

УДК 539.3

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПАЛЬОВИХ ОПОР МОРСЬКИХ СТАЦІОНАРНИХ ПЛАТФОРМ НА СЕЙСМІЧНІ ВПЛИВИ

С.В. Мицюк<sup>1</sup>,  
канд. техн. наук,

Р.М. Остапенко<sup>1</sup>,

Б.В. Кузьмін<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітрофлотський просп., 31, м. Київ. 03680; e-mail: roma604@bigmir.net

Розглянуто розрахунок морської стаціонарної платформи на сейсмічні впливи з використанням дискретних скінченноелементних моделей та зроблені пропозиції щодо покращення норм проектування таких споруд на сейсмічних територіях.

**Ключові слова:** морська стаціонарна платформа (МСП), сейсмічні впливи, дискретні моделі МСП.

**Вступ.** На даний момент в Україні існує певна нестача вуглеводнів, потенціальні ресурси яких приблизно оцінюються до 2,5 трлн.м3. Для промислового освоєння цих запасів потрібно забезпечити планомірне вивчення Азово-Чорноморського регіону, яке передбачало б інтенсивне переведення прогнозованих ресурсів в розвідані запаси, будівництво спеціальних технічних засобів та дотримання жорстких екологічних вимог під час проведення всього комплексу робіт.

З усієї різноманітності технічних засобів, що призначаються для розвідування та добування вуглеводневого палива на континентальному шельфі морів, найбільш поширеними є морські стаціонарні платформи (МСП), які експлуатуються в екстремальних умовах. Вони постійно піддаються дії вітру, вітрових хвиль, технологічним навантаженням, можуть обростати льодом та сприймати імпульсні навантаження від льоду при його русі. Крім того, МСП піддаються дії навантажень, що викликані стихійними лихами, зокрема, землетрусами, розмивом ґрунту в основі споруди, нерівномірними деформаціями ґрунту, що викликають зміну його структури. Особливим є сейсмічне навантаження, методики врахування впливу якого на споруду, на відміну від закордонних норм, не досить досконало відпрацьовані у вітчизняних нормативних документах.

**Постановка задачі.** Об'єктом дослідження на сейсмічний вплив є морська стаціонарна платформа ТП-1, що встановлена на Східно-Казантипському родовищі в Азовському морі. Дана споруда представляє собою просторову комбіновану дискостержневу систему, що складається

з придонної опорної частини (ростверк, колони складеного перерізу), палубних блоків, причалів, факеловідводу та антенної вежі (рис. 1,а).

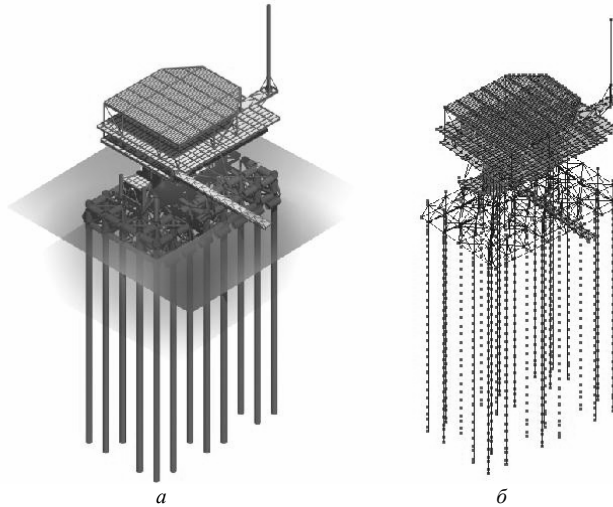


Рис. 1. Морська стаціонарна платформа ТП-1 на Східно-Казантипському родовищі в Азовському морі: *а* – модель ТП-1; *б* – дискретна скінченноелементна модель ТП-1

Палі, що закріплюють опорний блок до ґрунтової основи, являють собою сталеві труби діаметром 1220 мм з товщиною стінки 26 мм із забетонованою внутрішньою порожниною, забиті в донний ґрунт на глибину 50 м. Палі проходять через вертикальні елементи ростверку опорного блоку (труба діаметром 1420 мм) з бетонуванням міжтрубної порожнини. Таке з'єднання забезпечує достатню жорсткість стику паль та ростверку.

