

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЬДА НА ЛЕДОСТОЙКУЮ ПЛАТФОРМУ

Семенов Д.А.¹, Ларин А.Г.¹, Крапивин В.В.¹

¹ Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия (603600, ГСП-41, г. Н. Новгород, ул. Минина, 24, корпус 5), e-mail: ship@nntu.nnov.ru

В статье представлен один из путей решения задачи по моделированию и оптимизации параметров формы основания буровой платформы. Исследования проводились на разных моделях буровых платформ и в разных ледовых условиях. Для моделирования использовалось обратное движение, то есть не лед натекал на модель, а модель двигалась во льду. Для осуществления обратного движения специально была разработана схема измерения, а также спроектирована и построена буксировочная тележка для ледового бассейна НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Для подобных испытаний потребовалось модернизировать и сам бассейн, краткое описание изменений представлено в данной статье. В качестве модели сплошного льда использовался естественный лед, который не позволяет пересчитать модельные испытания на натуру по классической теории моделирования. Для пересчета модельных испытаний на натуру приведены формулы, полученные при физическом и математическом моделировании.

Ключевые слова: ледостойкая платформа, ледовый опытовый бассейн, модель естественного льда, континентальный шельф, ледовое сопротивление.

THE ICE IMPACT ESTIMATION METHOD ON SLEETPROOF PLATFORM

Semenov D.A.¹, Larin A.G.¹, Krapivin V.V.¹

¹ Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia (603600, Nizhny Novgorod, street Minina, 24/5), e-mail: ship@nntu.nnov.ru

In this paper the one of the ways of problem solving of the base form parameters modeling and optimization of drilling platform is presented. The different models of drilling platforms and in different ice conditions were spent. The inverse motion for modeling was used, i. e. ice not accumulated on model, and the model moved in ice. The measuring circuit for inverse motion realization is specially developed, as well as the towing cart for NSTU n.a. R.E. Alekseev ice experimental model basin is designed and constructed. For similar tests the ice basin was required to redesigned too. In this paper the changes concise description is presented. The natural ice in the capacity of compact ice model is used. But in this case the dummy tests recalculation for nature by classical modelling theory is impossible. Applying physical and mathematical modeling for this problem solving formulas were obtained.

Keywords: sleetproof platform, ice experimental model basin, natural ice model, continental shelf, ice resistance.

По различным данным морские ресурсы нефти и газа составляют от 50 до 60 % от общемировых ресурсов. И если добыча нефти на суше ведется уже более 80 лет, а морская нефтедобыча разворачивается лишь в последние 15-20 лет, то понятно, что основные надежды на неиспользованные ресурсы связываются с дальнейшим расширением морской нефтедобычи. Однако среди трудностей, встречающихся на этом пути основная - слабая геолого-геофизическая изученность акваторий Мирового океана [4]. Конструкции буровых установок, сооружаемые на морских территориях, зависят от их глубины. Различают самоподъемные буровые платформы, полупогружные буровые платформы и буровые платформы гравитационного типа. Недостатком полупогружных платформ является возможность их перемещения относительно точки бурения под воздействием волн. Более устойчивыми являются буровые платформы гравитационного типа.

Буровые платформы гравитационного типа (gravity-type drilling platforms) - снабжены мощным бетонным основанием, опирающимся на морское дно. В этом основании размещаются направляющие колонны для бурения и ячейки-резервуары для хранения добытой нефти и

дизельного топлива, используемого в качестве энергоносителя, многочисленные трубопроводы. Элементы основания доставляются к месту монтажа в виде крупных блоков. Все типы буровых платформ должны выдерживать напор волн высотой до 30 м, хотя такие волны встречаются раз в 100 лет [2].

Кроме того для добычи углеводородов на шельфе замерзающих морей используются ледостойкие платформы. Они могут удерживаться на месте с помощью только силы гравитации под собственным весом. Известно достаточно много стационарных платформ гравитационного типа, предназначенных для работы в замерзающих акваториях континентального шельфа. Как правило, опорные блоки этих платформ выполнены из одного конструкционного материала: стали или железобетона [3].

