

В. Н. Савинов, А. В. Жульев

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВНЕШНИХ СИЛ,
ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ОПОРНЫЙ БЛОК
СТАЦИОНАРНОЙ БУРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ,
ПРИ СБРОСЕ ЕГО С ТРАНСПОРТНОЙ БАРЖИ
НА РЕГУЛЯРНОМ МОРСКОМ ВОЛНЕНИИ**

V. N. Savinov, A. V. Zhuliev

**RESEARCH OF CHANGE OF THE EXTERNAL FORCES
OPERATING ON THE BASIC BLOCK
OF THE STATIONARY DRILLING PLATFORM,
AT ITS DISCHARGE FROM THE TRANSPORT BARGE
IN CONDITIONS OF REGULAR SEA DISTURBANCE**

Опорные блоки морских глубоководных платформ целесообразно доставлять к месту постановки на специализированных баржах, обеспечивающих сброс опорного блока в условиях регулярного волнения. Приводятся результаты численных экспериментов сброса опорного блока с транспортно-спусковой баржи на регулярном волнении и анализируется влияние параметров волнения (h – высота волны, λ – длина волны) на изменение внешних сил и дифферента баржи и блока. Показана возможность сброса блока на регулярном волнении, более того, придание барже скорости хода уменьшает время сброса и снижает гидродинамические нагрузки на блок.

Ключевые слова: шельф, морская стационарная платформа, транспортная баржа, опорный блок, продольный сброс, регулярное морское волнение, внешние силы.

It is expedient to deliver basic blocks of sea deep-water platforms to a statement place using the specialized barges providing discharge of the basic block in conditions of regular disturbance. The results of numerical experiments of discharge of the basic block from the transport triggering barge in conditions of regular disturbance are given, and the influence of parameters of excitement (h – wave height, λ – wave length) on change of external forces and a barge and block trim is analyzed. The possibility of discharge of the block in conditions of regular disturbance is shown; moreover, increasing the barge's speed reduces time of discharging and reduces hydrodynamic loadings on the block.

Key words: shelf, sea stationary platform, transport barge, basic block, longitudinal discharge, regular sea disturbance, external forces.

Введение

Россия обладает самым обширным морским континентальным шельфом в мире, в недрах которого сосредоточены богатейшие запасы полезных ископаемых, и в первую очередь углеводородов, являющихся важным стратегическим сырьем, имеющим повышенный спрос. Для обустройства глубоководных месторождений нефти и газа, например такого, как Штокмановское газоконденсатное месторождение в Баренцевом море, требуется создание сложных, необычных по размерам и массам стационарных платформ, доставка и монтаж которых в условиях моря являются рискованными, трудоемкими и дорогостоящими операциями. Среди большого разнообразия технических средств широкое применение нашли стационарные свайные платформы со сквозным опорным блоком. Их доставка от места постройки к месту постановки на морское дно часто осуществляется с использованием специальных саморазгружающихся транспортных барж. Проведение всего комплекса морских технологических операций, включая подготовительные расчетные обоснования в процессе проектирования сооружений континентального шельфа, связано с решением ряда проблем. Одной из них является сброс массивных крупногабаритных конструкций, таких как опорные блоки буровых платформ, с транспортного средства. На стадии проектирования, в числе многих других, проводятся также расчеты по определению внешних сил и моментов, действующих на блок и баржу при сбросе. Это необходимо для решения вопросов о достаточной устойчивости веза «блок + баржа» и безопасного напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов блока при проведении продольного сброса. Вопросы, связанные с особен-

ностями сброса блока на тихой воде, решались ранее в [1–5]. Цель данной работы – провести анализ изменения внешних сил, действующих на сбрасываемую конструкцию, при сбросе ее на регулярном волнении, когда параметры волнения меняются. При этом программа «Sbros» была дополнена алгоритмами вычисления параметров регулярного волнения, ветра и вычисления характеристик блока и баржи (погруженный объем, площадь действующей ватерлинии), работающих в условиях волнения. Методика расчета погруженного объема и действующей площади ватерлинии для блока и баржи на регулярном волнении представлена в [6].

Задачи и объекты исследования

Нами были проведены численные расчеты и исследования, которые позволили решить следующие задачи:

- определить, как изменяется величина внешних нагрузок на блок при его сбросе с баржи на регулярном попутном волнении;

- определить, как влияет на величину внешних нагрузок изменение скорости хода баржи;

- определить, как влияют меняющиеся внешние нагрузки блока на дифферент баржи.

Решение этих задач необходимо для ответов на следующие вопросы: возможно ли проводить продольный неуправляемый сброс опорного стального блока на регулярном волнении, когда воз «блок + баржа» ориентированы по ветру; как отразятся нагрузки, вызванные волнением, на параметрах блока и баржи при продольном сбросе.