Для дослідження та аналізу впливу сейсмічного навантаження на опорні елементи ТП-1 в програмно-розрахунковому комплексі (ПРК) “Structure CAD” (“SCAD”) було розроблено та реалізовано кілька ідеалізованих дискретних скінченноелементних моделей, а саме:

1. Дискретна скінченноелементна модель з врахуванням піддатливості пальової основи та імітацією дії ґрунту через пружні в'язі (т.з. “піддатлива” модель, рис. 1,б);

2. Дискретна скінченноелементна модель з врахуванням піддатливості пальової основи та імітацією ґрунту у вигляді системи об'ємних 8-вузлових паралелепіпедів з присвоєними характеристиками ґрунта;

3. Дискретна скінченноелементна модель без врахування піддатливості пальової основи (т.з. “жорстка” модель).

Загальним недоліком даних моделей є складнощі врахування пластичної роботи ґрунтової основи, що в умовах значних мулових відкладів та слабких пилувато-глинистих ґрунтів може досить суттєво вплинути на точність параметрів складного напружено-деформованого стану (НДС) палі (стиск, кручення, згин та поперечний зсув).

Для порівняльного аналізу результатів розрахунку було обрано моделі №1 та №3 – “піддатливу” і “жорстку”. В останній моделі палі та ґрунтова основа були відкинуті, а сама платформа була жорстко прикріплена до абсолютно нерухомого диска.

Для моделювання елементів ТП-1 використовувались стандартні просторові стержневі скінчені елементи, а також прямокутні та трикутні скінчені елементи оболонки. Взаємодія основи та пальового фундаменту була реалізована аналітично до [1].

Дана дискретна “піддатлива” модель ТП-1 нараховує 3125 вузлів та 6215 елементів, з яких 672 елемента моделюють палі та 696 елементів – ґрунтову основу у вигляді спеціальних безрозмірних пружно-піддатливих елементів. Розрахунок даної моделі ТП-1 потребував вирішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь з 14568 невідомими.

Дискретна модель без врахування піддатливості пальової основи (“жорстка” модель) включає 1757 вузлів та 4823 елементів, система лінійних алгебраїчних рівнянь для розрахунку жорсткості моделі нараховує 10392 невідомих.

Основну увагу було приділено розрахунку ТП-1 на дію сейсмічного навантаження, величина якого, згідно з сейсмологічною картою районування, була прийнята 9 балів, враховуючи те, що палі спираються на слабкі водонасичені ґрунти [2]. Розрахунок ТП-1 проводився в ІС ПРК “SCAD” згідно [2], а також на основі рекомендацій [3]. В основу методики розрахунку ТП-1 покладена лінійно-спектральна теорія, яка розглядає споруду у вигляді динамічної системи з дискретно розподіленими вузловими масами. Недоліками даної методики є неможливість розрахунку споруди як нелінійно деформівної системи, тоді як при сильних землетрусах споруда частково працює за межею пружної стадії, а також можливість проявлення т.з. “ефекту втрати знака”, коли використання модулів згинальних моментів, поздовжніх та поперечних сил приводить зміни стиснуто-зігнутих стержнів на розтягнуто-зігнуті. Це стосується і оболончастих елементів [4].

**1. Класична постановка задачі про визначення динамічної реакції споруди на дію сейсмічного навантаження.** Передбачається, що споруда поставлена на жорстку платформу, для якої можливі тільки поступальні переміщення. Коливання споруди відносно рухомої системи координат OXYZ представляють собою відносний рух, рух платформи

відносно умовно нерухомої системи координат, що зв'язана з основою до збудження сейсмічних коливань, - переносний рух, а рух точок споруди відносно умовно нерухомої системи координат – абсолютний.

В сейсмічних нормах навантаження рух вздовж кожного напрямку вважається статистично незалежним від інших напрямків. При цьому для просторової схеми, як у даних випадках, задача зводиться до вирішення трьох варіантів задачі, що відрізняються напрямком дії сейсмічних навантажень. Дискретні моделі ТП-1 розраховувались на дію сейсмічного навантаження по напрямку меншої жорсткості споруди. Крім того при розрахунку ТП-1 був використаний нерегламентований вітчизняними нормативними документами критерій необхідної кількості власних форм коливань, який є математично обґрунтованим [5]. Міжнародні сейсмічні норми (UBC-97, UBC-2000, PS-92, AFPS, Eurocode-8), а також норми для проектування об'єктів атомної енергетики, вимагають, щоб

$$\sum_{i=1}^n \frac{(\Gamma_i^{dir})^2}{M_{tot}^{dir}} \geq 0,9, \quad dir = x, y, z,$$

де  $\Gamma_i^{dir}$  - коефіцієнт вкладу маси системи для  $i$ -ї власної форми коливань при збудженні сейсмічного сигналу у напрямку  $dir = x, y, z$ ,  $M_i^{dir}$  - сума всіх рухомих мас системи в напрямку  $dir = x, y, z$ .