К основным видам ледовых нагрузок, действующих на морские гидротехнические сооружения, относятся воздействие дрейфующего ледяного ровного или торосистого ледяного поля, подвижки льда, температурное расширение ледяного покрова, действие примерзшего ледяного покрова при колебаниях уровня воды, навал льда [5].

При подвижке ледяных полей возникает опасность, что ледостойкая платформа может быть сдвинута с места. При этом возникает опасность разрыва трубопроводов и разлива нефти в море. Чтобы предотвратить данную ситуацию необходимо проводить исследования. Ввиду того, что реальный процесс взаимодействия носит сложный характер и зависит от множества случайных факторов, которые крайне трудно учесть, необходимо проводить модельные испытания.

Выполняемая работа является составной частью НИР, заказанная ООО «Комплексные Инновационные Технологии» (ООО «КИТ») в НГТУ им. Р.Е. Алексеева в рамках договора № 13/2207 от 03.09.2013 г.

С целью определения усилий со стороны ледяного покрова на проект ледостойкой платформы были проведены модельные испытания трех вариантов моделей ледостойкой платформы. Одна из моделей платформы показана на рисунках 1,2. Модели были выполнены в масштабе 1:150.

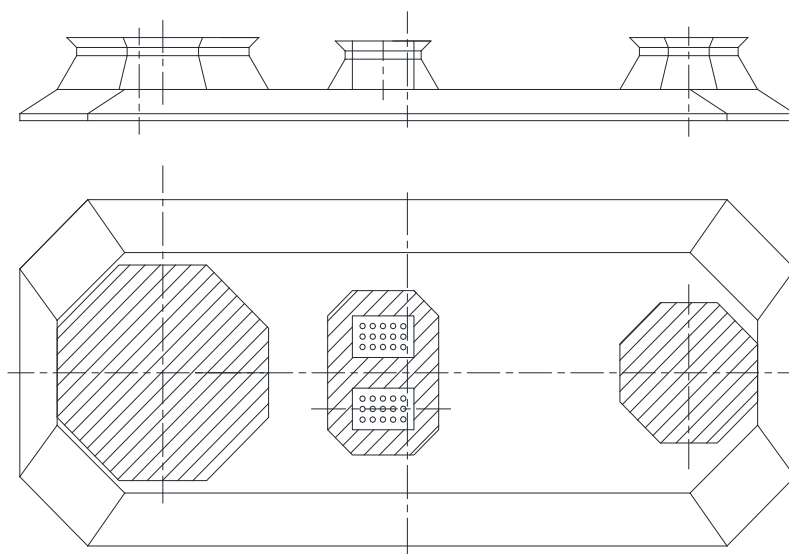


Рис. 1. Схема одного варианта модели ледостойкой платформы

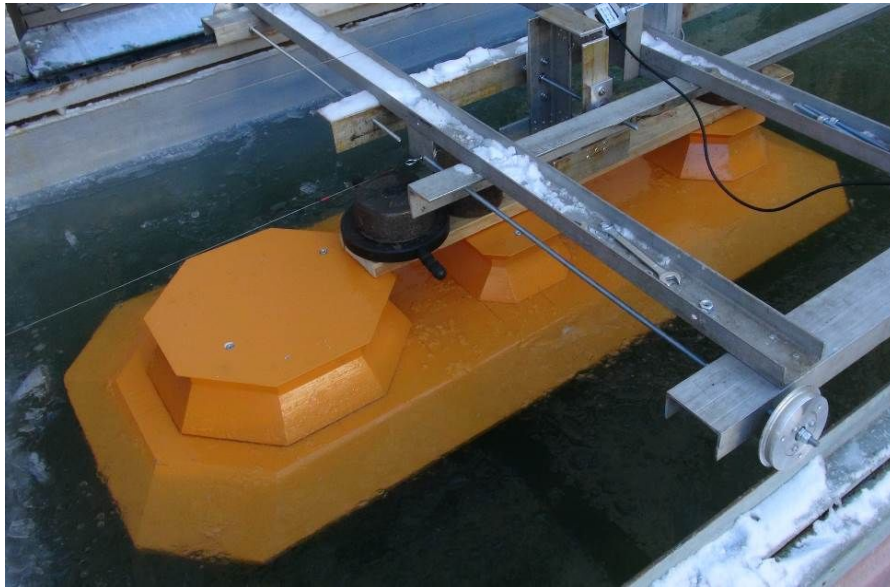


Рис. 2. Общий вид одного варианта модели ледостойкой платформы

Испытания проводились в модели сплошного естественного льда. Для моделирования воздействия льда на ледостойкую платформу использовалось обращенное движение. Модель с помощью буксировочной системы протягивалась сквозь ледовое поле с заданной скоростью и определялось среднее и максимальное усилие воздействия на модель платформы.

В 2013-2014 году была проведена модернизация научно исследовательской лаборатория «ледовый опытовый бассейн», вызванная проведением испытаний несамоходной модели ледостойкой платформы. Модернизация затронула многие системы ледового бассейна. Общее описание лаборатории изложено в [1].

