

$$S_0 \sqrt{1-u_x^2} = \sqrt{x^2 + x_0^2}.$$

Отсюда путем простых преобразований найдем u_x

$$S_0^2 - S_0^2 u_x^2 = x^2 + H_0^2;$$

$$u_x^2 = \frac{S_0^2 - x^2 - H_0^2}{S_0^2}.$$

Но

$$H_0 = S_0 (1 - u_0^2) = S_0^2 - S_0^2 u_0^2.$$

Следовательно,

$$u_x^2 = \frac{S_0^2 - x^2 - S_0^2 + S_0^2 u_0^2}{S_0^2} = u_0^2 - \frac{x^2}{S_0^2};$$

$$u_x = \sqrt{u_0^2 - \frac{x^2}{S_0^2}}. \quad (III)$$

Но уменьшение посадочного коэффициента может идти только до величины $u_x = 0$. В этом случае $u_0 = \frac{x}{S_0}$.

Следовательно, u_0 не может быть меньше этой величины $u_0 \geq \frac{x}{S_0}$.

Пример: Требуется построить вышеуказанным способом клин, имеющий размеры $B_1B = 2$ м, $H_0 = 2$ м, если $u_0 = 0,75$.

Определим высоту сетного полотна в жгуте

$$S_0 = \frac{2}{\sqrt{1 - 0,75^2}} = 3 \text{ м.}$$

Найдем теперь значение посадочного коэффициента в точке B .

$$u_x = \sqrt{0,75^2 - \frac{1}{3^2}} = 0,67.$$

Таким образом, для получения искомого клина необходимо посадку по кромке B_1B вести следующим образом: начав в точке A с посадочного коэффициента 0,75, постепенно уменьшать его до 0,67 к точке B . Уменьшение посадочного коэффициента практически можно производить только ступенями. Покажем на рассмотренном примере, как это можно сделать. Пусть, например, кромка AB разбита на 4 ступени, по 25 см длины каждая. Требуется определить посадочный коэффициент на каждой ступени так, чтобы посадка возможно ближе отвечала теоретической.

Средняя ступень, занимая по кромке $B_1 B$ длину 25 см, имеет посадочный коэффициент 0,75. Окончание этой ступени и начало второй ступени находятся от точки A на расстоянии 12,5 см. Согласно формуле (III), имеем

$$u_{1,2} = \sqrt{0,75^2 - \frac{0,25^2}{3^2}} = 0,74.$$

Это и есть посадочный коэффициент, с которым следует посадить вторую ступень.

Середина третьей ступени находится на расстоянии 50 см от точки A .

Следовательно, посадочный коэффициент на этом отрезке должен быть равен

$$u_3 = \sqrt{0,75^2 - \frac{0,5^2}{3^2}} = 0,73.$$

Продолжая вычисления этим методом посадочных коэффициентов для следующих ступеней, получим $u_4=0,71$ и, наконец, $u_5=0,67$. При этом надо иметь в виду, что последняя ступень имеет длину только 0,125 м.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ МЕШКА РАМНЫХ СЕТЕЙ

Для обеспечения плоской формы сетного полотна его продольные и поперечные кромки надо сажать с посадочными коэффициентами, связанными между собой простой тригонометрической зависимостью

$$u^2_2 = 1 - u^2_в.$$

Если теперь по одной из кромок, по которой посадочный коэффициент имеет большее значение, уменьшить величину посадочного коэффициента, то плоская форма сетного полотна будет нарушена и оно образует мешок. Именно так и поступают при постройке некоторых орудий рыболовства (рамные сети, кефалевые подъемные заводы, дно садков у некоторых ловушек и т. д.). Естественно, что в этом случае посадочный коэффициент должен быть меньше 0,707 (если он имеет одинаковую величину на продольных и поперечных кромках), так как уже при этой величине сетное полотно имеет плоскую форму.

При такой постройке орудий лова имеет значение глубина образующегося мешка, которую необходимо определить расчетом, чтобы оценить правильность выбора посадочных коэффициентов.

Аналогичную задачу решал Б. А. Попов [3], однако его аналитическое решение можно, на наш взгляд, упростить, если воспользоваться таблицами гибкой нити.

Будем рассматривать квадратное сетное полотно, которое посажено по вертикальным и горизонтальным кромкам с одинаковым посадочным коэффициентом $u \leq 0,707$.

Максимальный прогиб, величину которого будем определять, получится в месте пересечения диагоналей квадрата (рис. 6).

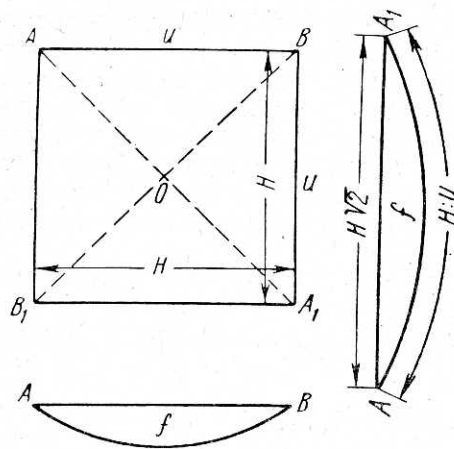


Рис. 6. Схема прогиба сетного полотна, когда оно посажено по кромкам с одинаковым посадочным коэффициентом, причем $u < 0,707$.