Таким чином, кількість власних форм вважається достатньою, якщо вона забезпечує не менше 90% модальних мас в кожному напрямку, де  $m_i^{dir} = (\Gamma_i^{dir})^2 / M_{tot}^{dir} \times 100\%$  - модальна маса [6].

Виконання даної вимоги при розрахунку дискретних моделей на дію сейсмічного навантаження було забезпечено використанням розробленого в ППК "SCAD" сейсмічного режиму високопродуктивного блокового методу Ланцоша, що дозволяє визначити необхідну кількість власних векторів та відповідних їм власних чисел, що, в свою чергу, дозволяє досягти потрібної суми модальних мас [2].

До розрахункової комбінації були включені наступні навантаження: власна вага конструкції ( $\psi = 0,9$ ), вага бетону в колонах ( $\psi = 0,9$ ), вага баластної води ( $\psi = 0,9$ ), вага технологічного обладнання ( $\psi = 0,8$ ), дія гідростатичних сил виштовхування ( $\psi = 1$ ), дія сейсмічного навантаження ( $\psi = 1$ ), де  $\psi$  - коефіцієнт сполучень. Вага приєднаної маси води була врахована у вигляді вузлових мас в динамічному режимі розрахунку.

Результати розрахунку вищеописаних моделей ТП-1 на дію сейсмічного навантаження показали певне розходження параметрів НДС для відповідних елементів опорної частини. Так, в елементах “жорсткої” моделі спостерігається зменшення згинальних моментів та моменту крутіння, поперечних сил, а також змінний характер поздовжньої сили порівняно з відповідними елементами “піддатливої” моделі. Таке відношення параметрів НДС даних дискретних моделей пояснюється на основі аналізу графіків апроксимованих спектрів реакцій (рис. 2, 3) [2].

Більша частина значень періодів основних власних форм коливань (табл. 1) для “піддатливої” моделі лежить в межах від  $T=0,11$  с до  $T=0,18$  с та від  $T=0,37$  с до  $T=0,56$  с, тоді як для “жорсткої” моделі – від  $T=0,02$  с до  $T=0,05$  с, що в свою чергу викликало зниження реакції системи на сейсмічну дію (похила ділянка графіка коефіцієнта динамічності  $\beta = C_a(T)/(K_c g)$ , де  $C_a(T)$  - спектр прискорень;  $K_c$  - коефіцієнт сейсмічності;  $g$  - прискорення вільного падіння, рис. 3), а, отже, часткове зменшення параметрів НДС елементів опорної частини “жорсткої” моделі порівняно з відповідними значеннями НДС елементів “піддатливої” моделі (рис. 2).

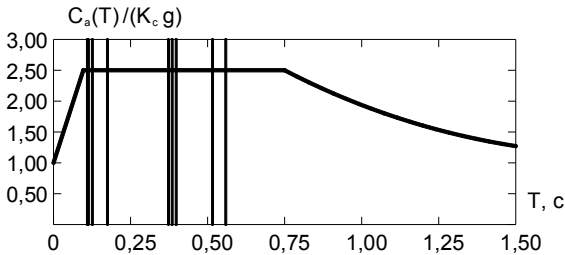


Рис. 2. Апроксимовані спектри реакцій та значення періодів основних власних форм коливань “піддатливої” моделі

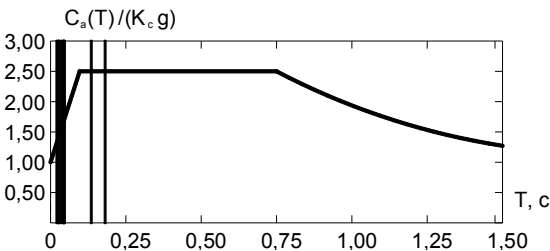


Рис. 3. Апроксимовані спектри реакцій та значення періодів основних власних форм коливань “жорсткої” моделі