Расчеты выполнялись для натуральных объектов. Транспортно-спусковая баржа имела длину корпуса 163 м, ширину – 45 м, высоту борта до главной палубы – 12 м. Опорный блок – пирамидальный, восьмистоечный, квадратный в плане, имел высоту 238 м, массу 19 800 т, габариты оснований: верхнего – 49,1 × 49,1 м и нижнего – 85,2 × 85,2 м. Сечения трубчатых стоек блока: $D = 1\ 820$ мм и $\delta = 50$ мм; толщина металла труб δ других стержней находилась в пределах от 45 до 12 мм.

Корпус баржи имеет форму понтона с вертикальной транцевой кормой. В носовой части расположено машинное отделение, над которым предусмотрена надстройка с жилыми помещениями на 8 членов экипажа. Перед надстройкой расположена гидравлически опускаемая и поднимаемая рубка.

Конструктивной особенностью транспортно-спусковой баржи является наличие на главной палубе двух дорожек. Каждая дорожка имеет длину 120 м, ширину – 4,7 м, высоту – 2,1 м. По этим дорожкам осуществляется перемещение опорного блока как в режиме подтягивания (при надвиге блока на баржу), так и в режиме толкания (при спуске блока с баржи). Дорожки в кормовой части заканчиваются двухсекционным коромыслом длиной по 30 м, шириной 3 м. Секции коромысла соединены с корпусом и между собой шарнирами, каждый из которых рассчитан на восприятие максимальной нагрузки 8 500 т. Секция коромысла, связанная с корпусом, может поворачиваться на 30°, крайняя (кормовая) секция – на 90°.

Для облегчения процесса перемещения опорного блока по дорожкам и коромыслам последние покрываются специальными плитами скольжения, которые имеют максимальный коэффициент скольжения по нержавеющей стали примерно 0,08.

В составленной математической модели весь процесс продольного сброса опорного блока разбивался на три основных этапа. Первый – от начала самопроизвольного движения блока до начала поворота коромысел. Второй – от начала поворота коромысел до соскока блока с баржи. Третий – от завершения соскока до положения устойчивого равновесия блока в воде. Условием завершения первого этапа является превышение суммарного момента от сил веса, сопротивления и инерции над моментом от сил поддержания, действующих относительно горизонтальной оси поворотных коромысел. Второй этап заканчивается соскоком блока с коромысел, что определяется сравнением абсцисс крайних точек баржи и блока в неподвижной системе координат.

Допускается, что:

- во время сброса блок совершает плоскопараллельное движение в вертикальной плоскости, которое можно описать системой из шести дифференциальных уравнений первого порядка;

- силы гидростатического поддержания находятся в прямо пропорциональной зависимости от погруженного объема;

- силы гидродинамического взаимодействия элементов блока с жидкостью находятся в прямо пропорциональной зависимости от площади проекции этих элементов на плоскость, перпендикулярную движению, а точка их приложения совпадает с центром величины погруженного объема;

– сопротивление полностью погруженного блока одинаково при всех направлениях его движения, что нашло экспериментальное подтверждение.

Опорные блоки (или их составные части) проектируют с положительным запасом плавучести с таким расчетом, чтобы после сброса блок оставался на плаву, обеспечивая возможность его безопасного перевода из горизонтального или наклонного положения в вертикальное с последующей постановкой на дно. Для решения этого круга задач достаточно выбрать три системы координат: одну неподвижную в пространстве, связанную с поверхностью спокойной воды водоема и две другие – подвижные, связанные с блоком и баржей. Тогда, перемещая начало подвижных систем, относительно начала неподвижной и поворачивая подвижные системы вокруг их начал, можно установить искомые параметры [3].

Результаты численных расчетов

В реальных условиях почти всегда присутствуют ветер и волнение. Кроме того, «идеализированное», так называемое регулярное волнение, часто имеет место в виде волн мертвой зыби на акваториях, где ветер отсутствует. Используемая в данной работе усовершенствованная математическая модель сброса опорного блока глубоководной морской стационарной платформы с саморазгружающейся транспортной баржей, содержащая дифференциальные уравнения движения двух взаимодействующих объектов (баржи и блока), позволяет определить характеристики и положение в пространстве этих объектов в любой момент времени сброса при действии ветра и волнения.

Оценка влияния ветра и волнения на изменение внешней нагрузки на блок и баржу при проведении продольного сброса очень важна для Российского морского регистра судоходства, устанавливающего допустимые значения скорости ветра и балльности волнения, при которых возможно обеспечить безопасное и безаварийное проведение операции продольного сброса блока с баржи.

