

КОШЕЛЬКОВЫЙ НЕВОД ПОСЛЕ ЗАМЕТА И ПРИ КОШЕЛЬКОВАНИИ

Канд. техн. наук Н.Л. Великанов –
Калининградский государственный технический университет

Исследование поверхности, образуемой сетным полотном невода в различные моменты кошелькования, необходимо для оценки величины и направления сил, которые действуют в различных частях невода во время стягивания колец нижней подборы, позволяет правильно выбрать длину некоторых деталей кошелькового невода (например вертикальных пожилин), имеет большое значение для изучения процессов, происходящих во время лова орудиями конусообразной формы, механизации и автоматизации операций при кошельковом лове, его интенсификации, увеличения уловов, и зависит от наличия адекватных физических и математических моделей.

Первые комплексные фундаментальные исследования формы сетного полотна, сил, действующих на невод при кошельковании и выборке, были проведены Н.Н. Андреевым. Основные допущения, лежащие в основе использовавшихся им физических и математических моделей, заключаются в следующем. При полном погружении невода сетное полотно принимает форму усеченного конуса с меньшим диаметром у нижней подборы (рис. 1). Если нижняя подбора длиннее периметра сечения этой поверхности, то она расположится по волнообразной кривой, средней линией которой будет окружность. Форма сетного полотна почти не изменяется, если клечи невода сошворить. Сетное полотно имеет прямоугольную форму, т.е. постоянные

длину и ширину в ячейх, две противоположные кромки этого сетного полотна сшиты так, чтобы получилась сетная труба, а торцовые края прикреплены к жестким круговым обручам и растянуты. Задачу о нахождении уравнения поверхности сетного полотна кошелькового невода после замета можно свести к задаче об уравнении сетного полотна, прикрепленного к двум обручам одинакового диаметра, причём верхняя подбора, плавающая на поверхности моря, служит обручем, а нижняя находится в срединном сечении между обручами. Во время кошелькования нижняя подбора образует окружность, центр которой совпадает с центром обметанного пространства; центры окружностей верхней и нижней подбор находятся на одной вертикали.

Определим условия сохранения сетным полотном формы прямого кругового усеченного конуса после замета невода и при стягивании колец нижней подборы (кошельковании).

На рис. 2 представлены: q – сила тяжести в воде 1 м нижней подборы с оснасткой; p – сила тяжести в воде 1 м² сетного полотна; Q – гидростатическая подъемная сила (Архимедова сила) 1 м оснастки верхней подборы $Q = q + pl$; $N_{1,2}$ – нормальные силы, приходящиеся на единицу длины подборы: $N_1 = Q / \cos \beta$, $N_2 = q / \cos \beta$.

На рис. 2 показана образующая DC прямого кругового конуса, на поверхности которого расположено сетное полотно. Горизон-

тальные силы R_1 и R_2 , приходящиеся на единицу длины точек сетного полотна, примыкающих к верхней и нижней подборам, направлены противоположно друг другу. Сила $R_1 = Q \operatorname{tg} \beta$ направлена по радиусу верхней подборы к центру обметанного пространства и стремится «сложить» невод. Часто это приводит к тому, что верхняя подбора теряет устойчивость и принимает волнообразную форму. Сила $R_2 = R_1$ направлена по радиусу нижней подборы от центра обметанного пространства и стремится расправить невод.

Пара сил (R_1, R_2) стремится образующую DC конуса, если бы она была твердым телом, привести в вертикальное состояние (перейти от конуса к цилиндру). Чем меньше угол β , тем меньше горизонтальные силы, действующие на точки сетного полотна, граничащие с верхней и нижней подборами. Для цилиндрической поверхности $\beta = 0$ и горизонтальные силы равны нулю. Чем больше угол β и чем более жесткие верхняя и нижняя подборы, тем лучше и быстрее расправляется сетное полотно, стремясь занять положение боковой поверхности прямого кругового усеченного конуса.

По формуле Ф.И. Баранова высота трапеции (см. рис. 2) $H = l(\operatorname{arcsin} U_{1B} - \operatorname{arcsin} U_{2B}) / (U_{1B} - U_{2B})$, где l – длина образующей DC прямого кругового усеченного конуса, на поверхности которого располагается сетное полотно, после посадки с коэффициентами U_{1B}, U_{2B} на верхнюю и нижнюю подборы и съячеивания боковых сторон, H – глубина погружения точек нижней подборы.

