

УДК 656.6

**РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ПРИЧАЛА  
САЛМАНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В УСТЬЕ Р. ОБЬ**

**Гичкин Илья Константинович<sup>1</sup>**, студент

*e-mail:* [gicha21.02@mail.ru](mailto:gicha21.02@mail.ru)

<sup>1</sup> Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

**Аннотация.** В статье приводятся данные расчета напряженно-деформированного состояния гидротехнического сооружения универсального причала Салмановского месторождения в устье р. Обь, в частности, дано общее описание конструкции причала, основные нагрузки, действующие на портовое ГТС, и представлены результаты расчета НДС шпунтового ряда с использованием нескольких методов.

**Ключевые слова:** универсальный причал, больверк, расчет напряженно-деформированного состояния, река Обь.

**CALCULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE HYDRAULIC  
STRUCTURE OF THE UNIVERSAL BERTH OF THE SALMANOVSKOYE FIELD AT  
THE MOUTH OF THE RIVER OB**

**Gichkin Ilya Konstantinovich<sup>1</sup>**, Student

*e-mail:* [gicha21.02@mail.ru](mailto:gicha21.02@mail.ru)

<sup>1</sup> Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** The article presents calculation data for the stress-strain state of the hydraulic structure of the universal berth of the Salmanovskoe field at the mouth of the river. Ob, in particular, a general description of the berth structure, the main loads acting on the port hydraulic structure are given, and the results of calculating the stress-strain state of sheet piling using several methods are presented.

**Keywords:** universal berth, bolverk, calculation of stress-strain state, river Ob.

Салмановское месторождение открыто в 1979 году и находится на Гыданском полуострове в акватории Обской губы Карского моря. Обская губа является самым крупным заливом Карского моря, а также эстуарием реки Обь. Простирается между полуостровом Гыдан и полуостровом Ямал. В восточной части Обской губы расположена Тазовская губа, в которую впадает река Таз. Обская губа вытянута вдоль 73 меридиана восточной долготы. Условно ее южная граница проходит от м. Ям-Сале до м. Жертв, а северная граница – условная линия между северо-западной частью о. Шокальского до м.

Шайтанов. По расположению в Российской Федерации Обская губа находится на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, который входит в состав Тюменской области. Ширина Обской губы меняется в диапазоне от 35 км до 90 км. Длина залива составляет 800 км, а протяженность берегов с обеих сторон около 1000 км. Водная площадь – 55,5 тыс. км<sup>2</sup>, объем – 445 км<sup>3</sup>. Если рассматривать Обскую губу, как район Карского моря, то он самый мелководный, и его дно достаточно ровное. Это можно объяснить интенсивным выносом песка и ила из реки Обь. Ложе Обской губы достаточно ровное без резких колебаний глубин. Значения глубин уменьшаются с севера на юг (рис. 1).

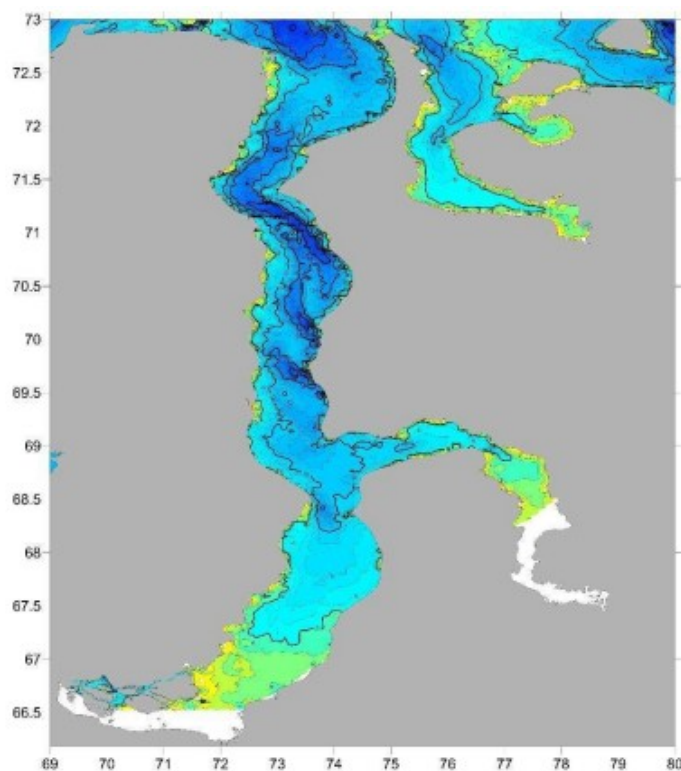


Рисунок 1 – Гидрологическая обстановка Обской губы

На территории Обской губы действуют суровые природно-климатические условия. Зима длится 6 – 6,5 месяцев, средняя температура января – 20 – 24°С. Весна обычно короткая (30 дней), холодная, с резким изменением погоды, с частыми возвратами холода и заморозками. Продолжительность вегетационного периода составляет 110 дней. Средняя температура наиболее тёплого месяца +12 – +14°С. Осень короткая, с максимально резким изменением температуры и частыми ранними заморозками. Устье Оби находится в зоне избыточного увлажнения. Среднее годовое количество осадков составляет 400 мм. Летние осадки в два раза превышают зимние. Помимо температурных перепадов и осадков, на территорию прилегающих гидротехнических сооружений действуют, ветро-волновые и ледовые явления.

На территории Салмановского месторождения, станции «Утренний» (рис. 2) в состав вспомогательных сооружений завода по сжижению природного газа и газового конденсата входит универсальный морской причал.



Рисунок 2 – Ситуационный план расположения универсального причала

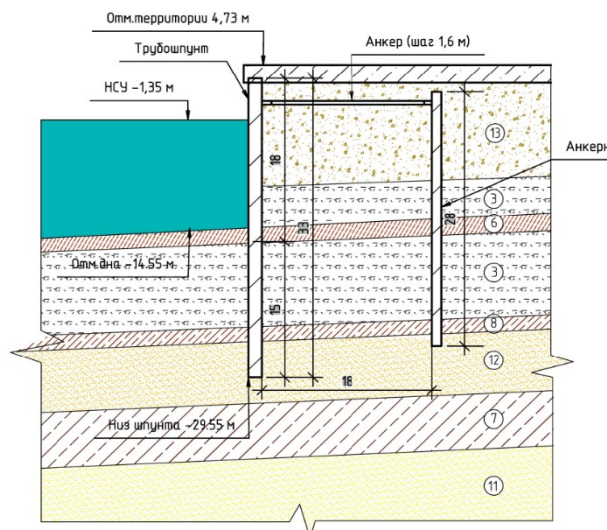


Рисунок 3 – Расчетная схема сооружения

Данный причал предназначен для обработки различных видов сухих грузов (навалочных и сборных) с морского транспорта. Грузы предназначены как для обеспечения строительства, так и дальнейшей эксплуатации отдаленного месторождения. Конструкция причального сооружения представляет собой одноанкерный больверк с шпунтовыми и анкерными сваями в виде металлических труб (рис. 3).

На первом этапе проектирования были собраны основные нагрузки, действующие на причальное сооружение. В качестве расчётного судна для причала был принят морской балкер типа «Енисей». Для данного судна с учетом природных условий участка были рассчитаны швартовные нагрузки, действующие на причальное сооружение.



Рисунок 4 – Расчетное судно типа «Енисей»

В качестве основной нагрузки на территорию универсального причала принята равномерно-распределенная нагрузка от мобильного портового крана модели Liebherr LHM 420.

Поскольку акватория терминала имеет защитные оградительные сооружения, ледовые и волновые нагрузки на причал при расчетах не рассматривались.

Основные конструктивные размеры и отметки сооружения приняты на основании гидрологических условий Обской губы и эксплуатационных показателей расчетного судна. Особенностью конструкции причала является большая свободная высота сооружения (более 18 м) при расположении анкеровки в верхней надводной части конструкции.

Расчет напряженно-деформированного состояния шпунтового ряда был выполнен тремя методами: методом Блюма-Ломейера, методом Якоби и с использованием геотехнического программного комплекса методом конечных элементов.

Метод Блюма-Ломейера является классическим ручным методом по расчету шпунтовых конструкций. В основе метода лежит предположение об двойном изгибе шпунта при его работе и формировании двух основных изгибающих моментов – в пролете и в защемлении. Такой метод используется в основном для шпунтовых свай, обладающих высокой гибкостью.

Метод Якоби является сходным методу Блюма-Ломейера, однако в нем шпунтовый ряд рассматривается как более жесткая конструкция, в которой изгибающий момент защемления не возникает, а в расчет берется только изгибающий момент в пролете шпунта.

Использование геотехнического программного комплекса для расчета методом конечных элементов позволяет снизить трудоемкость расчетов и проводить исследования для сложных геометрических расчетных схем. В данной работе расчет проводился в программе Midas SoilWorks.

Результаты расчета НДС по трем методам в виде усилий, возникающих в шпунтовом ряду и анкерном устройстве представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчета НДС причала

Усилие	Метод Блюма-Ломейера	Метод Якоби	Midas SoilWorks (метод конечных элементов)
Момент в пролете, кНм	7291,4	5700	1881
Момент защемления, кНм	7048,4	-	1258,1
Анкерная реакция, кН	850	1030	1094

Анализ полученных данных показывает, что результаты расчета по методу Блюма-Ломейера и методу Якоби схожи между собой, тогда как данные, полученные по методу конечных элементов, имеют большие отличия. Дополнительные расчеты, связанные с изменением различных параметров математической модели в программном комплексе, и её тонкая настройка не позволили получить значения усилий, близких к ручному расчету.

Для дальнейших расчетов конструктивных элементов причала необходимо использовать наиболее небезопасные, то есть максимальные усилия из полученных различными методами.

#### Список литературы:

1. Проект «Арктик СПГ 2» Оценка воздействия на окружающую среду, социально-экономическую среду, здоровье населения. Резюме нетехнического характера. / Подготовлено: Rambol Cis, август 2020.



2. Проект «Морстройтехнология» Обустройство причальных сооружений Салмановского (Утреннего) нефтегазоконденсатного месторождения – октября 2014. – URL: <https://morproekt.ru/projects/430-obustrojstvo-prichalnykh-sooruzhenij-salmanovskogo-utrennego-neftegazokondensatnogo-mestorozhdeniya> (дата обращения: 10.05.2024)
3. СП 350.1326000.2018. Нормы технологического проектирования морских портов.
4. Проект «Liebherr» Мобильный портовый кран LHM 420. Техническое описание. – URL: <https://www.liebherr.com/external/products/products-assets/527b4df1-be54-449c-9ebb-56332938f75e/liebherr-lhm-420-mobile-harbour-crane-datasheet-russian> (дата обращения: 10.05.2024)