Теория волн малой амплитуды не дает однозначной связи между высотой и длиной волны [7]. При оценке мореходности судна отсутствующая в этой теории связь между амплитудой (высотой) волны и другими ее кинематическими элементами (длина, скорость бега, частота) устанавливается обычно с помощью формул, полученных из эксперимента. Так, при расчетах качки судов на регулярном волнении широкое применение находит формула Циммермана: $h = 0,17\lambda^{3/4}$, где h – высота волны, м; λ – длина волны, м. Эта формула и была использована в работе. Программа исследования предусматривала проведение расчетов для волн, имеющих длину $\lambda = 40, 60, 80, 90$ м. Этим значениям длины волн соответствовали, согласно формуле Циммермана, значения высоты волн $h = 2,7; 3,66; 4,55; 4,97$ м, характерные для шестибалльного морского волнения. Реакции и силы, действующие на блок, спускаемый на волнении, сопоставлялись со случаем сброса его на тихой воде (рис. 1–5).

Для параметров волн, указанных выше, были проведены расчеты численным методом по усовершенствованной программе «Sbros» и получены значения реакций и сил, действующих на блок и баржу при сбросе. Эти данные были обработаны в среде «Mathcad» и представлены в графическом виде (рис. 1–5). На рис. 6 показано влияние волн с параметрами $\lambda = 60$ м, $h = 3,66$ м и $\lambda = 90$ м, $h = 4,97$ м на изменение дифферента баржи и блока в сопоставлении со сбросом на тихой воде.

Представленные графики получены для случая, когда в начальный момент спуска скорость хода баржи равнялась нулю. Периоды регулярной волны равнялись соответственно $\tau_1 = 5,1$ с, $\tau_2 = 6,2$ с, $\tau_3 = 7,2$ с, $\tau_4 = 7,6$ с.

Анализ представленных графических зависимостей (рис. 1–6) показывает, что:

– при сбросе на волнении с параметрами $h = 2,7$ м и $\lambda = 40$ м изменения величины реакций R_a и R_b незначительны по сравнению с их значениями на тихой воде. Заметно лишь смещение их \min и \max по времени сброса (рис. 1);

– наиболее выраженным оказалось изменение силы F_c и реакций R_a, R_b при сбросе на волнении с параметрами $h = 60$ м и $\lambda = 3,66$ м (рис. 2). Изменения силовых факторов происходят синхронно. Решающая роль в перераспределении величин реакций принадлежит силе поддержания блока F_c . Скачки силы и реакций приходятся на промежуток времени $\Delta T = 5,2 \dots 12$ с. Этому промежутку времени соответствует вошедший в воду объем $\Delta V = (1\ 645 \dots 3\ 383)$ м³. Реакция на опоре $B - R_b$ меняется от $R_b = 1,05 \cdot 10^5$ кН на $T = 6,0$ с до $R_b = 1,33 \cdot 10^5$ кН на $T = 8,81$ с и от $R_b = 1,154 \cdot 10^5$ кН на $T = 9,61$ с до $R_b = 1,5 \cdot 10^5$ кН на $T = 10,4$ с. Реакция $R_b = 1,5 \cdot 10^5$ кН является максимальной, полученной в расчетах. Эта величина превышает значение этой же реакции ($R_b = 1,39 \cdot 10^5$ кН), имеющей место в момент отрыва опоры A от спусковых дорожек, на 7 %. Подобные скачки сил необходимо учитывать в расчетах напряженно-деформированного состояния блока во время сброса.

