

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

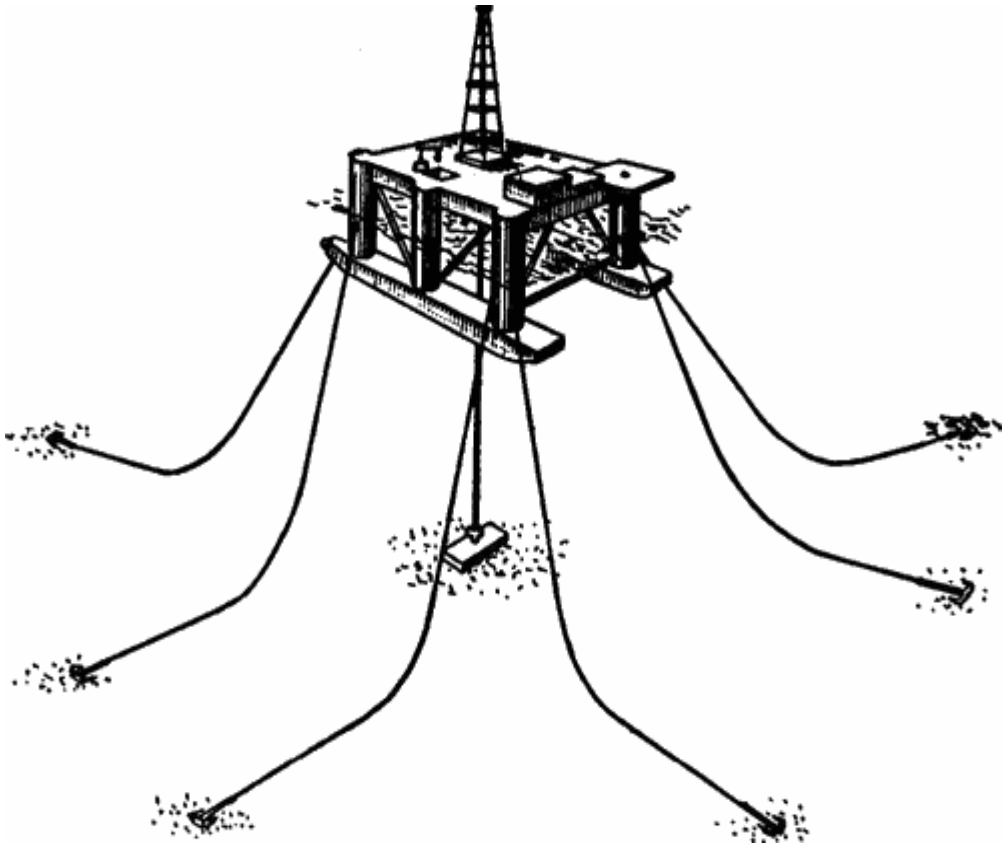
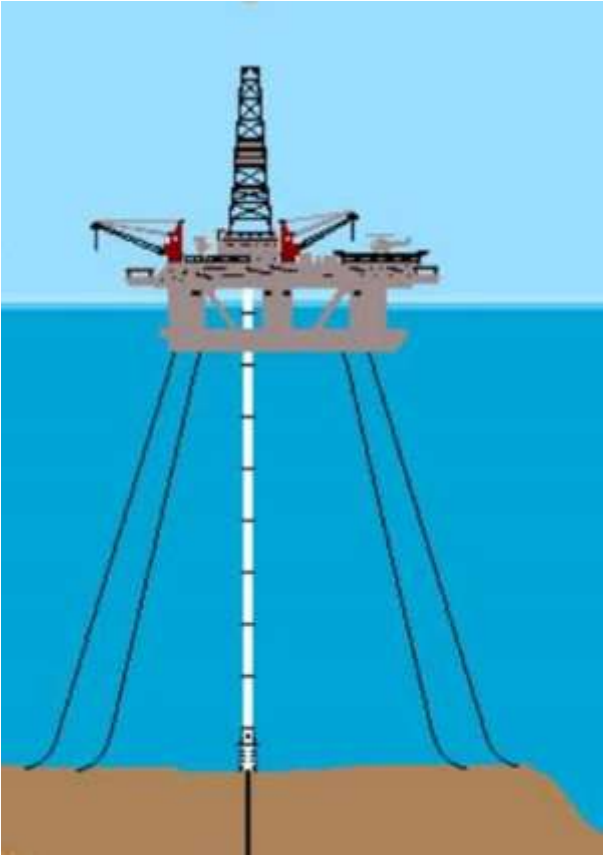
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПЛАВУЧИХ ЗАЯКОРЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Шолина Екатерина, аспирант СПбПУ



ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

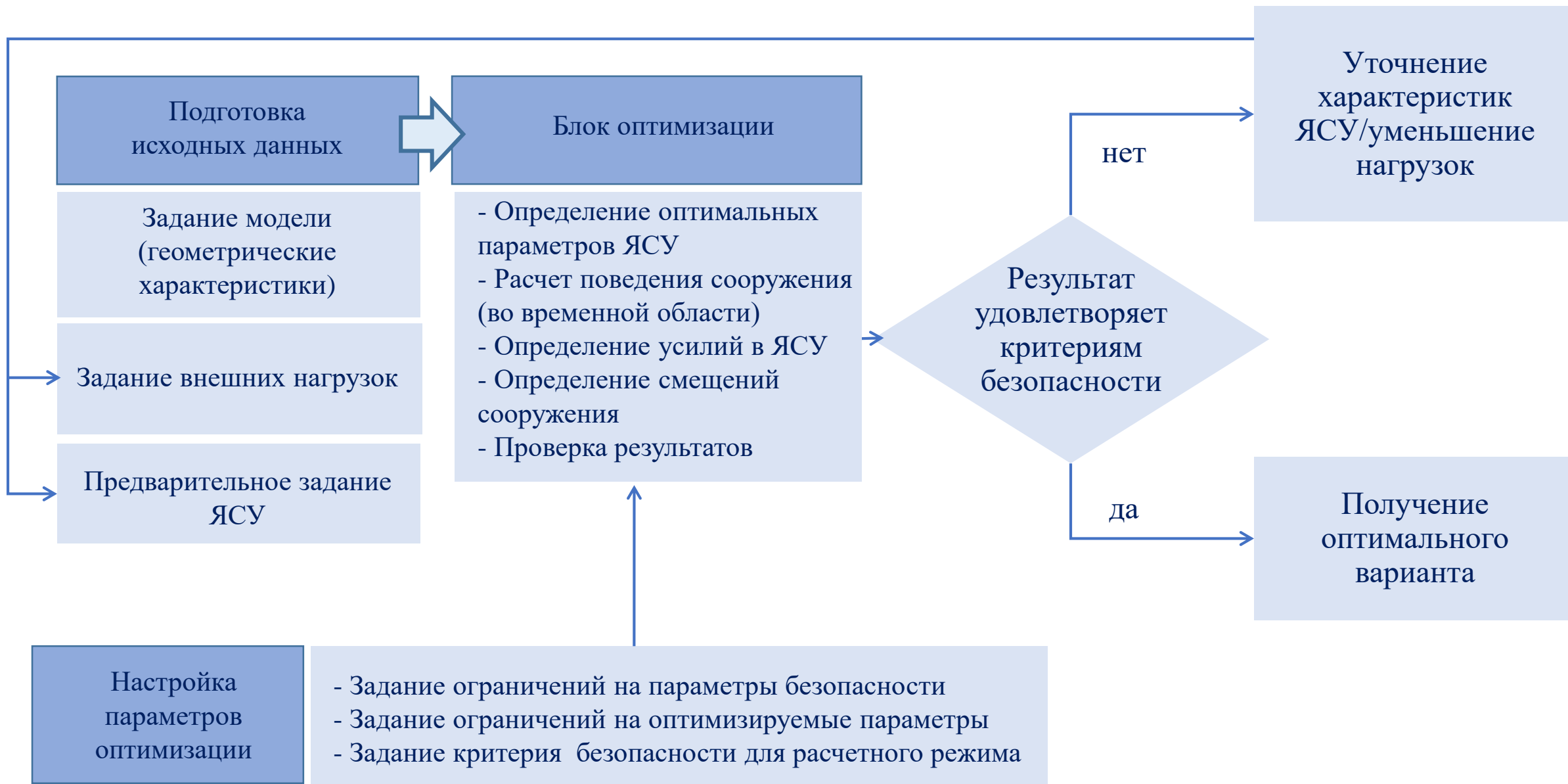
ОСВОЕНИЕ РЕСУРСОВ МИРОВОГО ОКЕАНА



ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЯСУ

- Выявление параметров, влияющих на безопасность работы плавучего сооружения
- Выявление ограничений, установленных при проектировании систем заякорения
- Формулировка критерия оптимальности
- Разработка метода оптимизации системы удержания
- Компьютерное моделирование процесса оптимизации

АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ



КРИТЕРИЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

Наилучшим можно признать такое начально натяжение связей, при котором при самом худшем сочетании внешних воздействий (худшем расчетном случае), в самой натянутой якорной связи сохраняется наибольший запас по натяжению:

$$\max_{F_0} \min_k \left[\frac{F_b}{\max_i F_{i,k}(F_0)} \right]$$

где $F_{i,k}(F_0)$ – максимальное натяжение i -той связи в расчетном случае « k » в зависимости от начального натяжения F_0 .

КРИТЕРИЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ ДЛЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

Критерий оптимальности для многопараметрической оптимизации:

$$\max_{F_0, L_i, \beta, \alpha_i} \min_k \left[\frac{F_b}{\max_i F_{i,k}(F_0, L_i, \beta, \alpha_i)} \right]$$

L_i – длина связи с номером i ($i = 1, 2, \dots, n$),

α_i – плановый угол заложения,

β – курсовой угол постановки сооружения.

ОГРАНИЧЕНИЯ

Ограничение, накладываемое на длину связи:

$$H \leq L \leq L_{max}$$

Расположение связей в плане:

$$\alpha_{i-1} < \alpha_i < \alpha_{imax}$$

Ограничение на начальное натяжение:

$$0 < F_0 < F_b/k_n$$

Ограничения на угловые перемещения:

$$\varphi_x(t) < \varphi_{xmax}$$

$$\varphi_y(t) < \varphi_{ymax}$$

$$\varphi_z(t) < \varphi_{zmax}$$

Ограничения на линейные перемещения:

$$\Delta X(t) < \Delta X_{max}$$

$$\Delta Y(t) < \Delta Y_{max}$$

$$\Delta Z(t) < \Delta Z_{max}$$

Ограничение на натяжение связей:

$$F_i < F_b/k_n$$

МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ

Оптимизация по четырем параметрам и заданные ограничения:

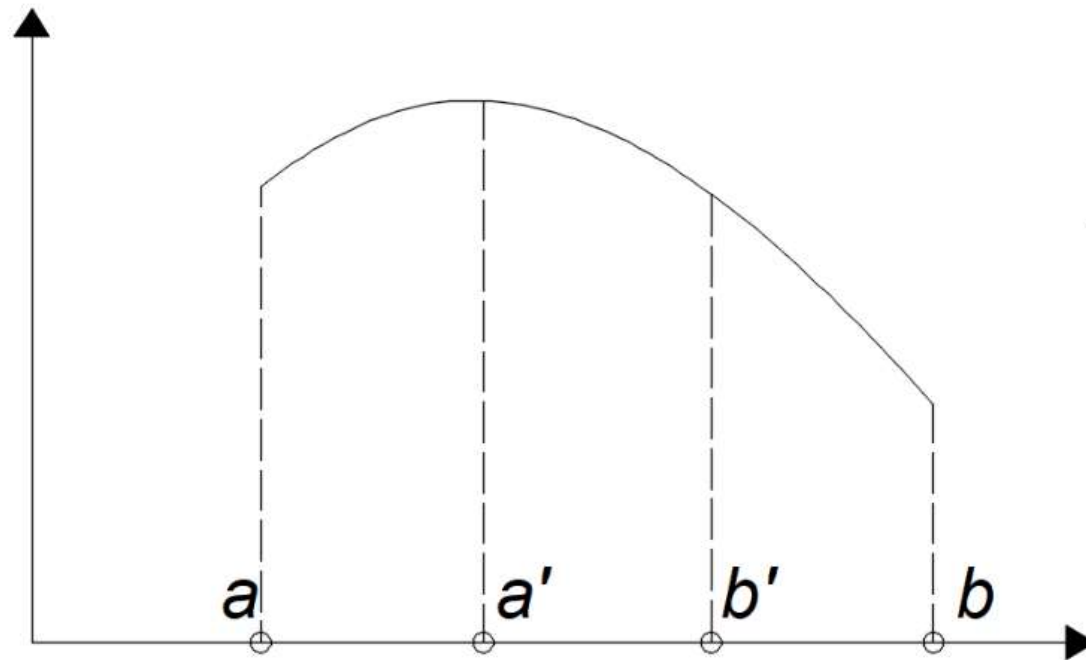
$$\left\{ \begin{array}{l} J(F_0, L_i, \beta, \alpha_i) = \max_{F_0, L_i, \beta, \alpha_i} \min_k \left[\frac{F_b}{\max_i F_{i,k}(F_0, L_i, \beta, \alpha_i)} \right] \\ \max_k \varphi_{x,k} < \varphi_{y\max} \\ \max_k \varphi_{y,k} < \varphi_{x\max} \\ \max_k \varphi_{z,k} < \varphi_{y\max} \\ \max_i F_{i,k} < \frac{F_b}{k} \\ L_{\min} < L_i \leq L_{\max} \\ \alpha_{i-1} < \alpha_i \leq \alpha_{i\max} \end{array} \right.$$

Формирование нового функционала с применением метода штрафов:

$$J(F_0, L_i, \beta, \alpha_i) = \max_{F_0, L_i, \beta, \alpha_i} \min_k \left[\frac{F_b}{\max_i F_{i,k}(F_0, L_i, \beta, \alpha_i)} \right] - \sum S_q$$

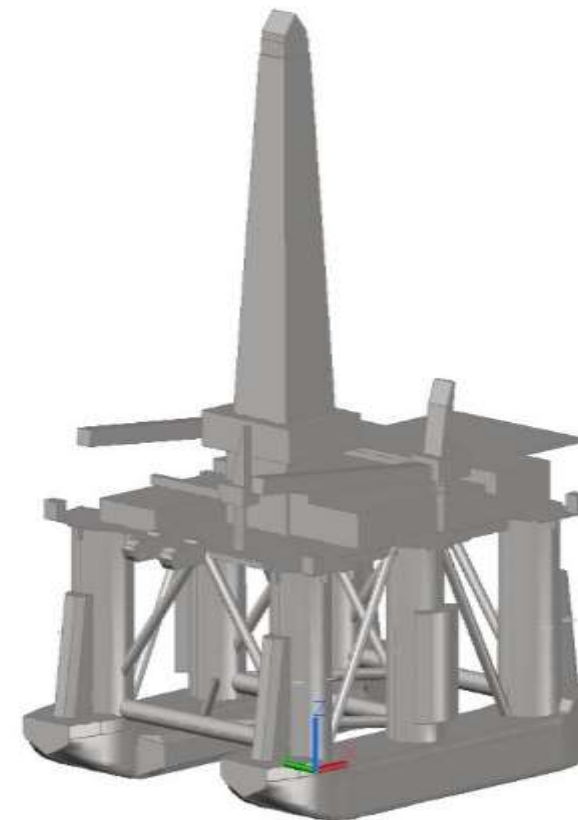
ПРОБЛЕМА ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ УДЕРЖАНИЯ