В опытовый ледовый бассейн наливалась пресная вода. Лед намораживался естественным способом при отрицательных температурах наружного воздуха. На возможность такого подхода указывал еще Л.М. Ногид [8]. После образования ледяного покрова на поверхности воды перед началом эксперимента во льду сверлилось отверстие с целью предварительной оценки толщины намороженного льда. Толщина льда определялась с помощью мерной линейки.

Многие считают, что естественный пресный лед нельзя использовать при моделировании, так как он имеет повышенную прочность по сравнению со строгой теорией моделирования. Однако при использовании естественного льда компенсировать повышенную прочность при изгибе можно меньшей толщиной, чем требуется (моделируется разрушение ледяного покрова) [6]. При моделировании обеспечивается равенство безразмерных прогибов. При этом картина разрушения льда в плане будет подобна, следовательно, одинаковыми будут число и расположение точек контакта объекта со льдом.

Данный метод моделирования позволяет расширить объемы модельных исследований, используя для них открытые бассейны и естественные водоемы, а также производить испытания крупномасштабных и полунатурных моделей.

Оценить реальное воздействие сплошного ледяного покрова на конструкцию сложно. Это

вызвано различными факторами. Однако усилие не может превышать усилие разрушения ледяного покрова. Поэтому при моделировании определялось усилие, необходимое для разрушения сплошного ледяного поля, т.к. данные усилия максимальны и превышают усилия взаимодействия с битым льдом. Таким образом определялась верхняя граница усилия взаимодействия с платформой при движении с нулевым курсовым углом.

Для буксировки модели была специально разработана буксировочная тележка, к которой подвешивалась модель платформы и устанавливался динамометр. Схема тележки показана на рисунке 3. С целью уменьшения сопротивления число подвижных узлов было спроектировано минимальным. Это позволило уменьшить силу сопротивления трения. Кроме этого, была выполнена работа по установке направляющих рельсов на планшири ледового бассейна на равном расстоянии друг от друга.