Таблиця 1

Основні власні форми коливань розрахункових моделей та їх вклад в накопичення модальних мас по напрямкам

№ форми	Частота, Гц	Період, с	$m_x$ , %	$m_y$ , %	$m_z$ , %
“Піддатлива” модель					
3	1,786	0,5598	8,76	16,11	0,02
4	1,938	0,5159	10,50	9,032	0,04
5	2,512	0,3981	5,75	21,32	0,02
6	2,597	0,3850	36,55	0,80	0,01
7	2,684	0,3726	2,04	15,46	0,00
12	5,521	0,1811	0,08	0,00	4,51
13	5,709	0,1752	0,05	0,00	4,97
14	5,980	0,1672	0,02	0,01	14,35
16	7,050	0,1418	0,00	0,02	5,00
18	7,583	0,1319	0,01	0,12	5,911
19	7,940	0,1260	0,00	0,06	24,12
23	8,542	0,1171	1,23	6,11	0,58
29	8,716	0,1147	5,33	0,05	0,32
70	8,875	0,1127	1,04	9,88	0,41
71	8,997	0,1112	0,04	1,68	10,52
72	9,028	0,1108	1,11	2,00	9,25
123	10,15	0,0985	4,23	0,10	0,00
“Жорстка” модель					
7	5,528	0,1809	3,58	0,00	0,57
10	7,428	0,1346	0,00	0,07	4,08
47	21,84	0,0458	15,30	0,01	0,00
48	22,04	0,0454	0,01	3,28	2,09
50	22,50	0,0444	0,02	18,73	0,14
54	23,37	0,0428	1,29	1,75	3,71
56	23,97	0,0417	0,03	0,55	6,30
63	27,02	0,0370	3,56	0,03	0,22
94	34,63	0,0289	14,32	0,00	0,00
100	36,35	0,0275	0,00	0,00	9,75
164	47,24	0,0212	0,00	3,70	0,00

Згідно [3], при розрахунку МСП на сейсмічне навантаження необхідно враховувати дію льодового поля в зимовий період у вигляді додаткових в'язей, що імітують умови контакту споруди з льодовим полем. Для реалізації даної умови в дискретних розрахункових моделях ТП-1 було додатково встановлено на рівні дії льоду по периметру колон опорні жорсткі в'язі, що стримують переміщення вузлів в двох ортогональних напрямках в горизонтальній площині.

Порівняльний аналіз результатів розрахунку відповідно для “піддатливої” та “жорсткої” моделей показує, що коефіцієнт  $k = F_1 / F_2$ ,

де  $F_1$  - внутрішнє зусилля в елементі дискретної моделі без опорних в'язей від льодового поля;  $F_2$  - відповідне значення внутрішнього зусилля в елементі дискретної моделі з опорними в'язями від льодового поля, приймає значення від 0,5 до 1,9 для екстремальних значень параметрів НДС. В елементах з незначними внутрішніми зусиллями значення  $k$  варіюється в межах 0,05-23,0.

**2. Оцінка впливу сейсмічного навантаження порівняно з іншими основними навантаженнями.** Для розрахунку була використана модель №3. Схема розраховувалася за трьома наступними комбінаціями навантажень:

- комбінація №1 [власна вага конструкції ( $\psi = 1$ ), вага бетону в колонах ( $\psi = 1$ ), вага баластної води ( $\psi = 1$ ), вага технологічного обладнання ( $\psi = 1$ ), дія гідростатичних сил виштовхування ( $\psi = 1$ )];

- комбінація №2 [власна вага конструкції ( $\psi = 0,9$ ), вага бетону в колонах ( $\psi = 0,9$ ), вага баластної води ( $\psi = 0,9$ ), вага технологічного обладнання ( $\psi = 0,8$ ), дія гідростатичних сил виштовхування ( $\psi = 1$ ), дія сейсмічного навантаження в напрямку меншої жорсткості споруди (з площини колон,  $\psi = 1$ )];

- комбінація №3 [власна вага конструкції ( $\psi = 1$ ), вага бетону в колонах ( $\psi = 1$ ), вага баластної води ( $\psi = 1$ ), вага технологічного обладнання ( $\psi = 1$ ), дія гідростатичних сил виштовхування ( $\psi = 1$ ), статична дія криги в напрямку меншої жорсткості споруди ( $\psi = 1$ ), пульсація вітру в напрямку меншої жорсткості споруди ( $\psi = 0,8$ )], де  $\psi$  - коефіцієнт сполучень.