Метод золотого сечения



ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

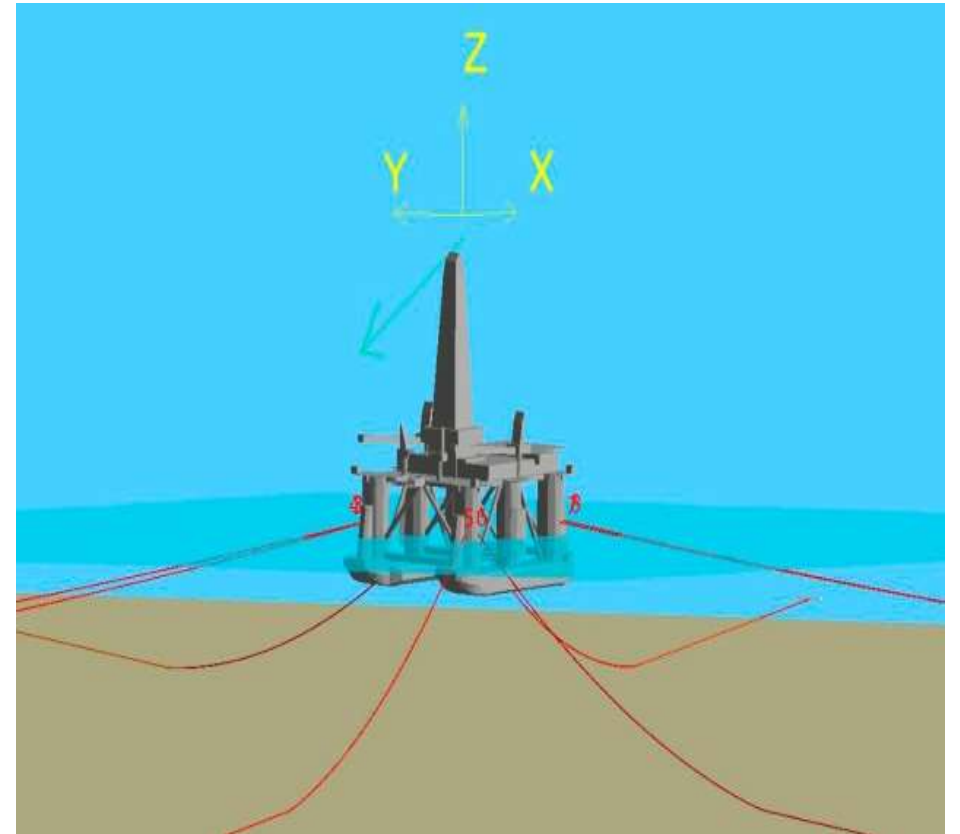
Трехмерная геометрическая модель платформы подготовлена для моделирования в ПК «Anchored Structures»



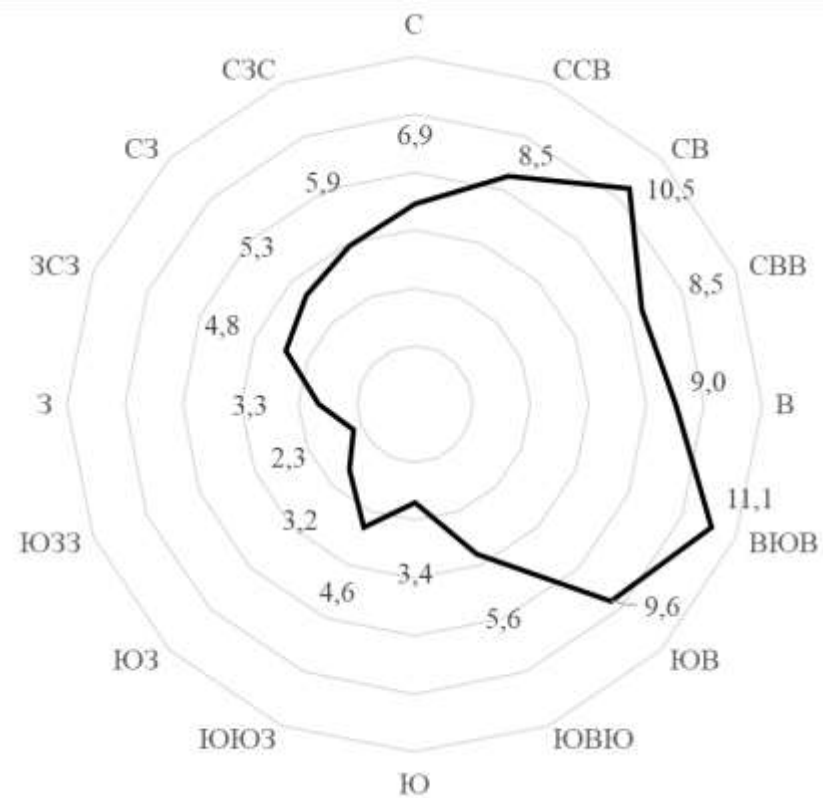
Полупогружная плавучая платформа проекта L-868

НАЧАЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

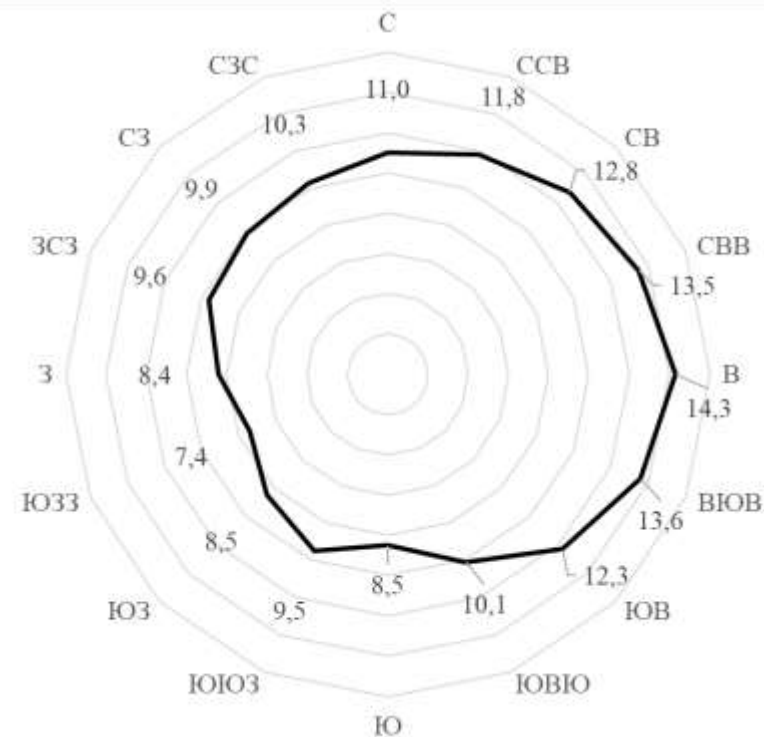
- длина связей 1000 м;
- первая связь имеет угол 22.5° с продольной осью платформы, связи в плане расположены с одинаковым шагом 45° ;
- курсовой угол постановки сооружения 0° ;
- начальное натяжение связи составляет 20% от разрывного усилия и равно 1100 кН.



