

## Исследование влияния чрезвычайных ситуаций на конструкции опорных блоков морских платформ из ЖБ и металла

*В.В. Габова, Т.С. Савченко, К.А. Селиванова*

*Волгоградский государственный технический университет, Волгоград*

**Аннотация:** в данной статье рассматривается два типа конструкции опорного блока морской ледостойкой стационарной платформы - металлический кессонного типа и железобетонный моноопорного типа в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций. На основании расчетов выбирается наиболее приемлемый материал для применения в условиях возникновения аварийного положения.

**Ключевые слова:** морские нефтегазовые сооружения, сейсмические нагрузки, метод конечных элементов, 3D модель, нагрузки и воздействия.

Рост мирового потребления углеводородного сырья и истощение его запасов на суше активизировали поисково-разведочные работы и нефтегазодобычу на шельфе и континентальном склоне Мирового океана, приведшие к открытию многочисленных морских нефтегазоносных бассейнов (НГБ), многие из которых являются продолжением НГБ суши[1].

Проводимое на многих акваториях Мирового океана активное освоение ресурсов углеводородов практически повсеместно сопровождается авариями и катастрофами с выбросами нефти и газа из поисково-разведочных и эксплуатационных скважин, разливами нефти и нефтепродуктов, а также гибелью людей. Эти трагические события могут быть обусловлены различными причинами, среди которых выделяются техногенные, природные и природно-техногенные[2]. Причинами техногенных аварий и катастроф на морских буровых платформах могут стать неблагоприятные погодные условия, деформация элементов конструкции в результате сейсмического воздействия, столкновение танкеров с платформами, утечка углеводородов с последующим взрывом, а также ошибочное или неправильное принятие решений обслуживающим персоналом в критических ситуациях, обусловленных отказами оборудования и систем противоаварийной защиты.

---

Необходимость анализа конструкции опорного блока (ОБ) морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) при возникновении чрезвычайных ситуаций продиктована возможными рисками, влекущими за собой разрушение конструкций, гибель людей. Уникальность конструкции обуславливает тщательное исследование распределения напряжений и усилий [3]. Для проверки прочности и устойчивости элементов конструкции, оценки напряженно-деформированного состояния сооружения используется программный комплекс «ЛИРА-САПР».

В данной работе будут рассмотрены два типа конструкции ОП МЛСП – металлический кесонного типа и железобетонный моноопорного типа, представлен сравнительный анализ реакций конструкций на нагрузки от таких чрезвычайных ситуаций, как столкновение с танкером и взрыв бурильной колонны[4]. По результатам анализа выбирается наиболее устойчивое в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций сооружение.

На рис. 1, рис.2 представлены конечно-элементные модели ОБ в ПК «ЛИРА-САПР».

Опорный блок из металлических материалов, представляет собой стальную объемную десятигранную конструкцию кесонного типа, имеющую в зоне воздействия льда наклонные стенки для лучшего восприятия ледовых нагрузок и разрушения ледовых образований[5]. Конструкция обшита листами с палубами и переборками, которые делят опорный блок на отсеки. Высота конструкции составляет 16,7 м.

Опорный блок из железобетона (ЖБ) представляет собой цилиндрическое железобетонное сооружение моноопорного типа различного сечения. Высота конструкции 95 метров.

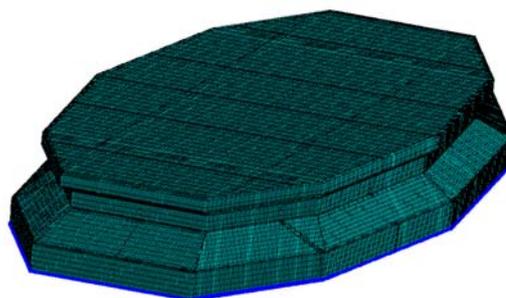


Рис. 1. – Конечно-элементная модель ОБ из металла в ПК «ЛИРА-САПР»