Вага приєднаної маси води була врахована у вигляді вузлових мас в динамічному режимі розрахунку в усіх комбінаціях.

Аналіз отриманих результатів дає змогу стверджувати, що для елементів ростверку значення основних параметрів НДС при комбінації №2 перевищують відповідні при комбінації №1 на 50-90%; для елементів колон – на 15-75% за умови, що для аналізу були обрані елементи з максимальними значеннями параметрів НДС від сейсмічного навантаження (комбінація №2).

Порівняння НДС ТП-1 при комбінаціях №2 та №3 дає збільшення основних параметрів НДС для елементів ростверку на 25-65%; для елементів колон спостерігається складний характер перепадів значень параметрів НДС, які коливаються від 45% до 160% за умови, що

комбінація №3 є основною при визначенні максимальних зусиль в елементах споруди від дії основних навантажень [3].

Згідно [3], внутрішні зусилля в спорудах типу МСП необхідно визначати з врахуванням не менше трьох власних форм коливань, якщо період першого (низького) тону власних коливань  $T_1 \geq 0,4 c$ .

В результаті розрахунку на дію сейсмічного навантаження дискретної скінченноелементної моделі ТП-1 з врахуванням піддатливості пальової основи отримані значення необхідної кількості власних форм коливань, модальних мас та параметрів НДС при  $T_1 = 0,88 c \geq 0,4 c$  (табл. 2).

Очевидно, що контрольовані величини, а саме параметри НДС, практично збігаються при  $\sum m_x \geq 64\%$ ,  $\sum m_y \geq 63\%$ ,  $\sum m_z \geq 1\%$ , тому умова  $\sum m_{dir} \geq 90\%$ ,  $dir = x, y, z$  гарантує те, що додавання наступних власних форм практично не змінить результату аналізу. Крім того, для забезпечення збіжності параметрів НДС необхідно враховувати не менше восьми власних форм коливань.

Таблиця 2

Залежність накопичених модальних мас за трьома напрямками та параметрів НДС від кількості утримуваних власних форм для нижнього розкосу опорної колони

Кіль- ть форм	$\sum m_x$ , %	$\sum m_y$ , %	$\sum m_z$ , %	$N$ , кН	$M_{кр}$ , кНм	$M_y$ , кНм	$Q_z$ , кН	$M_z$ , кН	$Q_y$ , кН
2	0,18	0,27	0,01	-672,22	1,88	9,93	-26,90	3,23	-2,06
4	19,45	25,41	0,07	-1360,80	-0,52	26,08	-60,97	-10,22	17,91
8	64,01	63,18	1,02	-1454,00	-6,66	30,93	-64,52	-10,86	24,32
11	64,72	64,25	5,17	-1454,54	-6,66	31,05	-64,61	-10,88	24,36
14	64,89	64,27	29,00	-1458,54	-6,66	31,05	-64,61	-10,88	24,36
17	64,90	64,96	35,24	-1454,56	-6,69	31,06	-64,61	-10,88	24,43
21	64,96	65,30	69,11	-1459,03	-6,69	31,06	-64,61	-10,88	24,43
139	96,20	95,94	97,81	-1462,27	-6,76	31,17	-64,77	-10,94	24,45

### Висновки

Порівняльний аналіз розрахунку дискретних скінченноелементних моделей ТП-1 на сейсмічну дію (“піддатлива” та “жорстка” моделі) показав змінний характер співвідношень величин параметрів складного НДС опорних елементів споруди, тому при розрахунках МСП на комбіновані статично-динамічні навантаження для отримання більш точних результатів та подальшої розробки рекомендацій щодо



формоутворення ефективних опорних блоків необхідно врахувати взаємодію системи “споруда-пальова основа”.

Порівняння параметрів НДС елементів опорної частини та аналіз періодів власних форм коливань розрахункових моделей при дії сейсмічного навантаження вказує на необхідність проектування більш жорстких конструктивних схем МСП, оскільки такий підхід веде до збільшення основних високочастотних власних форм, що, в свою чергу, знижує загальну реакцію системи на сейсмічне навантаження.

