

УДК 624.03

**ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОПОРНЫХ КОЛОНН
И КОРПУСА СПБУ***Лившиц Б.Р.**Публичное Акционерное Общество «ЦКБ «Коралл», г. Севастополь*

Постановка проблемы и ее связь с научными и практическими задачами. В ближайшие годы в Украине планируется усиленное освоение шельфа Черного и Азовского морей. Современные СПБУ «Петр Годованец» и «Независимость» (проект Kappel FELS, Class B Mod V) будут использованы наряду с СПБУ «Сиваш» и «Гаврида» (проект ЦКБ «Коралл», 1540), бывшими в эксплуатации с конца прошлого века.

Общий вид упомянутых СПБУ показан на рисунках 1 – 3.

СПБУ «Амазон» (проект модернизации компании GustoMSC) будет эксплуатироваться на шельфе Азовского моря. В условиях украинского шельфа, кроме традиционных нагрузок от ветра, течения и волнения необходимо учитывать *сейсмическую нагрузку*, т.к. в зависимости от района работ ускорение грунта может составлять около $a=2-3 \text{ м/с}^2$.

Для корректного определения усилий в опорной колонне как наиболее ответственном элементе подобной платформы необходимо четко представлять распределение внутренних усилий (осевых сил и моментов). Это распределение зависит не только от внешних нагрузок, но и от распределения веса конструкций, запасов и оборудования, а также деформативности корпуса.

В настоящей статье рассматриваются вопросы корректного определения усилий в опорных колоннах СПБУ.

Анализ последних исследований и публикаций. Специальные исследования, посвященные работам самоподъемным платформам опубликованы в [1-3]. В перечисленных исследованиях рассмотрены вопросы обоснования конструктивного типа и распределения усилий в зависимости от жесткости, однако основное внимание было уделено прочности опорных колонн.

Сходные вопросы исследованы в [4,5], с той разницей, что корпус самоподъемной платформы идеализирован как весьма жесткий и распределение усилий по хордам одной из колонн учитывается путем введения коэффициента неравномерности.

В целом можно утверждать, что проблемы влияния жесткости корпуса и системы перевязки (включения шахт опорных колонн в общий изгиб) на распределение усилий между конструкциями самого корпуса и колоннами изучены недостаточно.

Учет данных факторов крайне важен, поскольку под воздействием экстремальных волновых или сейсмических усилий, соответствующих уровню максимального расчетного землетрясения (МРЗ), возможен переход

конструкций в стадию пластического деформирования и заклинивание механизмов, обеспечивающих спуск-подъем колонн.

Целью исследования является изучение способов конструктивной перевязки опорных колонн и конструкций корпуса.



Рис. 1 –«Cивави»



Рис. 2 –«Незалежність»



Рис. 3 –«Амазон»

Метод решения

В качестве метода решения использован метод конечных элементов, реализованный в программе Лира. Создано несколько вариантов перевязки корпусов СПБУ с опорными колоннами.

Изложение материала

Описание СПБУ с колоннами ферменного типа

Современные СПБУ с ферменными колоннами представляют собой сооружение, корпус которого оснащен тремя или четырьмя трех- или четырехгранными ферменными опорными колоннами с башмаками на нижнем конце. В носовой части корпуса располагается жилой модуль с вертолетной площадкой, а в кормовой расположена выдвигная консоль, на которой устанавливается буровая вышка. Такое архитектурное построение реализовано во всех последних проектах компаний Friede & Goldman, LeTourneau, GustoMSC, KFELS.

Опорные колонны СПБУ, предназначенных для эксплуатации на глубинах моря до 40-50 метров, могут быть непроницаемыми (как, например, в случае СПБУ «Амазон»).

Эксплуатация СПБУ происходит в следующей последовательности: СПБУ, доставленная на точку работы буксирами, опускает к морскому дну опорные колонны, задавливая их в грунт (preload test) и поднимает корпус над поверхностью воды, обеспечивая требуемый клиренс. Снятие СПБУ и уход с месторождения происходит в обратной последовательности.

Схема воздействия нагрузок представлена на рисунке 4.

На рисунке 5 показаны основные элементы опорной колонны и конструкции, воспринимающие усилия. Нагрузка от опорной колонны на корпус передается через портал и направляющие хорд.

На рисунке 6 показана принципиальная схема конечно-элементных стретневых моделей. Основные конструкции корпуса представлены стержнями двугаврового или коробчатого сечения эквивалентной жесткости

(высота такого стержня равна высоте борта СПБУ), а опорные колонны моделируются стержнями, имеющими в сечении окружность.

В таблице 1 представлены варианты расположения основных конструкций корпуса типовой СПБУ (перевязка с опорными колоннами).

Проверка проводится для двух основных режимов:

- рабочее положение (вышка выдвинута консольно);
- задавливание опорных колонн (вышка задвинута и принимается балласт).

На рисунке 7 показано распределение усилий в хордах опорных колонн для вариантов конструктивной перевязки.

На рисунке 8 показано распределение моментов в перекрытии, образуемом основными конструкциями СПБУ (переборки, борта, транцы). Можно заметить, как меняется интенсивность распределения моментов в зависимости от изменения расположения опорных колонн.

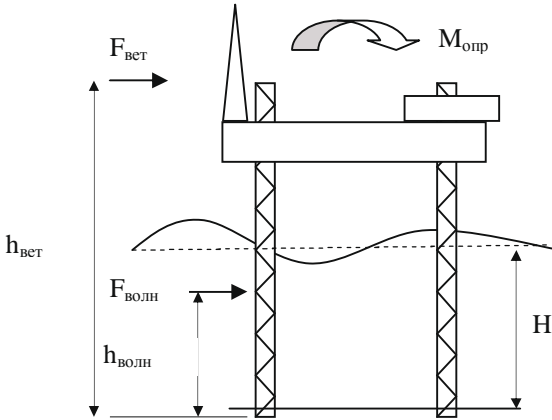


Рис. 4 – Схема нагрузок, действующих на СПБУ



Рис. 5 – Опорная колонна и корпус СПБУ

Таблица 1

Варианты расположения опорных колонн и конструкций для анализа

Вариант	Описание	Усилия МН, МНм
1	Все опорные колонны ориентированы одинаково. Перевязка кормовых колонн выполнена только для кормовых вершин	N =3,81 M =5,3
		N =3,42 M =5,0
2	Кормовые опорные колонны ориентированы вершиной к диаметральной плоскости. Перевязка выполнена только для кормовых вершин	N =3,54 M =5,1
		N =2,89 M =5,2
3	Все опорные колонны ориентированы одинаково. Перевязка выполнена для всех вершин.	N =3,67 M =5,2
		N =3,28 M =5,0
4	Кормовые опорные колонны ориентированы вершиной к диаметральной плоскости.	N =3,54 M =5,1
		N =2,88 M =5,2

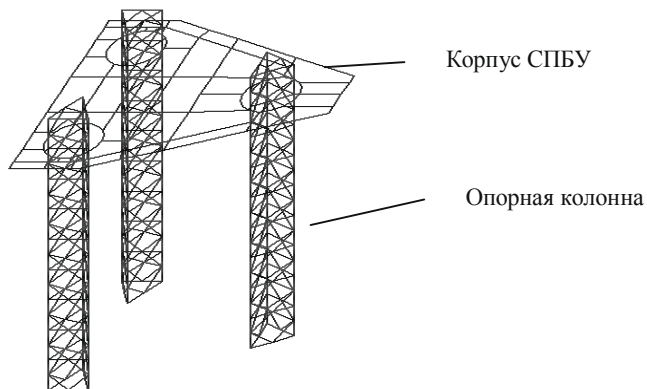
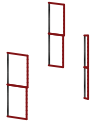
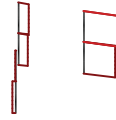


Рис. 6 – Схема КЭМ



Вариант 1



Вариант 2

Рис. 7 – Осевые усилия в хордах опорных колонн (вар. 1 и 2)

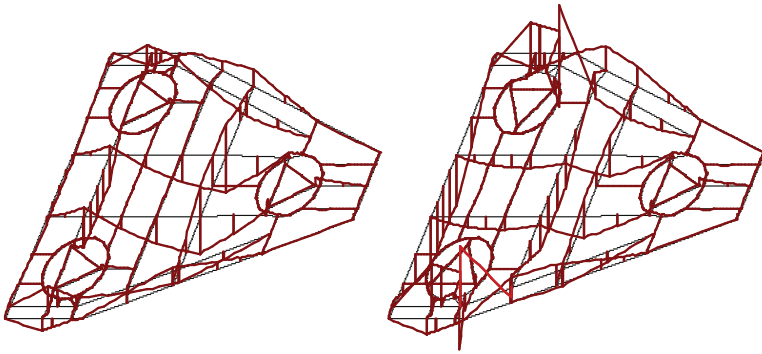


Рис. 8 – Распределение моментов (вар. 3 и 4)

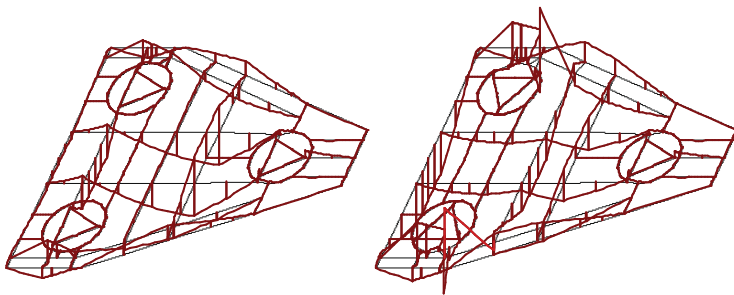


Рис. 9 – Распределение моментов (вар. 1 и 2)

Выводы и перспективы дальнейших исследований.

В условиях украинского шельфа, кроме традиционных нагрузок от ветра, течения и волнения необходимо учитывать сейсмическую нагрузку.

Анализ конструктивных схем СПБУ, расчет с использованием конечно-элементных моделей позволяет судить о том, что на распределение усилий в основных конструкциях корпуса и конструкциях опорных колонн оказывает влияние их взаимное расположение и способ соединения конструктивных элементов.

Колонна для конструкций корпуса представляет собой податливую опору. У конструкций корпуса в районе опоры возникает ярко выраженный опорный момент.

Осевые силы в опорных колоннах распределяются неравномерно, поэтому проектировщики должны учитывать этот факт.

Распределение усилий в опорных колоннах зависит в большей степени от конструктивной перевязки, а не от ориентации по отношению к центру тяжести.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Галахов М.Н. Плавучие буровые платформы (конструкция и прочность)/ М.Н.Галахов, О.Е.Литонов, А.А.Алисейчик – Л.: Судостроение, 1986 – 224 с.
2. Галахов М.Н. Прочность и конструкция сооружений и судов для освоения минеральных ресурсов океана / И.Н.Галахов// Вопросы судостроения; Сер. Проектирование судов. 1976. – вып. 9. – С. 13 – 18.
3. Литонов О.Е. Оценка экстремальных нагрузок на самоподъемные буровые установки при совместном действии волнения и ветра /О.Е.Литонов // Л.: Судостроение, 1977. – № 1. – С. 14 – 15.
4. The jack – up Drilling Platform. Design and Operation. Edited by L.F.Boswell Department of Civil Engineering. The City University, London, Gulf Publishing Company, Houston, London, Paris, Tokyo, 1986 – 328 p.
5. Ясюк В.Н. Самоподъемные плавучие буровые установки. Учебное пособие под редакцией Лившиц Б.Р./ В.Н.Ясюк, Б.Р.Лившиц, В.Г. Витрик, Р.С. Яремийчук// Львов.: «Центр Европы», – 2011 – 435 с.