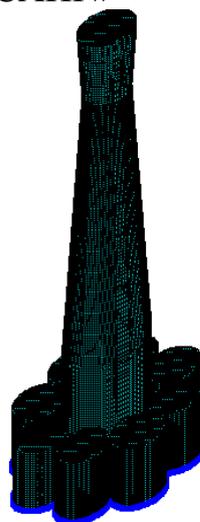


Рис. 2. – Конечно-элементная модель ОБ из ЖБ материала в ПК «ЛИРА-САПР»

Для расчетных схем ОБ произведено формирование модели грунтового основания[6] в программе «ГРУНТ» программного комплекса «МОНОМАХ». Для металлической конструкции использовано грунтовое основание месторождения «Ракушечное» Каспийского моря, а для железобетонного сооружения – месторождения «Победа» Карского моря. Это обусловлено тем, что сами конструкции были спроектированы в соответствии с требованиями нормативной документации и предварительно рассчитаны на прочность и устойчивость в гидрометеорологических условиях указанных месторождений.

Далее была смоделирована динамическая нагрузка от сейсмического воздействия[7]. Приняты характеристики для оценки сейсмического воздействия.

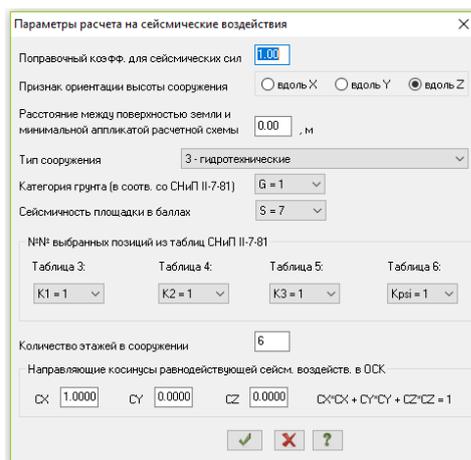


Рис. 3. – Задание параметров расчета на сейсмическую нагрузку в ПК «ЛИРА-САПР»

где коэффициент  $K_0$  - превышение определяется назначением сооружения по таблице;

$K_1$  - учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений, принимается по таблице 4 [8];

$K_{\psi}$  - коэффициент, учитывающий способность зданий и сооружений к рассеиванию энергии, принимается по таблице 5 [8].

Затем в новых загрузках задаются динамические нагрузки[9], имитирующие столкновение с танкером и крушение вертолета.

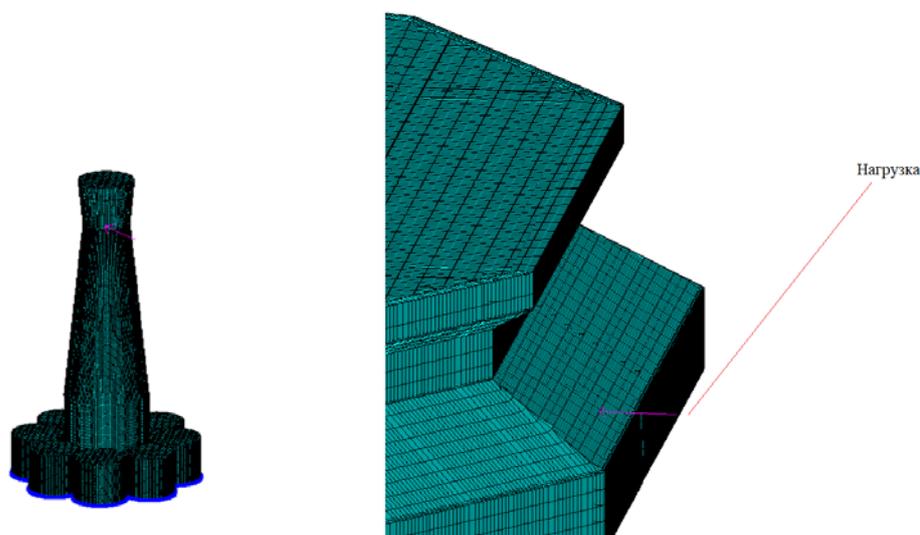


Рис. 4. – Задание нагрузки от столкновения с танкером в ПК «ЛИРА-САПР»