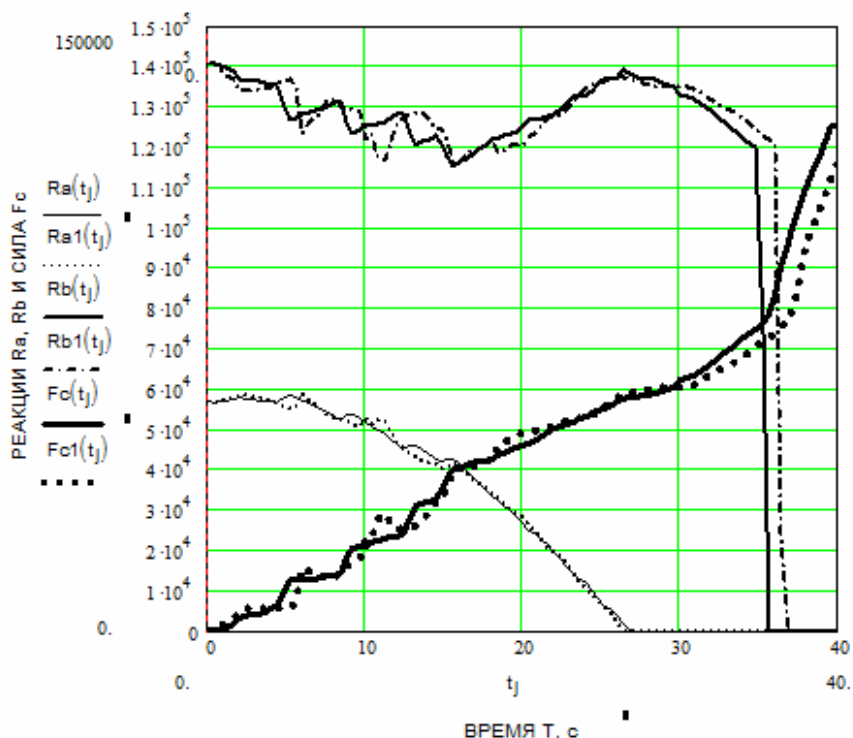


Рис. 1. Изменение реакций Ra, Rb на опорах А, В и силы поддержания блока Fc при сбросе его на тихой воде и, соответственно, Ra1, Rb1, Fc1 при сбросе блока на регулярной волне $\lambda = 40$ м и $h = 2,7$ м

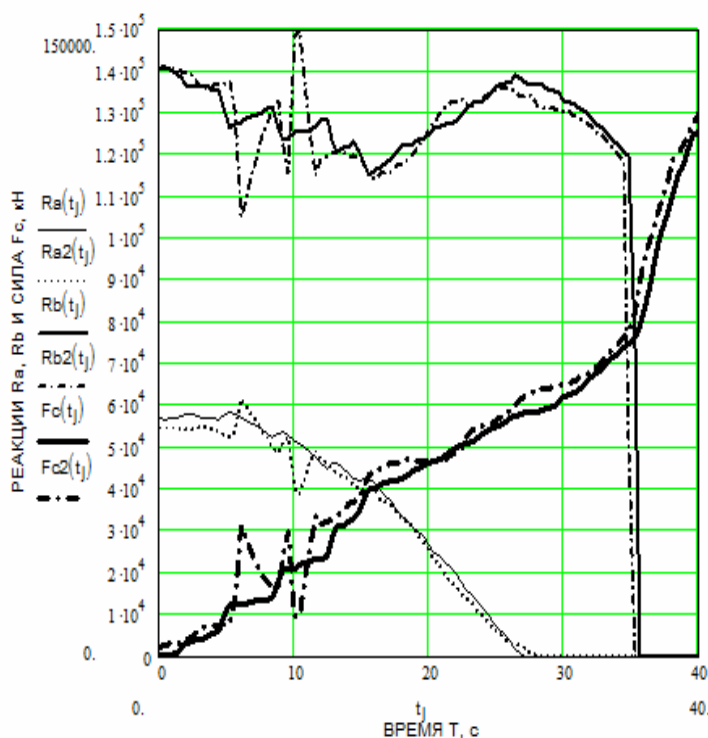


Рис. 2. Изменение реакций Ra, Rb на опорах А, В и силы поддержания блока Fc при сбросе его на тихой воде и, соответственно, Ra2, Rb2, Fc2 при сбросе блока на регулярной волне $\lambda = 60$ м и $h = 3,66$ м

Реакции на опоре А – Ra имеют следующие значения: $Ra = 61\,510$ кН при $T = 6$ с; $Ra = 48\,439$ кН при $T = 8,8$ с; $Ra = 53\,695$ кН при $T = 9,6$ с. Минимальное значение Ra получено при

$T = 10,4$ с ($R_a = 38\ 460$ кН). Далее процесс сброса проходил при незначительных изменениях внешних сил. Изменение сил от максимального до минимального составляет на $\Delta R_b = 0,5 \cdot 10^5$ кН за $\Delta T = 4,4$ с и на $\Delta R_b = 0,35 \cdot 10^5$ кН за $\Delta T = 0,8$ с (рис. 2). Влияние волнения на общее время сброса по сравнению со сбросом на тихой воде здесь незначительное ($\Delta T = 0,4$ с).

На рис. 3 изменения внешнего воздействия начинают проявляться с $T = 6,4$ с, когда погруженный объем блока увеличился, а реакция R_b уменьшилась до $R_b = 1,23 \cdot 10^5$ кН. На 10-й секунде ее значение стало равным $R_b = 1,35 \cdot 10^5$ кН. В дальнейшем реакция R_b уменьшается ($R_b = 1,1 \cdot 10^5$ кН при $T = 10,4$ с). В момент $T = 11,2$ с $R_b = 1,32 \cdot 10^5$ кН, а в момент $T = 12,4$ с – $R_b = 1,45 \cdot 10^5$ кН, при этом $R_a = 13\ 228$ кН. Более заметное изменение реакций происходит, когда $T = 18,8$ с. Здесь $R_b = 1,11 \cdot 10^5$ кН, а $R_a = 50\ 038$ кН. Новый всплеск реакции $R_b = 1,42 \cdot 10^5$ кН наблюдается на $T = 26,4$ с. При $T = 26,4$ с реакция равняется $R_b = 1,43 \cdot 10^5$ кН. Этот максимум совпадает со временем обнуления реакции R_a . Общее время сброса от начала движения до соскока блока с аппарели здесь совпадают.

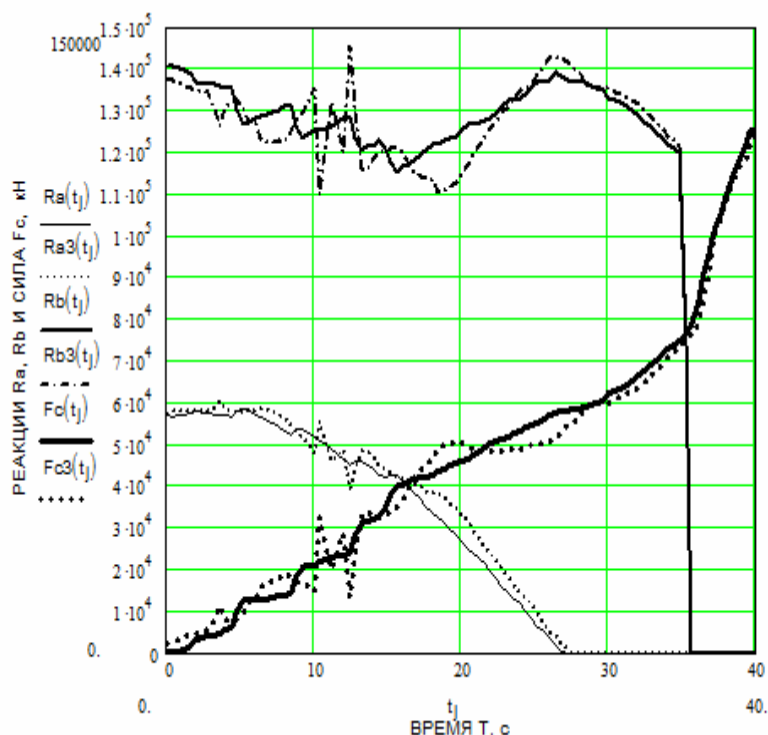


Рис. 3. Изменение реакций R_a , R_b на опорах А, В и силы поддержания блока F_c при сбросе его на тихой воде и, соответственно, R_{a3} , R_{b3} , F_{c3} при сбросе блока на регулярной волне $\lambda = 80$ м и $h = 4,55$ м

На рис. 4 показано изменение реакций R_a , R_b на опорах А, В и силы поддержания блока F_c при сбросе его на тихой воде и, соответственно, R_{a4} , R_{b4} , F_{c4} при сбросе блока на регулярной волне $\lambda = 90$ м и $h = 4,97$ м. Здесь также наблюдается скачкообразное изменение погруженного объема блока, вызванное воздействием волнения и, как следствие, изменение силы поддержания F_c , оказывающей синхронное влияние на изменение реакций R_a и R_b , например, при $T = 6,8$; $8,8$ и $15,6$ с. Общее воздействие волнения при указанных параметрах волны приводит к снижению максимального значения реакции на опоре В в момент отрыва опоры А от спусковых дорожек ($R_b = 1,33 \cdot 10^5$ кН, $R_a = 0$). Время сброса уменьшается с $T = 35,6$ с до $T = 33,2$ с.

Из графика видно, что силы гидродинамического сопротивления небольшие в начале движения, медленно нарастают, достигая максимальных значений в конце, при соскоке блока с аппарели баржи. При сбросе на тихой воде максимальное значение $R_x = 4\ 900$ кН.

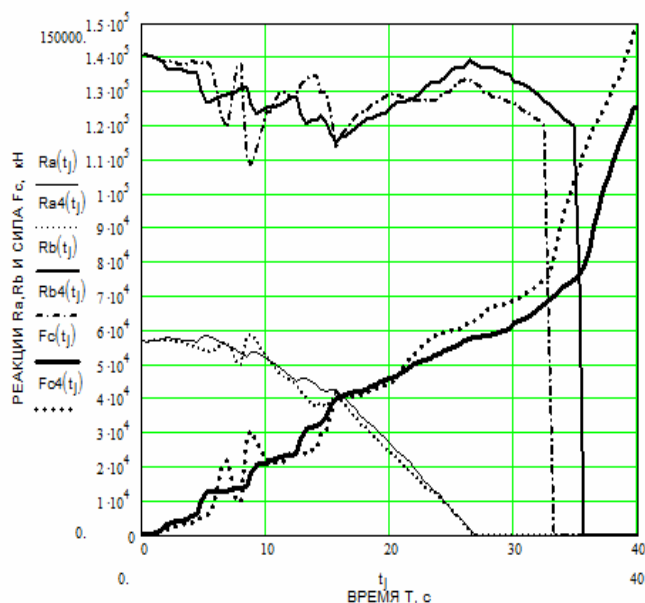


Рис. 4. Изменение реакций R_a , R_b на опорах А, В и силы поддержания блока F_c при сбросе его на тихой воде и, соответственно, R_{a4} , R_{b4} , F_{c4} при сбросе блока на регулярной волне $\lambda = 90$ м и $h = 4,97$ м

Максимальные значения этой силы при сбросе на волне $\lambda = 90$ м и $h = 4,97$ м составляли $R_{x4} = 2\,523$ кН при $T = 25,2$ с и $R_{x4} = 6\,959$ кН при $T = 36$ с. Сила R_z плавно возрастала. При $T = 27,2$ с ее значение равнялось $R_z = 851$ кН. После соскока величина этой силы возрастала до значения $R_z = 1 \cdot 10^5$ кН при $T = 39,2$ с. Сброс блока на волнении с параметрами $\lambda = 90$ м и $h = 4,97$ м показал значение $R_{z4} = 1 \cdot 10^5$ кН, но уже при $T = 35,6$ с. Характер изменения сил гидродинамического сопротивления практически одинаков для всех случаев сброса. Отличия, как видно из рис. 5 и представленных ранее, заключаются только во времени соскока блока с аппарели баржи.

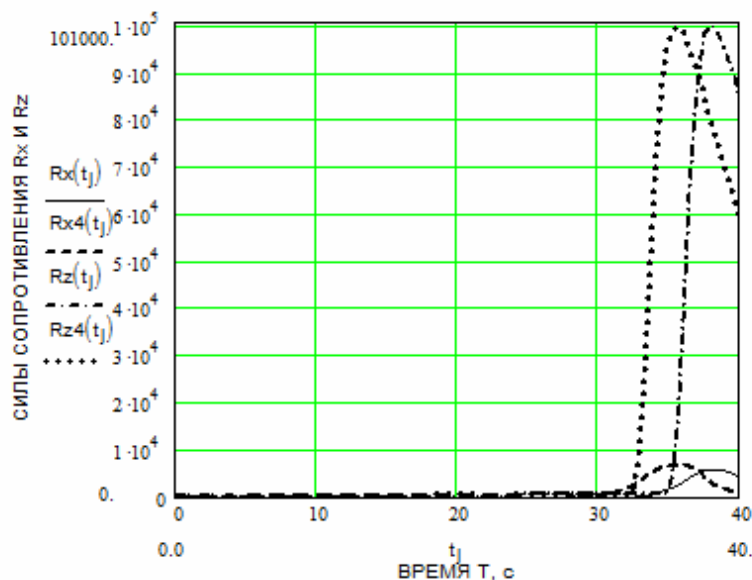


Рис. 5. Изменение гидродинамических сил R_x , R_z , действующих на блок при сбросе его на тихой воде и, соответственно, R_{x4} и R_{z4} при сбросе блока на регулярной волне $\lambda = 90$ м и $h = 4,97$ м

На рис. 6 показано изменение дифферента баржи и блока соответственно в зависимости от времени T : $\psi_{i1}(T)$ и $\psi_{i2}(T)$ – на тихой воде; $\psi_{i12}(T)$ и $\psi_{i22}(T)$ – на волне $\lambda = 60$ м и $h = 3,66$ м; $\psi_{i14}(T)$ и $\psi_{i24}(T)$ – на волне $\lambda = 90$ м и $h = 4,97$ м.

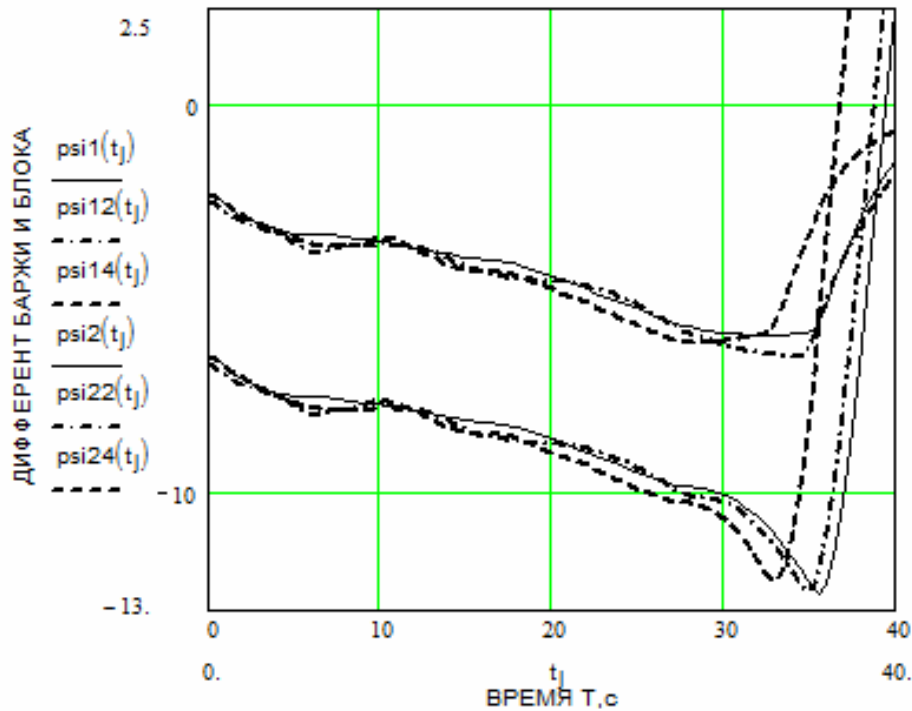


Рис. 6. Изменение дифферента баржи и блока соответственно: $\psi_{i1}(T)$ и $\psi_{i2}(T)$ – на тихой воде; $\psi_{i12}(T)$ и $\psi_{i22}(T)$ – на волне $\lambda = 60$ м, $h = 3,66$ м; $\psi_{i14}(T)$ и $\psi_{i24}(T)$ – на волне $\lambda = 90$ м, $h = 4,97$ м

Анализ представленных зависимостей показывает, что баржа при сбросе имела максимальный угол дифферента $\psi_{i1} = -6^\circ$, а блок, после раскрытия аппарелей, $\psi_{i2} = -13^\circ$. Спустя три минуты после сброса блок пришел в вертикальное положение и продолжал продольные колебания с затухающей амплитудой

Заключение

Результаты исследований можно сформулировать в виде следующих выводов:

- расчеты показали, что для рассмотренного диапазона регулярных волн продольный неуправляемый сброс опорного блока, как и другой подобной конструкции, возможен, когда воз «баржа + блок» ориентирован по ветру (сброс на попутном волнении);
- при сбросе на волнении $h = 2,7$ м и $\lambda = 40$ м изменения величины реакций R_a и R_b незначительны по сравнению с их значениями на тихой воде. При сбросе блока заметно лишь смещение их \min и \max по времени, обусловленное разными объемами входящих в воду элементов блока (рис. 1);
- наиболее выражено изменение силы F_c и реакций R_a , R_b при сбросе на волнении с $h = 60$ м и $\lambda = 3,66$ м, где центр водоизмещения погруженной части блока располагается в ложбине волны (рис. 2);
- изменения силовых факторов происходят синхронно;
- решающая роль в перераспределении величин реакций принадлежит силе поддержания блока F_c ;
- при появлении экстремальных значений реакций (рис. 2) необходимо проводить проверку напряженно-деформированного состояния элементов конструкции блока;
- параметры волнения могут оказывать влияние на общее время сброса, увеличивая его (рис. 1) или уменьшая (рис. 2, 4);

– решетчатая конструкция блока считается «волнопрозрачной», поэтому на рис. 5 не наблюдается (как и на других, не показанных здесь) заметного влияния волнения на величину гидродинамических сил R_x и R_z . Характер их изменения практически одинаков для всех случаев сброса;

– максимальных значений гидродинамические силы R_x и R_z достигают после соскока блока с аппарелей баржи (рис. 5);

– дифферент баржи и блока зависит от параметров волнения (рис. 6), но в исследованном диапазоне параметров волн это влияние не приводит к заметному снижению устойчивости баржи (баржа при сбросе имела максимальный угол дифферента $\psi_1 = -6^\circ$, а блок, после раскрытия аппарелей, $\psi_2 = -13^\circ$);

– графические зависимости (рис. 1–6) наглядно иллюстрируют изменение параметров сброса под воздействием регулярного волнения. Волны с параметрами $\lambda = 60$ м и $h = 3,66$ м, а также волны с $\lambda = 90$ м и $h = 4,97$ м оказывают наибольшее влияние на изменение внешних сил. Регулярная волна с $\lambda = 90$ м и $h = 4,97$ м уменьшает общее время сброса при приемлемой величине внешних сил;

– придание барже перед сбросом скорости хода (в расчете $v = 1$ м/с) приводит к уменьшению общего времени сброса ($T = 24,1$ с), а также к заметному влиянию на другие параметры сброса. Для выяснения вопроса о степени влияния скорости хода баржи на параметры сброса блока требуется проведение дополнительных исследований;