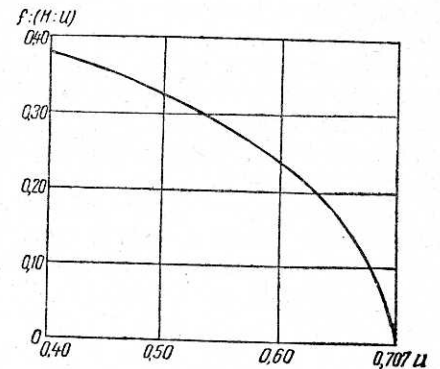


Рис. 7. График зависимости выражения $\frac{fu}{H}$ от посадочного коэффициента (u).

При одинаковых посадочных коэффициентах нить, идущая из угла квадрата, обязательно должна идти по диагонали, т. е. она должна прийти к противоположному углу. Длина нити равна $H : u$, так как она равна длине жгута сетного полотна. С другой стороны длина диагонали AA_1 (или BB_1) равна $H \sqrt{2}$. Таким образом, стрелу прогиба легко можно определить как прогиб гибкой нити, если считать, что она изгибается по закону цепной линии.

Для посадочных коэффициентов, часто употребляемых на практике, в таблице дается зависимость отношения $H \sqrt{2} : (H : u) = u \sqrt{2}$ от отношения $f = (H : u)$.

| Величина стрелы прогиба | | | | | |
|-------------------------|-------|------|------|------|-------|
| u | 0,707 | 0,67 | 0,60 | 0,50 | 0,40 |
| $u \sqrt{2}$ | 1,000 | 0,94 | 0,85 | 0,70 | 0,56 |
| $f : (H : u)$ | — | 0,15 | 0,24 | 0,32 | 0,375 |

В первой строчке этой таблицы даны значения посадочных коэффициентов, с которыми посажены кромки сетного полотна. Во второй строчке дано отношение длины диагонали (в посадке) к длине сетного полотна в жгуте. В третьей же строчке дана искомая величина стрелы прогиба в виде отношения стрелы прогиба к длине сетного полотна (так как рассматривается квадратное сетное полотно, то длина в жгуте равна высоте) в жгуте. На рис. 7 приведен график этой зависимости.

Пример 1. Дно кефалевого завода имеет размер 50×50 м и посажено с посадочным коэффициентом 0,67. Определить возможный максимальный прогиб.

Имеем: $u\sqrt{2}=0,94$.

Следовательно, по таблице к графику получим $f:(H:u)=0,15$. Но длина сетного полотна в жгута равна $H:u=50:0,67=75$ м. Таким образом, $f=0,15\times 75=11,1$ м.

Пример 2. Определить глубину мешка, образующегося в окне рамной сети, если размер окна равен 80 см, а посадочный коэффициент сети равен 0,4.

Как и в предыдущем примере, имеем $u\sqrt{2}=0,56$.

Следовательно, $f:(H:u)=0,375$.

Длина жгута сетного полотна, которое приходится на одно окно, равна $H:u=0,8:0,4=2$ м.

Таким образом, искомая глубина мешка равна $f=0,375\times 2=0,75$ м.

Из последнего примера видно, что в обычных условиях рамные сети имеют очень глубокие мешки, которые способствуют запутыванию рыбы в сетном полотне.

Если сетное полотно имеет не квадратную, а прямоугольную форму, то расчет стрелы прогиба надо вести так же, как и для квадратной сети, принимая за H короткую сторону прямоугольника.

ВЫВОДЫ

В работе решены три задачи из теории посадки сетного полотна. Так как посадка является основным способом, при помощи которого сетному полотну придается необходимая для успешного лова форма, то решение этих задач имеет не только теоретический, но и практический интерес.

Первая задача впервые поставлена проф. Ф. И. Барановым, но до сих пор не имела строгого решения.

Вторая задача имеет практическое значение и встречается при постройке больших сетных мешков, применяемых в некоторых орудиях лова.

Третья задача встречается при постройке рамных сетей и некоторых других орудий лова. Решение этой задачи не является строгим, но для большинства практических случаев оно, по-видимому, имеет достаточную точность.

Решения этих трех задач позволяют уточнить методы расчета орудий рыболовства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Н. Н. Уравнение поверхности сетного полотна, прикрепленного к двум обручам. Труды Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства. Вып. XI, Изд-во «Морской транспорт», 1960.
2. Баранов Ф. И. Техника промышленного рыболовства. Пищепромиздат, 1960.
3. Попов Б. А. Расчет сопротивления и загрузки сетей с одной незакрепленной подборой. Труды ВНИРО. Т. XXX. Пищепромиздат, 1955.