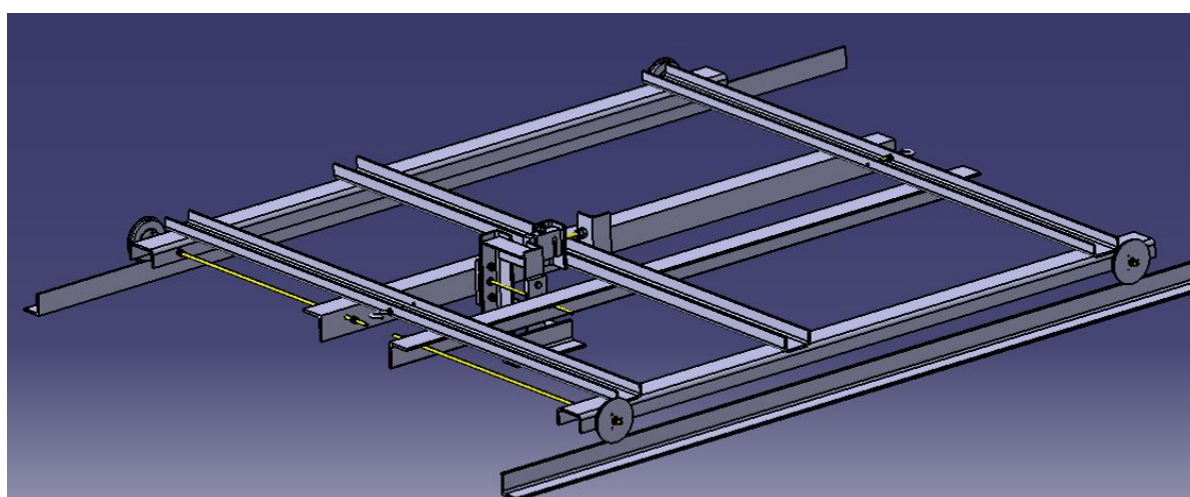


Рис. 3. Схема буксировочной тележки

Буксировочная тележка показана на рисунке (рис. 4).

Для исключения соскальзывания тележки с направляющих рельсов, была разработана специальная конструкция колес тележки. Колеса были выточены из алюминиевого сплава АМг5. Для уменьшения трения колеса одеваются на ось через радиальный подшипник скольжения. Был предусмотрен бурт, который предотвращал соскальзывание тележки с направляющей. Для исключения трения боковой поверхности бурта о направляющую, бурт был сделан с уклоном 12 градусов.

Усилие от ледяного покрова передается на универсальный динамометр ДОУЗ-1 через специальный узел. Он представляет собой раму, снизу на которую вешается модель. Рама крепится на тележке с помощью оси, относительно которой она может свободно поворачиваться. Верхний конец рамы упирается в динамометр и передает усилие от модели на него. Для устранения зазора в начальный момент рама поджимается к динамометру с помощью специальной пружины.



Рис. 4. Буксировочная тележка

Для записи скорости и усилия сотрудниками радиоэлектронного института НГТУ им. Р.Е. Алексеева был разработан специальный прибор для записи показаний на ЭВМ и программное обеспечение для него. Для измерения скорости предусмотрен частотомер. Ведущий шкив вращается с помощью буксировочного груза. На диске шкива на заданном радиусе равномерно насверлены отверстия. При прохождении отверстия мимо светодиодного датчика образуется импульс. Подсчитывается количество импульсов и определяется скорость и характер движения (равномерный или ускоренный). Одновременно производится запись усилий на динамометре. Запись производится в виде массива данных в блокнот. Это позволяет производить их последующий импорт в EXCEL и обработку с помощью стандартных функций статистической обработки.

Схема усилий, действующих на модель при движении, показана на рисунке 5.