ВОЛНОВОЙ РЕЖИМ



Высота волны 3%, м

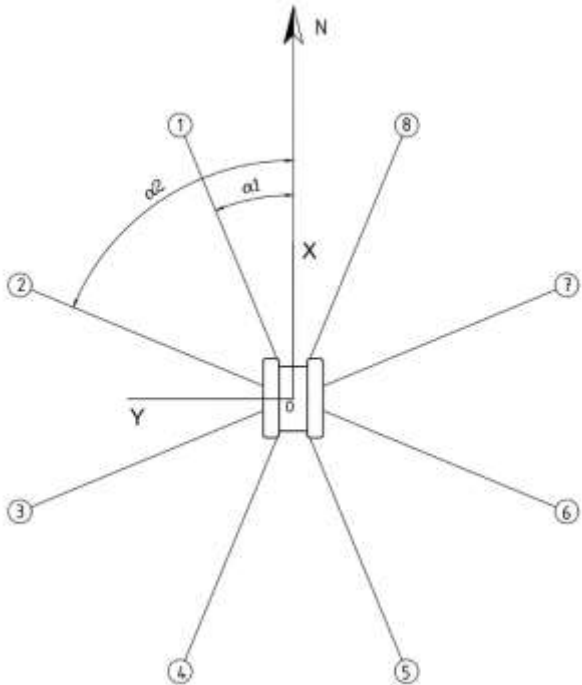


Средний период, сек

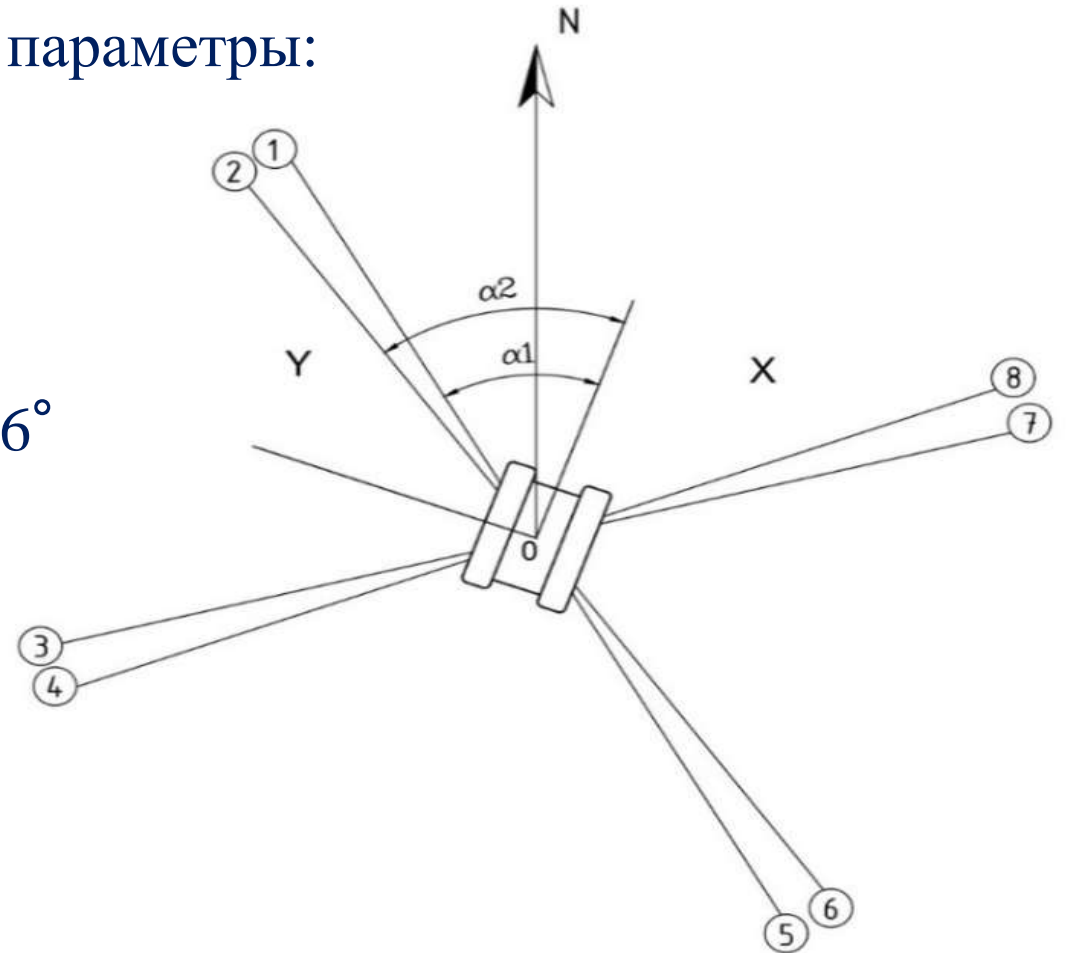
СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЯКОРНЫХ СВЯЗЕЙ

Оптимизированные параметры:

- $L = 900$ м
- $F_0 = 300$ кН
- $\beta = 20^\circ$
- $\alpha_1 = 50^\circ$, $\alpha_2 = 56^\circ$