Проведення аналізу залежності накопичення модальних мас та параметрів НДС від кількості утримуваних власних форм коливань дає змогу стверджувати про необхідність вдосконалення існуючих вітчизняних норм, що регламентують методики визначення та розрахунку на сейсмічну дію гідротехнічних споруд.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мицюк С.В., Остапенко Р.М., Чернявський Д.О. Модальний аналіз морських стаціонарних платформ на палях // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2016. – Вип. 97. – С. 202-209.
2. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. – К.: Сталь, - 2002. – 597с.
3. Свешников О.Г. Побудова моделей для розв'язку статичних і динамічних задач морських платформ на палях // Сопrotивление материалов и теория сооружений. – К.: 2001, вып.69 – с.86-201.
4. СНиП II-7-81\* Строительство в сейсмических районах // Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1996. – 52с.
5. Фялко С.Ю., Карпиловский В.С., Криксунов Э.З. Блочный метод Ланцоша со спектральными трансформациями для решения больших МКЭ задач собственных колебаний // Вісник Одеського національного морського університету. – 2003, випуск 10. – с.93-99.
6. Фялко С.Ю. Некоторые особенности анализа частот и форм собственных колебаний при расчете сооружений на сейсмические воздействия // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2002, випуск 8. – с.193-201.

#### REFERENCES

1. Mytsuk S.V., Ostapenko R.M., Cherniavskiy D.O. Modalnyi analiz morskikh statsionarnykh platform na palyah // Opir materialiv i teoriia sporud. – 2016. – Vyip. 97. – S. 202-209.
2. Perelmuter A.V., Slivker V.I. Raschetnyie modeli sooruzheniy i vozmognost ih analiza. – K.: Stal, - 2002. – 597s.
3. Sveshnikov O.G. Pobudova modeley dlia rozvyazku statyichnykh i dynameichnykh zadach morskyykh platform na paliah // Opir materialiv i teoriia sporud: nauk.-tekh. zbirn. – K.: KNUBA, 2001. – Vyip. 69. – S. 86-201.
4. SNiP II-7-81\* Stroitelstvo v seysmicheskikh rayonach // Minstroy Rossii – M.: GP TsPP, 1996. – 52s.
5. Fialko S.Yu., Karpilovskiy V.S., Kriksunov E.Z. Blochnyy metod Lantsosha so spektralnyimi transformatsiyami dlia resheniya bolshich MKE zadach sobstvennykh kolebaniy // Visnyk Odeskogo natsionalnogo morskogo universytetu. – 2003, vyipusk 10. – s.93-99.

6. *Fialko S.Yu.* Nekotoryie osobennosti analiza chastot i form sobstvennyih kolebaniy pri raschete sooruzheniy na seismicheskie vozdeystviya // Visnyk Odeskoi dergavnoi akademii budivnytstva i architekturi. – 2002, vyipusk 8. – s.193-201.

*Myitsuk S.V., Ostapenko R.M., Kuzmin B.V.*

#### **PECULIARITIES OF THE CALCULATION OF THE PILE SUPPORTS OF SEA STATIONARY PLATFORMS ON SEISMIC INFLUENCES**

The calculation of the marine stationary platform under seismic influences using finite element method is considered. The marine technological platform is a metal structure consisting of decks (upper and lower), a support block, two berths, a communication tower, a torch arrow console. A seismic load is of particular importance when exploiting marine technological platforms. The value of seismic load was taken of 9 points according to the seismological map of zoning. Seismic actions on the buildings are caused by waves of deformations and displacements which spreading on the earth's surface from the earthquake epicenter and transmit the kinematic excitement of the building through the supporting elements of the platform. For a comparative analysis of the calculation results, a "compliant" and "rigid" design scheme was chosen. In the "rigid" design scheme the pile and ground base were discarded and the platform itself was rigidly attached to a completely stationary base.

The result of the comparative analysis showed the variable nature of the ratios of the values of the complex stress-strain state parameters of the structure supporting elements. Therefore, it is necessary to take into account the interaction of the system "building – pile political basis" when calculating marine stationary platforms for combined static-dynamic loadings for obtaining more accurate results and further developing of recommendations for the formation of effective supporting blocks.

Comparison of the stress-strained state parameters of the supporting part elements and the analysis of the eigenforms and oscillation's periods the calculation models under the seismic load indicates the necessity of designing of more rigid constructive schemes of marine stationary platforms, since such an approach leads to an increase of the main high-frequency eigenforms, which in it's turn, reduces the overall reaction of the system to seismic loading.

The analysis of the dependence of modal masses accumulation and the stress-strain state parameters on the number of retained eigenforms of oscillation makes it possible to state that there is a the necessity to improve the existing domestic norms governing the methods for calculating of hydraulic structures under seismic loading.

**Keywords:** sea stationary platform (SSP), seismic influences, discrete models of SSP.

*Мьцюк С.В., Остапенко Р.М., Кузьмин Б.В.*

#### **ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СВАЙНЫХ ОПОР МОРСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАТФОРМ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Рассмотрен расчет реальной морской стационарной платформы на сейсмические воздействия с использованием дискретных конечноэлементных моделей и сделаны предложения относительно улучшения норм проектирования таких сооружений на сейсмических территориях.

**Ключевые слова:** морская стационарная платформа (МСП), сейсмические воздействия, дискретные модели МСП.

УДК 539.3

*Мицюк С.В., Остапенко Р.М., Кузьмін Б.В.*

**Особливості розрахунку паллових опор морських стаціонарних платформ на сейсмічні впливи** // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2016. – Вип. 97. – С. 210-221.

В роботі розглянуто розрахунок реальної морської стаціонарної платформи на сейсмічні впливи та зроблені пропозиції щодо покращення норм проектування таких споруд.

Табл. 2. Іл. 2. Бібліогр. 7 назв.

UDC 539.3

*Myitsuk S.V., Ostapenko R.M., Kuzmin B.V.*

**Peculiarities of the calculation of the pile supports of sea stationary platforms on seismic influences** // Strength of Materials and Theory of Structures. – 2016. – Issue 97. – P. 210-221.

This paper describes the calculation of a real sea stationary platform on seismic influences and offers concerning improvement of norms of designing of such constructions.

Table 2. Fig. 2. Ref. 7.

УДК 539.3

*Мицюк С.В., Остапенко Р.М., Кузьмін Б.В.*

**Модальний аналіз морських стаціонарних платформ на сваях** // Сопротивление материалов и теория сооружений. – 2016. – Вип. 97. – С. 210-221.

В работе изложен расчет реальной морской стационарной платформы на сейсмические воздействия и сделаны предложения относительно улучшения норм проектирования таких сооружений.

Табл. 2. Рис. 2. Библиогр. 7 назв.

**Автор (вчена ступень, вчене звання, посада):** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельної механіки КНУБА *МИЦЮК Сергій Вікторович*.

**Адреса робоча:** 03680 Україна, м. Київ, *Повітрофлотський проспект 31, Київський національний університет будівництва і архітектури, кафедра будівельної механіки, Мицюку Сергію Вікторовичу*.

**Адреса домашня:** Україна, м. Київ, *просп. Лобановського, 10, кв. 301/2*.

**Роб. тел.** +38(044) 241-5549;

**мобільний тел.:** +38(096) 9317442;

**E-mail** – [serewka@inbox.ru](mailto:serewka@inbox.ru)

**Автор (вчена ступень, вчене звання, посада):** асистент кафедри будівельної механіки КНУБА *ОСТАПЕНКО Роман Миколайович*.

**Адреса робоча:** 03680 Україна, м. Київ, *Повітрофлотський проспект 31, Київський національний університет будівництва і архітектури, кафедра будівельної механіки, Остапенку Роману Миколайовичу*.

**Адреса домашня:** Україна, м. Київ, *вул. М.Кривоноса, 4, кв. 824*.

**Роб. тел.** +38(044) 241-5549;

**мобільний тел.:** +38(063) 3224182;

**E-mail** – [ostapenkor@bigmir.net](mailto:ostapenkor@bigmir.net)

**Автор (вчена ступень, вчене звання, посада):** студент КНУБА *КУЗЬМІН Борис Володимирович*.

**мобільний тел.:** +38(093) 2247903;

**E-mail** – [kuzbor@ukr.net](mailto:kuzbor@ukr.net)