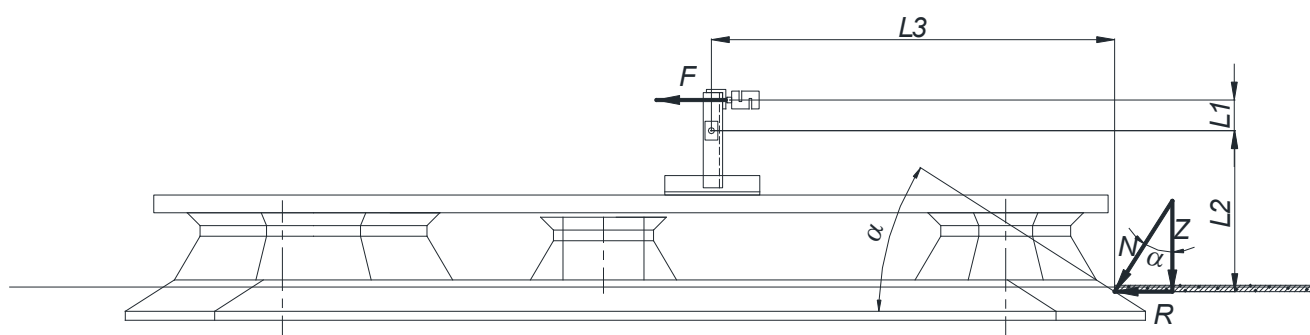


Рис. 5. Схема усилий, действующих на модель

Расчет горизонтального усилия (сопротивления) R при движении модели производится по формуле:

$$R = \frac{F \cdot L_1 \cdot \sin \alpha}{L_2 \cdot \sin \alpha + L_3 \cdot \cos \alpha} \quad (1)$$

При установке модели необходимо померить плечи L_1, L_2, L_3 . Угол α определяется по чертежу модели и составляет 33 градуса.

Пересчет на натуру осуществляется по следующим зависимостям [1,8]:

$$h_n = \lambda^{4/3} \cdot \lambda_E^{-1/3} \cdot h_m, \quad (2)$$

$$F_n = \lambda^3 \cdot F_m, \quad (3)$$

$$v_n = \sqrt{\lambda} \cdot v_m, \quad (4)$$

где

$$\lambda_E = \frac{E_n}{E_m} - \text{масштаб модулей упругости,}$$

$$\lambda = \frac{L_n}{L_m} - \text{геометрический масштаб,}$$

v_n, v_m - скорость движения натурального и модельного ледяного покрова,

F_n, F_m - сопротивление для модели и натурального терминала.

Проведенные испытания позволяют оценить способность натурной ледяной платформы противостоять усилию ледяного покрова и имеют важное практическое значение на начальных стадиях проектирования.

Список литературы

1. Беляков В.Б., Грамузов Е.М. Ледовый опытовый бассейн Горьковского политехнического института // Теория и прочность ледокольного корабля: Межвуз. сб. науч. тр. / Горьков. политехн. ин-т.- Горький, 1982.- с.20-22.
2. Буровой портал [Электронный ресурс], URL: <http://www.drillings.ru/www/files/burplatformi.html>. (Дата обращения 26.05.2014).
3. Вербицкий С.В.; Кулаков Ю.П.; Литонов О.Е.; Палий О.М.; Пашин В.М.; Подгорный Л.Н.; Шапошников В.М. Композитная сталежелезобетонная буровая платформа гравитационного типа. Описание изобретения к патенту Российской Федерации. Заявка: 98119829/13. Дата подачи заявки: 03.11.1998.
4. Горная энциклопедия [Электронный ресурс], URL: <http://prom.nnov.org>. (Дата обращения 26.05.2014).
5. Зуев В.А., Грамузов Е.М. Взаимодействие судов со льдом: Учеб. пособие.- Горький: Горьков. политехн. ин-т, 1988.– 89 с.
6. Зуев В.А., Грамузов Е.М., Семенов Д.А. Новые возможности модельных исследований

ходкости ледоколов. Известия Волгоградского государственного технического университета. 2013. Т. 10. № 20 (123). С. 23-26.

7. Ионов Б.П. Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судов. – СПб.: Судостроение. 2001. – 512с.

8. Ногид, Л.М. Моделирование движения судна в сплошном ледяном поле и в битых льдах. Труды ЛКИ, вып. XXVIII. – Л. - С.179-185.

Рецензенты:

Зуев В.А., д.т.н, профессор, заведующий кафедры «Кораблестроение и авиационная техника» НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород.

Грамузов Е.М., д.т.н, профессор кафедры «Кораблестроение и авиационная техника» НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород.