

## РАСЧЕТ ВАНТОВОЙ ПОДВОДНОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МИДИЙ

**Якушев Д.И.; Лазарева Д.В., к.т.н.; Денисенко В.Ю., к.т.н., доц.**  
Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

Объективная потребность в развитии производящего хозяйства в море приводит к необходимости проектирования, строительства и эксплуатации гидробиотехнических сооружений.

Имеющийся на Чёрном море опыт свидетельствует о целесообразности применения технологии выращивания мидий в подвешенном состоянии в толще воды. В период массового размножения личинки мидий обычно встречаются в достаточных количествах в водах прибрежной зоны и обильно оседают на коллекторы. Мидий гораздо предпочтительнее выращивать в толще воды, а не на дне или в придонном слое. Они в этом случае не заиливаются, лучше омываются течением, приносящим корм и кислород; лучше защищены от хищников (рапанов и донных рыб), менее поражены паразитами, быстрее растут и имеют более нежное мясо, не засоренное песком и жемчугом.

Для выращивания мидий используют подводные вантовые конструкции. Учитывая существенную подвижность конструкций и влияние больших деформаций, анализ напряженно-деформированного состояния таких систем является весьма затруднительным [1].

Для проведения численных исследований системы использован программный комплекс ANSYS реализующий метод конечных элементов [2].

Одним из способов получения нелинейного решения является разбиение нагрузки на некоторое число ее приращений. На каждом шаге решения происходит исправление матрицы жесткости перед выполнением следующего шага. Недостаток этого способа состоит в неизбежном накоплении погрешности с ростом числа шагов нагружения. В программе ANSYS эта трудность преодолевается использованием итерационного метода Ньютона-Рафсона, который обеспечивает (с приемлемой точностью) получение равновесного решения на каждом шаге нагружения. Перед началом решения вычисляется вектор неуравновешенных сил, т.е. разность между восстанавливающими силами (нагрузками, соответствующими напряжениям в элементе) и приложенными нагрузками. Затем на основе вектора неуравновешенности выполняется линейное решение и проверяется условие сходимости. Если это условие не выполняется, то заново вычисляется вектор неуравновешенных сил, обновляется матрица жесткости и решается система уравнений задачи. Процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнута сходимость решения.

Расчетная модель (рис. 1), исследуемой вантовой подводной конструкции, представляет собой систему, состоящую из натянутых пропиленовых канатов тросовой свивки [3].

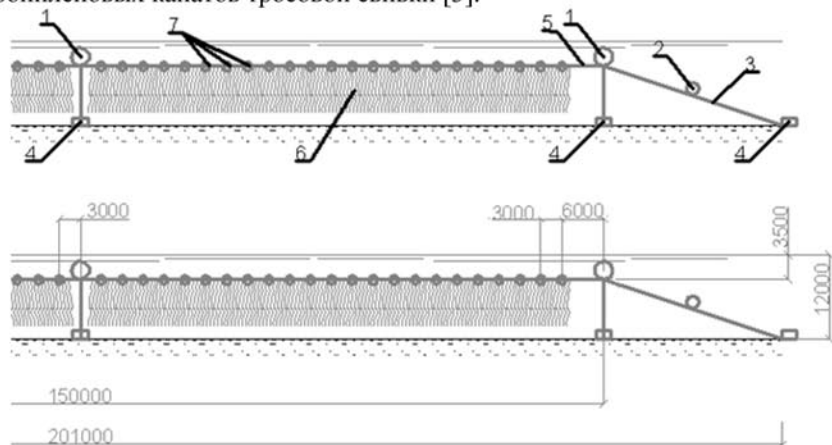


Рис. 1. Конструкция для выращивания мидий. Фрагмент (симметрично).  
1-основные буи; 2-вспомогательные буи; 3-трос - оттяжка; 4- якорь; 5- несущий трос (хребтина); 6- коллектор- носитель мидии; 7- дополнительные буи (наплава)

Модель вантовой системы аппроксимирована стержневыми элементами LINK180 из библиотеки программы. Это пространственный двухузловой элемент (рис.2) имеющий три степени свободы в каждом узле. Данный элемент предназначен для моделирования тросов, канатов, вантовых систем, а также ферменных конструкций работающих на растяжение-сжатие.

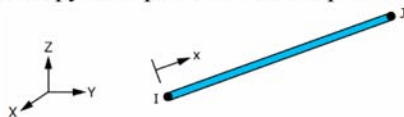


Рис. 2. Геометрия элемента LINK180

Расчеты выполнялись в геометрически-нелинейной постановке. Нагрузки на систему прикладывались пошагово. Количество приращений нагрузки на каждом шаге нагружения равно – 12.

История нагружения системы:

1. Действующая нагрузка - положительная плавучесть троса оттяжки и троса хребтины;
2. Нагрузка от плавучести основных буев;
3. Нагрузка от плавучести вспомогательных буев;
4. Нагрузка от веса коллекторов с мидией;
5. Нагрузка от плавучести дополнительных буев.

Возможности программы ANSYS позволяют проводить анализ системы на каждом шаге и подшаге нагружения. В результате расчета получены эпюры вертикальных перемещений и продольных усилий, возникающих в

тросе, на каждом шаге нагружения в момент достижения максимума нагрузки. Ниже представлены результаты, полученные на последнем шаге нагружения (рис 3,4).

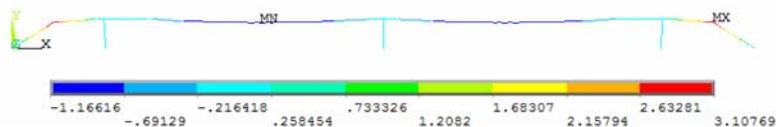


Рис 3. Перемещения относительно вертикальной оси, м

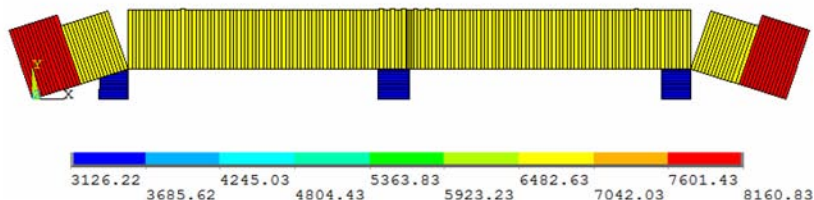
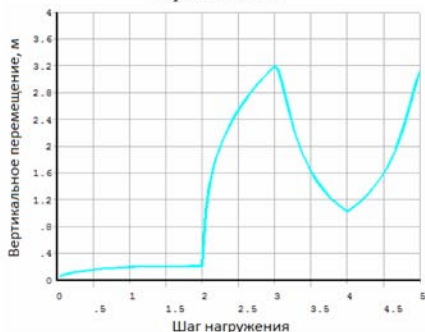


Рис 4. Эпюры продольных усилий, Н

В программе ANSYS есть возможность вывести графики зависимости. На графиках (рис. 5) показано как меняется вертикальное перемещение узлов с максимальным и минимальным значениями в зависимости от шага нагружения.

Узел с максимальным значением перемещения



Узел с минимальным значением перемещения

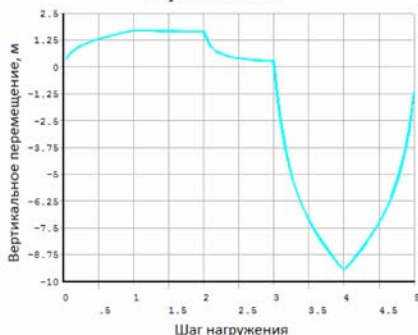


Рис. 5. Графики зависимости вертикального перемещения узла от шага нагружения системы

[1] Кирсанов Н.М. Висячие и вантовые конструкции / Н.М. Кирсанов // Учебное пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1981. – 158 с.

[2] Дашенко А.Ф. ANSYS в задачах инженерной механики / А.Ф. Дашенко, Д.В. Лазарева, Н.Г. Сурьянинов / Изд. 2-е, перераб. и доп. Под ред. Н. Г. Сурьянинова. – Одесса. – Пальмира, 2011. – 505 с.

[3] ГОСТ 30055-93 Канаты из полимерных материалов и комбинированные. Технические условия, М.: Московский печатник, 1994.- 70с.

*Calculation of underwater cable structure for mussels farming. The stress-strain state of underwater cable structure for mussels farming has been studied by the finite elements method. The analysis is carried out taking into account the system's geometric nonlinearity.*

УДК 624.01

## ДОЦІЛЬНІСТЬ ВРАХУВАННЯ ПОЗДОВЖНЬО- ПОПЕРЕЧНОГО ЗГИНУ ПРИ ПІДБОРІ АРМАТУРИ СТИСНУТО-ЗІГНУТОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО СТЕРЖНЯ.

**Янін О.Є., к.т.н., доц.**

Херсонський Державний Аграрний Університет, м. Херсон

Розроблені на протязі останніх років комп'ютерні програми відкривають можливість у короткі терміни виконувати великі обсяги розрахункової роботи. Тому здається доцільним проектувати стиснуті залізобетонні стержні за деформованою схемою.

Розглянемо залізобетонний стержень, завантажений поздовжньою стискаючою силою  $N$  і рівномірно-розподіленим лінійним поперечним навантаженням  $q$ . Прийmemo, що зліва стержень защемлений жорстко, а справа – обпертий на шарнірно-рухомому опорі.

Умовно припустимо, що матеріали працюють пружно. Визначимо функціональну залежність прогину, та згинального моменту за довжиною прольоту  $l$ . Для цього оберемо систему координат  $ZOY$ , початок якої співпадає із центром лівого жорсткого защемлення. Прогин стержня від заданого навантаження дорівнює ординаті  $y$ . Положення поперечного перерізу стержня за довжиною характеризується абсцисою  $z$  [1].

Прийmemo, що позитивний згинальний момент  $M$  розтягує нижні волокна стержня. Приблизне диференціальне рівняння зігнутої осі стержня має вигляд

$$y'' + k^2 y = - \frac{V(l-z) - 0,5q(l-z)^2}{EI}, \quad (1)$$

де  $V$  – невідома реакція у правій опорі;

$EI$  – жорсткість стержня на згин;

$$k^2 = \frac{N}{EI} > 0. \quad (2)$$