Для того чтобы сетное полотно в форме прямоугольника после посадки на подборы и съячеивания боковых сторон располагалось на поверхности прямого кругового усеченного конуса, необходимо для произвольного сечения x , параллельного основаниям, выполнение условий: $U_{1x} / U_{1B} = R_x / R$.

При стягивании колец нижней подборы невода на полоску сетного полотна между верхней и нижней подборами с длиной, равной длине образующей усеченного конуса, и единичной шириной начинают действовать радиальная составляющая силы натяжения

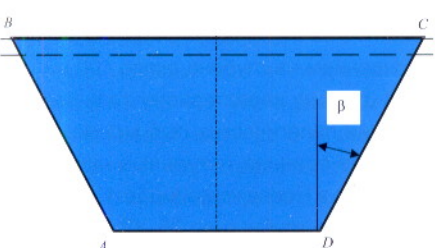


Рис. 1. Сетное полотно кошелькового невода

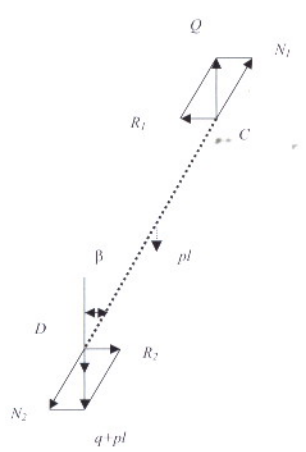


Рис. 2. Образующая DC конуса, на поверхности которого располагается сетное полотно с реакциями связей (верхней и нижней подбор) после замета

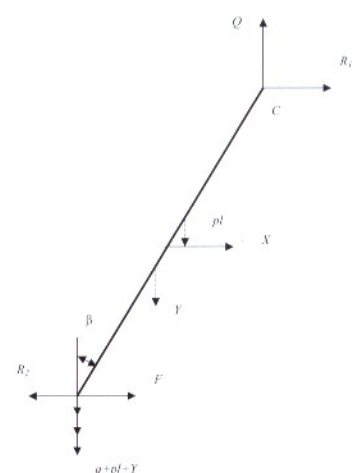


Рис. 3. Образующая DC конуса и силы, действующих на сетное полотно при кошельковании

стяжного троса в нижней его части, приходящаяся на единицу длины нижней подборы F , сила лобового сопротивления $X = C_{Rc}(d/a)(1/U_1 U_2)(\rho v_r^2/2)l \cos \beta$ и подъемная сила $Y = X \operatorname{tg} \beta$ (рис. 3). В формуле для силы сопротивления: d – диаметр нити сетного полотна; a – шаг ячеи сетного полотна; C_{Rc} – коэффициент сопротивления плоской сети при поперечном обтекании; v_r – средняя радиальная скорость точек сетной полосы ($v_r = v/(2\pi)$); v – скорость выборки стяжного троса.

Из условия равенства нулю суммы проекции всех сил на горизонтальную и вертикальную оси следует, что $F = X$, $Q = q + pl + Y$ (F – составляющая силы натяжения стяжного троса, направленная по радиусу к центру нижней подборы). Верхняя и нижняя подборы препятствуют перемещению точек сетного полотна в радиальном направлении и являются необходимым условием образования и устойчивого существования верхнего и нижнего оснований конуса, на поверхности которого располагается сетное полотно.

Рассматривая равновесие точки D , граничащей с нижней подборой, получим: $R_1 = F = X = R_2$.

Из последнего равенства следует, что $X = \operatorname{tg} \beta (q + pl)/(1 - \operatorname{tg}^2 \beta)$ и $v^2 = ((q + pl)4aU_1 U_2 \pi^2) / (C_{Rc} pl d \operatorname{tg} 2\beta \cos \beta)$.

При радиальной составляющей силы натяжения стяжного троса в нижней его части $F_1 = (q + pl)/(1 - \operatorname{tg}^2 \beta)$ образующая сетного конуса прямолинейна.

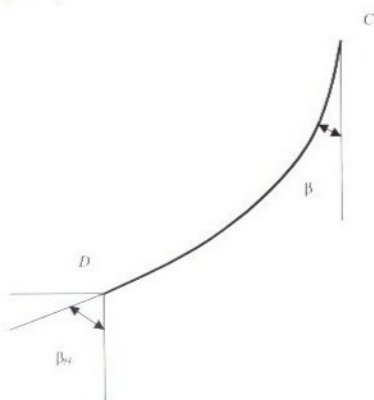


Рис. 4. Форма образующей поверхности сетного полотна и действующие на нижнюю подбору силы

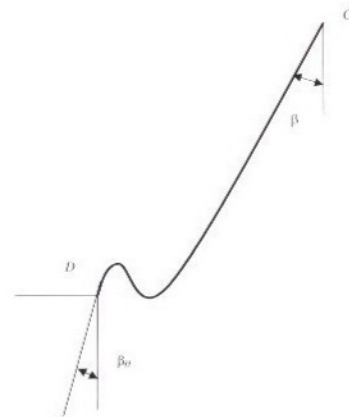


Рис. 5. Форма образующей поверхности сетного полотна и действующие на нижнюю подбору силы

Если $F_1 > (q + pl)/(1 - \operatorname{tg}^2 \beta)$, то угол между вертикалью и касательной к поверхности сетного полотна β_n на границе с нижней подборой $\beta_n > \beta$ и сетное полотно изгибается (рис. 4). Нижняя подбора будет перемещаться по горизонтали и вертикально вверх. Если $F_1 < (q + pl)/(1 - \operatorname{tg}^2 \beta)$, то угол $\beta_n < \beta$ и сетное полотно изгибается внутрь обметанного пространства. Точки нижней подборы будут перемещаться по горизонтали и двигаться вертикально вверх (рис. 5).

В работах Н.Н. Андреева говорится, что сила приложена к нижней кромке невода в горизонтальной плоскости. В первые моменты тяги она будет деформировать сетную стену только у нижней подборы. По мере кошелькования все большая часть сетной стены невода будет деформироваться, пока не придет в движение к центру круга и верхняя подбора. Это соответствует рис. 4 и 5.

При выполнении приведенных выше условий сетное полотно при стягивании колец нижней подборы будет в каждый момент времени располагаться на поверхности прямого кругового конуса. На первой стадии кошелькования угол β и $\operatorname{tg} \beta$ уменьшаются, а образующая l увеличивается. При увеличении загрузки нижней подборы q увеличивается допустимая скорость кошелькования. Сила $X_1 = 2\pi(q + pl)/(1 - \operatorname{tg}^2 \beta)$ втягивает судно внутрь обметанного сетным полотном невода пространства в радиальном направлении (r – радиус окружности, вдоль которой расположена нижняя подбора). Для противодействия ей применяются промышленные боты, подруливающие устройства.

На всех стадиях работы невода основой практически всех моделей является сетная оболочка. Сетное полотно кошелькового невода после замета и при кошельковании представляет собой сетную оболочку вращения, нагруженную симметрично относительно оси.

В настоящее время принята следующая физическая модель для сетного полотна. Сетная оболочка образована пересекающимися упругими нитями. Изгибная жесткость нитей мала и не оказывает заметного влияния на принимаемую под нагрузкой форму оболочки и усилия в ее нитях. В таких сетных оболочках внешние силы уравновешиваются только возникающими в нитях растягивающими усилиями. Нити сетной оболочки не проскальзывают в узлах одна относительно другой, являются упругими, подчиняющимися закону Гука.

Для определения внутренних усилий, упругих деформаций, напряжений и перемещений однородной сетной оболочки вращения, нагруженной симметрично относительно ее оси симметрии, можно воспользоваться методами расчета, применяемыми для сплошных оболочек. При этом толщина соответствующей сплошной оболочки определяется следующим образом: $h = V_n / S = (4\pi r^2 / 4) / (2aU_1 2aU_2) = (\pi r^2) / (4aU_1 U_2)$, где V_n – объем ниток сетного полотна; S – габаритная площадь сетного полотна (поверхности кругового усеченного конуса).