Исходная схема
расположения якорных связей

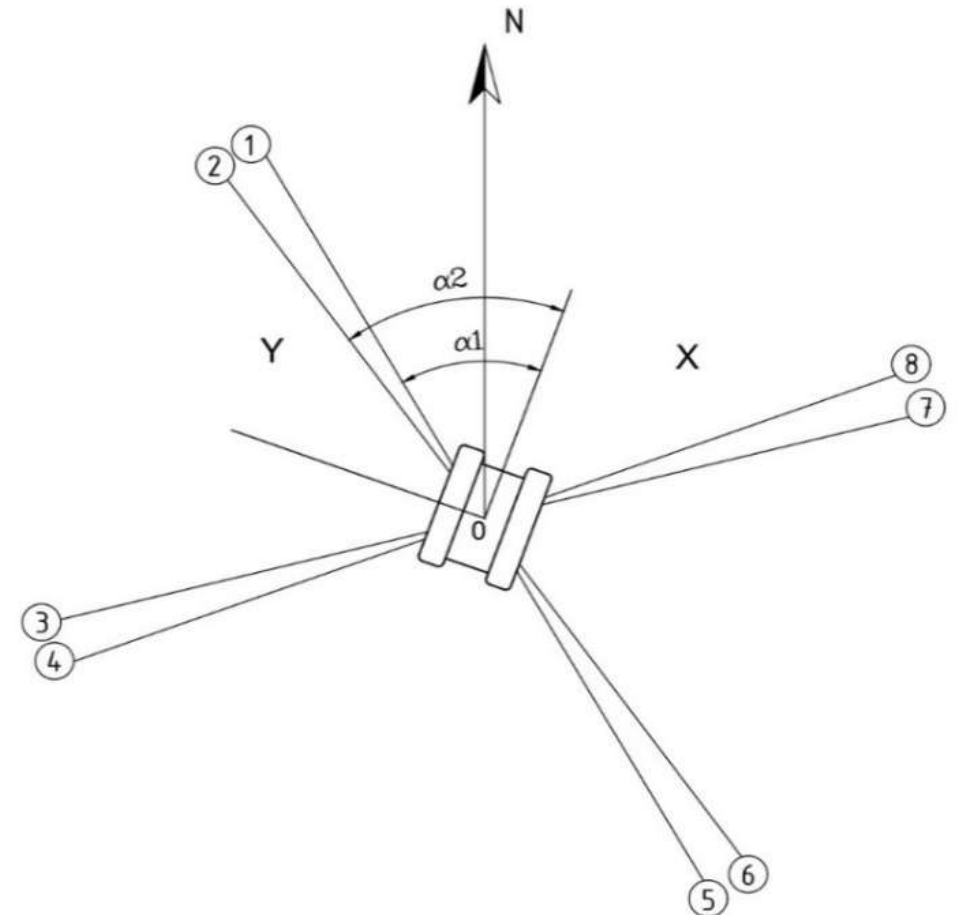


Оптимизированная схема расположения якорных
связей

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗАПАСА ПО НАТЯЖЕНИЮ СВЯЗЕЙ

Направление	Начальное значение	Оптимизированное значение
С	2.25	3.01
ССВ	1.69	3.77
СВ	1.36	1.97
СВВ	1.39	1.87
В	1.41	1.88
ВЮВ	1.17	2.20
ЮВ	1.48	1.99
ЮВЮ	2.28	2.79
Ю	2.03	2.48
ЮЮЗ	2.48	4.54
ЮЗ	2.54	3.54
ЮЗЗ	2.48	3.26
З	2.58	3.54
ЗСЗ	2.22	4.07
СЗ	2.26	2.97
СЗС	2.23	2.69

Оптимизированная схема расположения якорных связей



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Сформулирована задача оптимизации системы удержания с учетом ограничений, накладываемых на систему
- Представлен метод оптимизации системы удержания плавучего заякоренного сооружения для режима выживания
- Выполнено компьютерное моделирование процесса оптимизации в программном комплексе «Anchored Structures»