

СПбГМТУ

Проблема формирования торосистых образований у платформы «Приразломная» и анализ концепций методов ее решения

Рабочая группа «Белые ходоки»:

Алексашин Дмитрий Александрович – конструкция корпуса

Бражник Андрей Евгеньевич – океанотехника

Добржинский Казимир Андреевич – гидромеханика

Шипин Дмитрий Александрович - океанотехника



Причина возникновения торосистых образований у платформы «Приразломная»

- Сложные волно-ветровые условия в районе месторождения
- Некоторые недочеты на стадии проектирования и постройки платформы
- Небольшая глубина в районе установки платформы (19-20 метров)

Возникающие экономические и транспортные проблемы

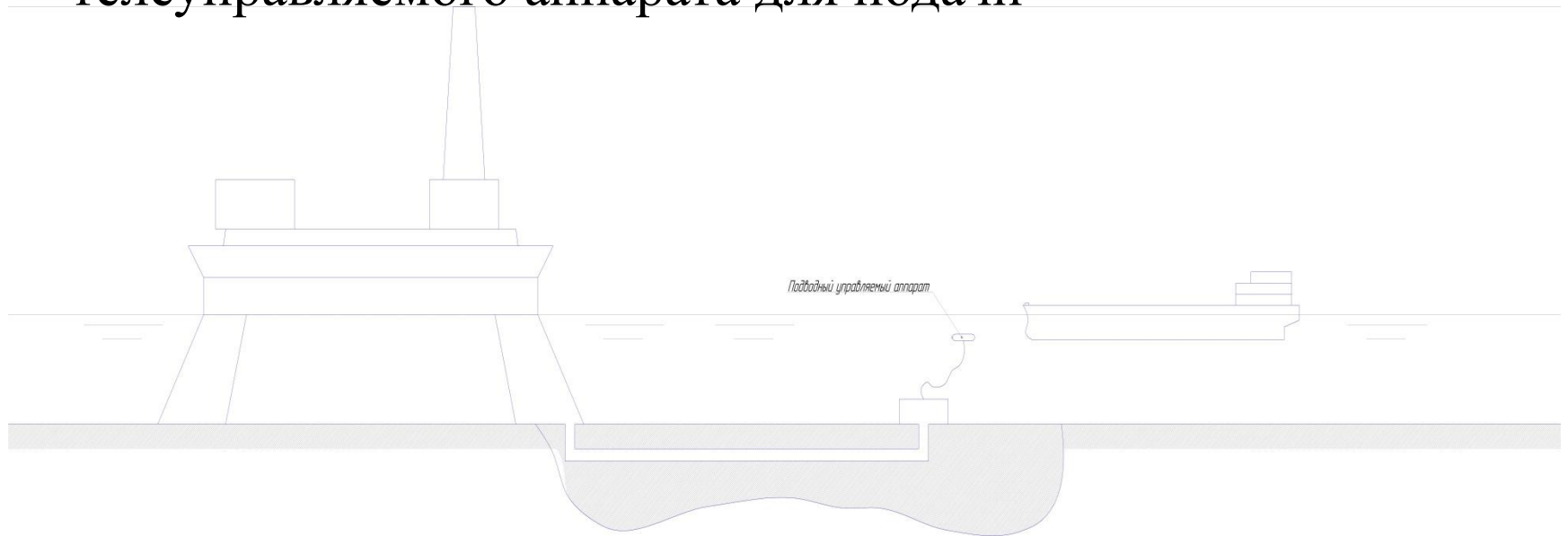
В результате формирования торосистых образований у опорного основания платформы возникают следующие проблемы:

- Невозможность подхода танкера на расстояние, необходимое для погрузки
- Невозможность подхода судов снабжения
- Возможность разрыва нефтепровода при работе танкера на предельном расстоянии загрузки



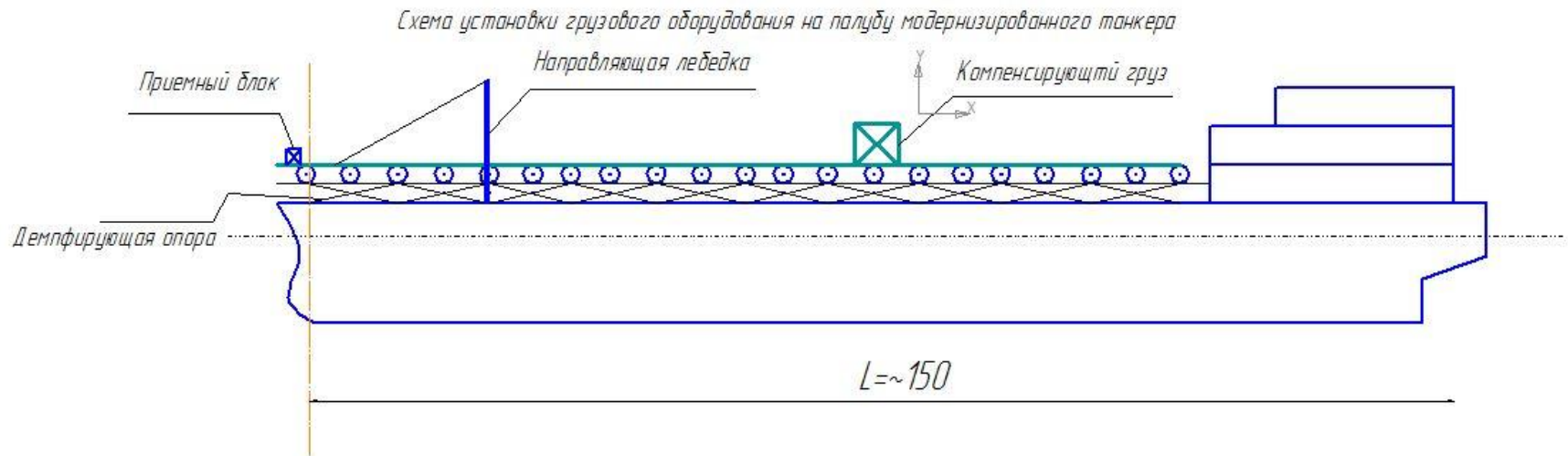
Концепция 1

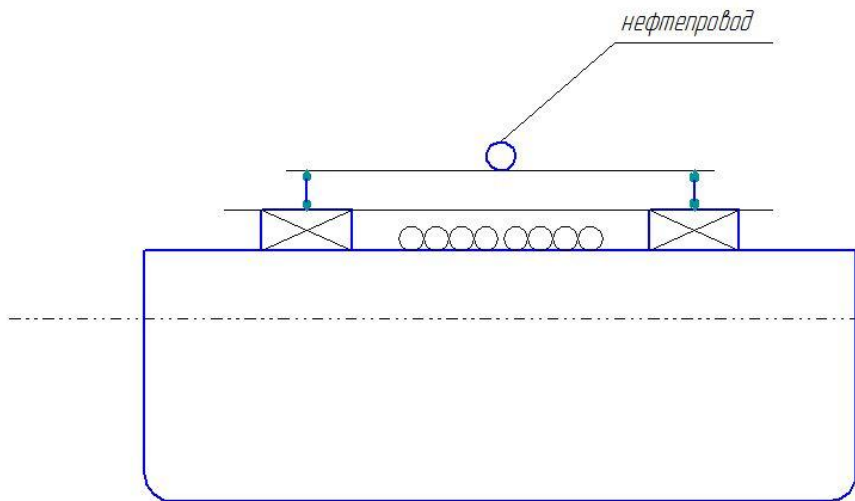
- Подразумевает прокладку подводного трубопровода и установку подводного погружного терминала
- Подразумевает проектирование и постройку специализированного подводного необитаемого телеуправляемого аппарата для подачи



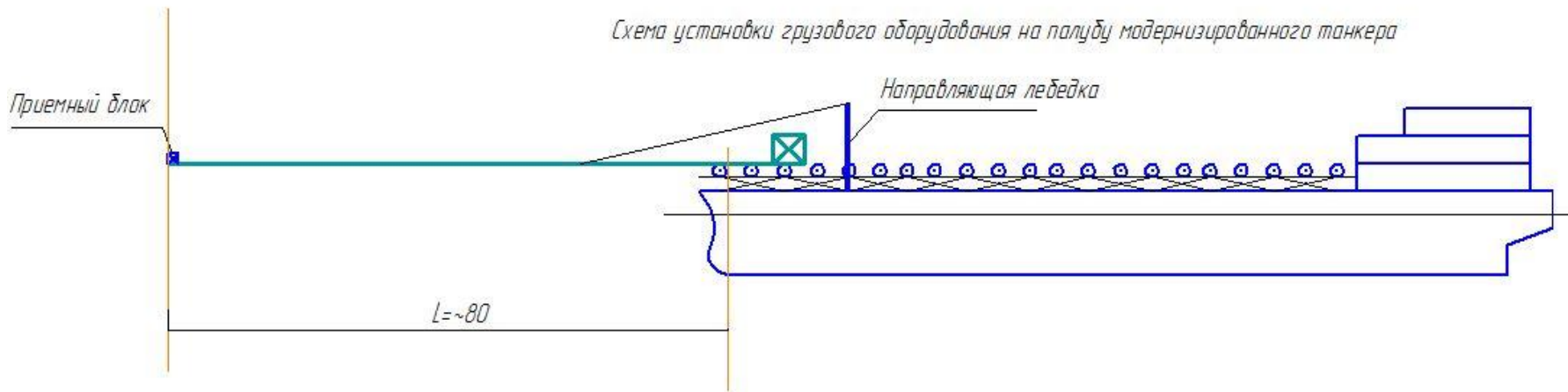
Концепция 2

- Подразумевает модернизацию танкеров, обслуживающих платформу
- В качестве проекта модернизации предлагается установка выдвижной рампы





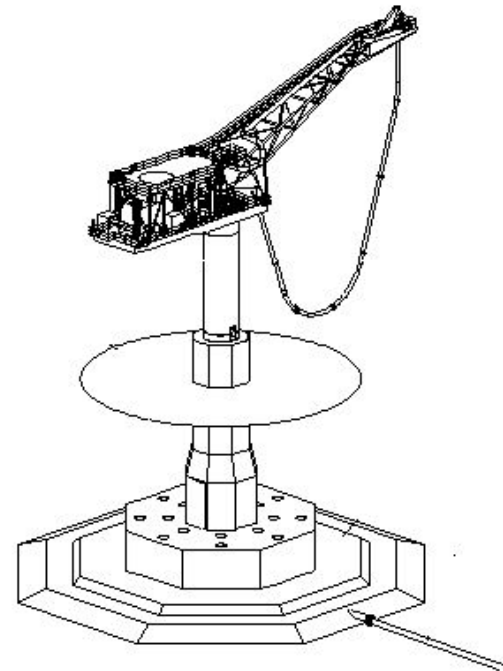
Вид «Корпус»



Рабочее положение – рампа выдвинута

Концепция 3

- Установка стационарного отгрузочного терминала гравитационного типа на расстоянии от платформы 300м
- Вынос устройства отгрузки до 40 м



Сравнение предложенных вариантов

Критерий	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Технологичность	Технологические проблемы при установке подводного терминала (-)	Простота конструкции (+)	Наличие аналогичных проектов в эксплуатации (+)
Стоимость постройки	Значительная (-)	Незначительная (+)	Значительная (-)
Особенности эксплуатации	Нет зависимости от ледовой обстановки (+)	Сложности при позиционировании (-)	Регулярная эксплуатация обеспечивается ледоколами (+)
Экологические риски	Большие (-)	Большие (-)	Невелики (+)

Расчет нагрузок от льда

Толщина льда по условию $h=1$ м

Определяем среднюю температуру льда в зависимости от его толщины и температуры

$$t := \frac{-(1 - 0.5) \cdot T_{av}}{N_s - N_m} \quad t = 0.194 \quad T_{av} = -33 \quad N_s = 128$$

$$T_{a1} := T_{av} + t = -32.806$$

$$T_{a2} := T_{a1} + t = -32.612$$

$$T_{a3} := T_{a2} + t = -32.418$$

$$T_{a4} := T_{a3} + t = -32.224$$

$$T_{ice} := \frac{2 \cdot T_{av} + T_{a1} + T_{a2} + T_{a3} + T_{a4}}{6} \quad T_{ice} = -32.676 \quad 32.8$$

По температуре и солёности льда определяем сопротивление льда сжатию и изгибу

$$\begin{matrix}
 \begin{pmatrix} -30 \\ -20 \\ -10 \\ -2 \end{pmatrix} \\
 \text{tem} :=
 \end{matrix}
 \begin{matrix}
 R_{c1} := \begin{pmatrix} 1.55 \cdot 10^6 \\ 1.5 \cdot 10^6 \\ 1.4 \cdot 10^6 \\ 1 \cdot 10^6 \end{pmatrix} \\
 R_{b1} := \begin{pmatrix} 0.7 \cdot 10^6 \\ 0.65 \cdot 10^6 \\ 0.6 \cdot 10^6 \\ 0.5 \cdot 10^6 \end{pmatrix}
 \end{matrix}
 +
 \begin{matrix}
 R_{c2} := \begin{pmatrix} 1.4 \cdot 10^6 \\ 1.3 \cdot 10^6 \\ 1.15 \cdot 10^6 \\ 0.6 \cdot 10^6 \end{pmatrix} \\
 R_{b2} := \begin{pmatrix} 0.6 \cdot 10^6 \\ 0.55 \cdot 10^6 \\ 0.5 \cdot 10^6 \\ 0.3 \cdot 10^6 \end{pmatrix}
 \end{matrix}
 +
 \begin{matrix}
 R_{c3} := \begin{pmatrix} 1.25 \cdot 10^6 \\ 1.2 \cdot 10^6 \\ 1 \cdot 10^6 \\ 0.3 \cdot 10^6 \end{pmatrix} \\
 R_{b3} := \begin{pmatrix} 0.5 \cdot 10^6 \\ 0.45 \cdot 10^6 \\ 0.4 \cdot 10^6 \\ 0.2 \cdot 10^6 \end{pmatrix}
 \end{matrix}$$

$$R_{c.S1} := \text{linterp}(\text{tem}, R_{c1}, T_{ice}) \quad R_{c.S1} = 1.563 \times 10^6$$

$$R_{c.S2} := \text{linterp}(\text{tem}, R_{c2}, T_{ice}) \quad R_{c.S2} = 1.427 \times 10^6$$

$$R_{c.S3} := \text{linterp}(\text{tem}, R_{c3}, T_{ice}) \quad R_{c.S3} = 1.263 \times 10^6$$

$$R_{b.S1} := \text{linterp}(\text{tem}, R_{b1}, T_{ice}) \quad R_{b.S1} = 7.134 \times 10^5$$

$$R_{b.S2} := \text{linterp}(\text{tem}, R_{b2}, T_{ice}) \quad R_{b.S2} = 6.134 \times 10^5$$

$$R_{b.S3} := \text{linterp}(\text{tem}, R_{b3}, T_{ice}) \quad R_{b.S3} = 5.134 \times 10^5$$

$$S_{ice} := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} \quad R_{c0} := \begin{pmatrix} R_{c.S1} \\ R_{c.S2} \\ R_{c.S3} \end{pmatrix} \quad R_{b0} := \begin{pmatrix} R_{b.S1} \\ R_{b.S2} \\ R_{b.S3} \end{pmatrix}$$

$$R_c := \text{linterp}(S_{ice}, R_{c0}, S_{Ice}) \quad \frac{R_c}{g_0} = 1.466 \times 10^5$$

$$R_b := \text{linterp}(S_{ice}, R_{b0}, S_{Ice}) \quad \frac{R_b}{g_0} = 6.346 \times 10^4$$

Определим редуцированные коэффициенты для смерзшегося и движущегося льда

$$\frac{d_f}{h_{ice}} = 4.24$$

Рассчитаем ледовые нагрузки

$C_F := 1$ коэффициент формы

Горизонтальная нагрузка без смерзания с опорой:

$$F_p := \frac{C_F \cdot k_{Rp} \cdot \frac{R_c}{\xi_0} \cdot d_f \cdot h_{ice}}{1000} \quad F_p = 2.434 \times 10^3 \text{ т}$$

Горизонтальная нагрузка при смерзании с опорой:

$$F_s := \frac{C_F \cdot k_{Rs} \cdot \frac{R_c}{\xi_0} \cdot d_f \cdot h_{ice}}{1000} \quad F_s = 3.136 \times 10^3 \text{ т}$$

Вертикальная при провисании:

$$F_{ice} := \frac{k_G \cdot \frac{R_b}{\xi_0} \cdot h_{ice}^2}{1000} \quad F_{ice} = 35.594 \text{ т}$$

Масса опорной части = 10000 т

Масса верхней строения = 2000 т

Расстояние от оси колонны до оси сваи 15 м

Восстанавливающий момент:

$$M \cdot L = 12000 \cdot 15 = 1800000$$

Опрокидывающий момент:

$$m \cdot l = 3100 \cdot 10 = 31000$$