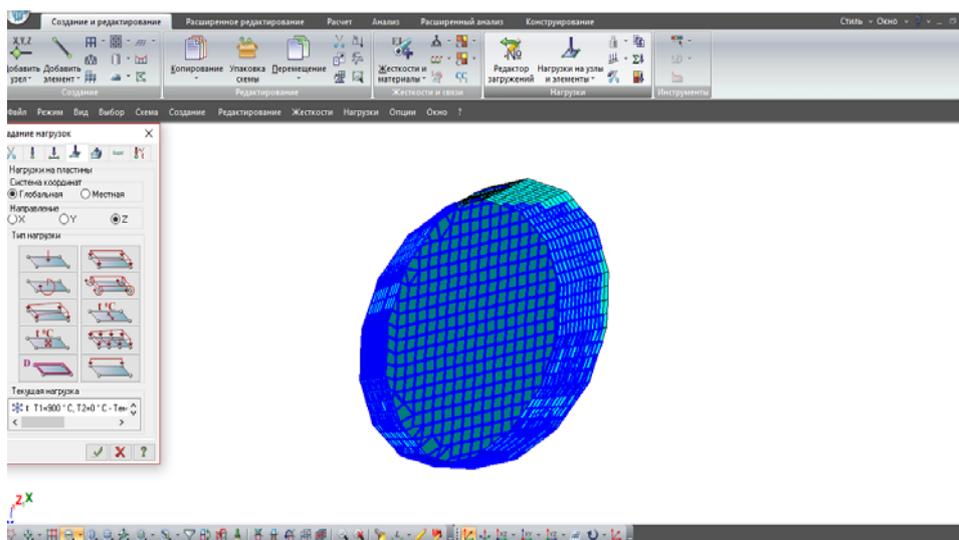


Рис. 5. Задание нагрузки от взрыва на палубы в ПК «ЛИРА-САПР»

Производится расчет схемы.

Результаты расчета для сейсмической нагрузки приведены в таблице 1

Таблица № 1

Перемещения по оси Z при воздействии сейсмической нагрузки, мм

Магнитуда, балл	Тип ОП	
	Металл	ЖБ
7	3,55	0.454
8	56,77	15,23
9	870	382

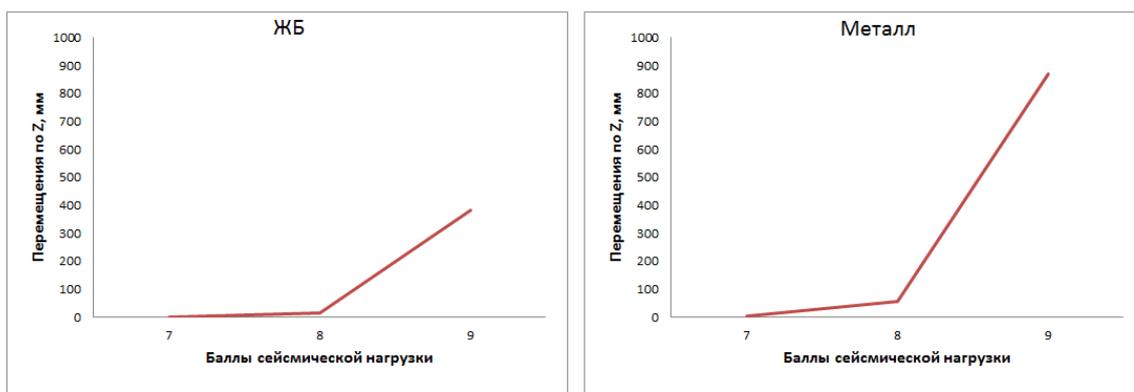


Рис. 6. Графики зависимости перемещения по оси Z от балльности сейсмической нагрузки

Таблица № 2

Перемещения по оси Z при воздействии нагрузки от взрыва, мм

Тип ОП	
Металл	ЖБ
35,4	11,32

Таблица № 3

Перемещения по оси X при воздействии нагрузки от столкновения с танкером, мм

Тип ОП	
Металл	ЖБ
11,19	5,45

Изучив графики зависимостей на рис. 6 и сопоставив результаты расчета в таблице 1, можно сделать вывод, что изделия из ЖБ материала более устойчивы к восприятию сейсмической нагрузки[10]. Также сравнительный анализ, приведенный в таблицах 2, 3 показал, что наибольшие показатели перемещений (прогибов) по различным направлениям осей от нагрузок при возникновении аварийных ситуаций преобладают в опорном блоке из металлических материалов.