– отсутствие закономерности в появлении максимальных внешних сил, действующих на конструкцию блока, со стороны регулярного волнения говорит о том, что, возможно, имеет место некое благоприятное и неблагоприятное сочетание длины и высоты волн. Это предположение предстоит уточнить при проведении дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савинов В. Н. Разработка алгоритма процесса спуска пространственного решетчатого опорного блока с транспортно-спусковой баржи // Современные технологии в кораблестроительном образовании, науке и производстве: материалы конф. – Н. Новгород, 2002. – С. 571–578.
2. Савинов В. Н. Исследование динамики спуска и постановки на дно опорных блоков стационарных морских сооружений // Современные технологии в кораблестроительном образовании, науке и производстве: материалы конф. – Н. Новгород, 2002. – С. 563–570.
3. Савинов В. Н. Метод расчета динамики продольного сброса опорного блока морской стационарной буровой платформы // Изв. вузов. – Нефть и газ. – 2005. – № 1. – С. 48–55.
4. Савинов В. Н. Параметрические исследования динамики и напряженно-деформированного состояния опорного блока при сбросе с баржи // Морской вестн. – 2005. – № 4 (16). – С. 92–96.
5. Савинов В. Н. Численный расчет устойчивости при продольном сбросе опорного блока СБП с транспортного плавучего средства // Современные технологии в кораблестроительном и энергетическом образовании, науке и производстве: материалы Всерос. науч.-техн. конф. – Н. Новгород, 2006. – С. 66–72.
6. Савинов В. Н., Жульев А. В., Янченкова Н. В. Определение характеристик блока при сбросе его на регулярном волнении: тез. докл. 9-й Междунар. молодеж. науч.-техн. конф. «Будущее технической науки». – Н. Новгород, 2010. – С. 217.
7. Луговский В. В. Динамика моря. – Л.: Судостроение, 1976. – 199 с.

REFERENCES

1. Savinov V. N. Razrabotka algoritma protsessa spuska prostranstvennogo reshetchatogo opornogo bloka s transportno-spuskovoi barzhi [Development of the algorithm of the process of discharge of spatial basic block] from transport triggering barge]. *Sovremennye tekhnologii v korablestroitel'nom obrazovanii, nauke i proizvodstve: materialy konferentsii* [Modern technologies in shipbuilding training, science and production: proc. conf.]. Nizhny Novgorod, 2002, pp. 571–578.
2. Savinov V. N. Issledovanie dinamiki spuska i postanovki na dno opornykh blokov statsionarnykh morskikh sooruzhenii [Study of the dynamics of discharge and placement of the basic blocks of stationary sea constructions]. *Sovremennye tekhnologii v korablestroitel'nom obrazovanii, nauke i proizvodstve: materialy konferentsii* [Modern technologies in shipbuilding training, science and production: proc. conf.]. Nizhny Novgorod, 2002, pp. 563–570.
3. Savinov V. N. Metod rascheta dinamiki prodol'nogo sbrosa opornogo bloka morskoi stacionarnoi burovoi platformy [Method of calculation of the dynamics of longitudinal discharge of basic block of marine stationary drilling platform]. *Izvestiia vuzov. Neft' i gaz*. 2005, no. 1, pp. 48–55.

4. Savinov V. N. Parametricheskie issledovaniia dinamiki i napriazhenno-deformirovannogo sostoianiia opornogo bloka pri sbrose s barzhi [Parametrical studies of the dynamics and stressed distorted state of the basic block at its discharge from a barge]. *Morskoi vestnik*, 2005, no. 4 (16), pp. 92–96.

5. Savinov V. N. Chislennyi raschet ostoichivosti pri prodol'nom sbrose opornogo bloka SBP s transportnogo plavuchego sredstva [Numerical calculation of stability at longitudinal discharge of basic block from marine transport]. *Sovremennye tekhnologii v korablestroitel'nom i energeticheskom obrazovanii, nauke i proizvodstve: materialy Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Modern technologies in shipbuilding energy training, science and production: proc. All-Russian sci. tech. conf.]. Nizhny Novgorod, 2006, pp. 66–72.

6. Savinov V. N., Zhul'ev A. V., Ianchenkova N. V. Opredelenie kharakteristik bloka pri sbrose ego na reguliarnom volnenii. *Tezisy dokladov 9-i Mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchno-tekhnicheskoi konf. «Budushchee tekhnicheskoi nauki»* [Determination of the characteristics of a block at its discharge in conditions of regular disturbance. Abstracts of the papers of the 9th International Youth Scientific Technical conference "Prospects of Technical Science"]. Nizhny Novgorod, 2010, p. 217.

7. Lugovskii V. V. *Dinamika moria* [Sea dynamics]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1976. 199 p.

Статья поступила в редакцию 2.12.2012,
в окончательном варианте – 11.02.2013

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Савинов Владимир Николаевич – Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева; д-р техн. наук, доцент; профессор кафедры «Теория корабля и гидромеханика»; terkor@ntu.nnov.ru.

Savinov Vladimir Nickolaevich – Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev; Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor; Professor of the Department "Ship Theory and Hydromechanics"; terkor@ntu.nnov.ru.

Жульев Александр Васильевич – Нижегородский государственный технический университет им. им. Р. Е. Алексеева; ведущий программист кафедры «Теория корабля и гидромеханика».

Zhuliev Alexander Vasilievich – Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev; Leading Programmer of the Department "Ship Theory and Hydromechanics".