Таким образом, становится очевидно, что наиболее приемлемым материалом ОБ для работы в сейсмических районах и в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций является железобетон.

### Литература

1. Бережной К.Г., Вербицкий С.В. Типы морских технологических платформ: их преимущества и недостатки // Журнал "Морские интеллектуальные технологии". 2015. № 3 (29). с. 33–46.



2. Martin Storheim, Jørgen Amdahl //Design of offshore structures against accidental ship collisions Marine Structures, Volume 37, July 2014, pp. 135-172.

3. Габова, В.В., Дегтярева Д.С. Методика расчета на прогрессирующее обрушение конструкций МНС в ПК «ЛИРА-САПР» // Научно-технический журнал "Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море". 2017. № 9. с. 23-25.

4. Naeim Nouri Sami Chapter 3: Systems and Equipment for Offshore Platform Design // Practical Engineering Management of Offshore Oil and Gas Platforms, 2016. pp. 213-346.

5. Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Ладная Е.В. Рациональное проектирование элементов пространственного каркаса здания // Инженерный вестник Дона, 2017. №1 URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3989.

6. Курочкина И. В., Милохова В. И., Мокшанова Р. А., Воронкова Г.В. Решение пространственных стержневых систем с большим перемещением узлов методом конечных элементов в смешанной форме // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 7-3 (61). с. 45-50.

7. Перфилов В.А., Габова В.В. Применение смешанной формы метода конечных элементов к расчетам морских нефтегазовых сооружений // Научно-технический журнал "Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море". 2013. № 11. с. 26-28.

8. Габова, В.В., Перфилов В.А., Орешкин Д.В. Проектирование морских нефтегазовых сооружений (МНГС) с использованием систем автоматизированного проектирования //Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2014. № 4. с. 47-49.

9. Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Цуриков С.Г., В.И. Лукьянов В.И. Расчет железобетонного каркаса здания с учетом аварийного воздействия во временной области // Инженерный вестник Дона, 2015. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2886.

---



10. Кравченко Г.М, Труфанова Е.В., Костенко Д.С. Исследование характера распределения нагрузок в расчетных схемах МКЭ // Новый университет. Серии: Технические науки. 2015. №1-2 (35-36). с. 118-122.

### References

1. Berezhnoy K.G, Verbitsky S.V. Morskie intellektualnyeologii. 2015. No. 3 (29). pp. 33-46.

2. Martin Storheim, Jørgen Amdahl. Design of offshore structures against accidental ship collisions Marine Structures, Volume 37, July 2014, pp. 135-172.

3. Gabova, V.V., Degtyareva D.S. Stroitelstvo neftyanih I gazovyh skvajin na sushe i na more. 2017. N. 9 p. 23-25.

4. Naeim Nouri Sami. Practical Engineering Management of Offshore Oil and Gas Platforms, 2016. pp. 213-346.

5. Kravchenko G.M., Trufanova E.V., Ladnaya E.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017. №1. URL: [vdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3989G.M](http://vdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3989G.M).

6. Kurochkina I. V., Milohova V. I., Mokshanova R. A., Voronkova G. V. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2017. № 7-3 (61). p. 45-50.

7. Perfilov V.A, Gabova V.V. Stroitelstvo neftyanih I gazovyh skvajin na sushe i na more. 2013. No. 11. p. 26-28.

8. Gabova, V.V, Perfilov V.A, Oreshkin D.V. Stroitelstvo neftyanih I gazovyh skvajin na sushe i na more. 2014. N.4. p. 47-49.

9. Kravchenko G.M., Trufanova E.V., Curikov S.G., Luk'yanov V.I. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2886](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2886).

10. Kravchenko G.M, Trufanova E.V., Kostenko D.S. Novyj universitet. Serii: Tekhnicheskie nauki. 2015. №1-2 (35-36). p. 118-122.