

Государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт морского транспорта

СОЮЗМОРНИИПРОЕКТ

филиал

ДАЛЬМОРНИИПРОЕКТ

РУКОВОДСТВО ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА СВАЙНЫЕ ПИРСЫ И НАБЕРЕЖНЫЕ  
(для опытного использования)

РД 31.31.19-74

~~РМС 40-74~~  
~~СОЮЗМОРНИИПРОЕКТ~~

Утверждаю: Главный инженер Соморниипроекта

В.Куранов

" 12 " апреля 1974 г.

Москва - 1974

"Руководство по определению горизонтальной сейсмической нагрузки, действующей на свайные пирсы и набережные" разработано Дальморнипроектом.

Теоретические исследования выполнены канд.техн. наук, ст.научн.сотр. А.И. Сапожниковым и канд.техн.наук Л.Ф. Штанько.

Экспериментальные исследования выполнены инженерами А.А. Михайловым, С.И. Чернышовым, Ю.В. Солгаловым, М.Б. Пойзнером и др.

Текст "Руководства" составлен канд.техн.наук Л.Ф. Штанько под редакцией канд.техн.наук, ст.научн.сотр. А.И. Сапожникова. Программа расчета на ЭВМ "НАИРИ-2" составлена В.И. Позняком.

Общее руководство работами осуществлялось канд. техн.наук, ст.научн.сотр. А.И. Сапожниковым.

"Руководство" вводится для опытного использования при проектировании свайных набережных и пирсов в сейсмических районах. Все замечания по данному нормативному документу просим направлять по адресам:

690765, г. Владивосток, ул.Дзержинского,40, Дальморнипроект и копии 125319, г.Москва, Большой Коптевский проезд, 6, Союзморнипроект.

СОВЗМОРНИИ- ПРОЕКТ ФИЛИАЛ ДАЛЬМОРНИИ- ПРОЕКТ	Руководство по определению горизон- тальной сейсмической нагрузки, дей- ствующей на свайные пирсы и набереж- ные (для опытного пользования)	РМС 40-74 СОВЗМОРНИИИ-ПРОЕКТ
--	---	---------------------------------

### I. Общие положения.

I.1 Руководство распространяется на проектирование сквозных свайных пирсов и набережных, стоящих в сейсмоактивных районах. Настоящее Руководство следует рассматривать как дополнение к главе СНиП П-А.12-69.

I.2 Руководство предназначено для использования при проектировании пирсов и набережных следующих конструктивных решений. Верхнее строение - плитное, продольно - ригельное, поперечно - ригельное. Несущие элементы - призматические сваи, железобетонные сваи-оболочки, трубчатые металлические сваи, коробчатые сваи из шпунта, а также козловые и рамные опоры из перечисленных свай. Сопряжение набережной с подпорной стенкой выполняется либо с помощью переходных мостиков, либо имеется зазор.

I.3 Руководство позволяет определить:

а) горизонтальную составляющую сейсмической нагрузки, действующей на любую секцию пирсов и набережных.

Рассены Дальморни- проектом	Утверждены Совзморниипроектом "12" апреля 1974г.	Срок введения "I" августа 1974г
-----------------------------------	--	------------------------------------

б) минимальную величину температурного шва, необходимого, чтобы исключить соударение рядом стоящих секций длинных пирсов и набережных, а также соударение секций набережных с подпорной конструкцией.

I.4. Расчетные схемы длинных пирсов и набережных представляются в виде:

а) цепочки секций, жестких в горизонтальной плоскости, соединенных между собой упругими связями (рис. I);

б) цепочки секций, жестких в горизонтальной плоскости, изолированных друг от друга (рис.2).

Примечание: Расчетная схема в виде изолированной секции

(рис.3) также применима при расчете массивной технологической секции нефтепирса и других подобных сооружений, связанных с соседними секциями легкими гибкими переходными мостиками.

I.5. Температурные вставки между секциями учитываются как секции. Если под температурной вставкой отсутствует свайное поле, соединенное с ней, то коэффициенты жесткости свайного поля для температурной вставки (формулы (I,9) Приложения I), следует принимать равными нулю.

I.6. Расчет сейсмических нагрузок и минимально допустимой ширины температурных швов необходимо производить для двух случаев сейсмического воздействия:

а) направление сейсмического воздействия вдоль оси Х (перпендикулярно продольной оси пирса или набережной);

б) направление сейсмического воздействия вдоль оси У.

I.7. Для пирсов и набережных, у которых связь между секциями отсутствует, рассчитывать на сейсмостойкость необходимо отдельные секции, расположенные в районах глубин акватории,

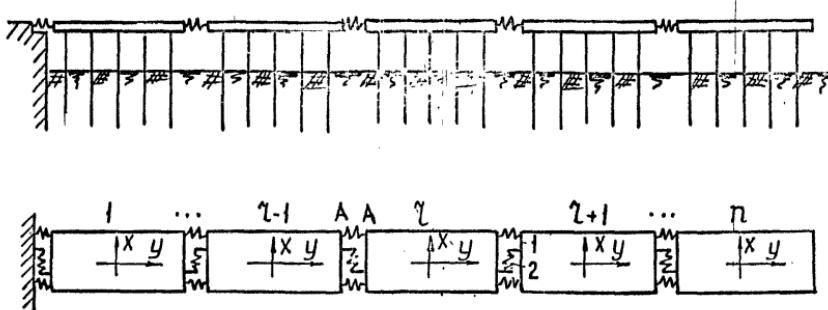


Рис. 1. Расчетная схема пирса в виде цепочки упруго соединенных секций.

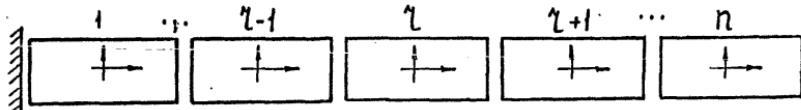


Рис. 2. Расчетная схема пирса, в виде цепочки изолированных секций (План).

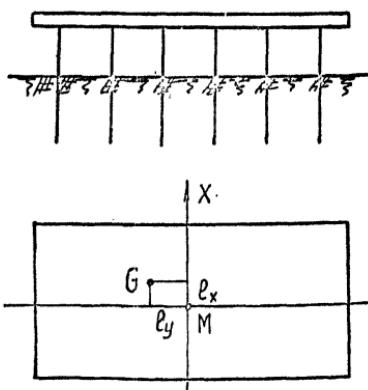


Рис. 3. Рабочая схема пирса в виде отдельной секции (M - центр масс, G - центр местности свайного поля).

отличающихся не более 2,0 м.

I.8. Расчетная масса рассчитываемой секции - максимальна возможная при эксплуатации. Расположение перемещаемых масс (кранов, груза и т.п.) по длине секции производится с таким расчетом, чтобы создать наибольший эксцентризитет между центром масс секции и центром жесткости свайного поля по длине секции. Расчет на сейсмостойкость необходимо производить обязательно с учетом эксцентризитета, величина которого выбирается из интервалов:

а) при расчетном сейсмическом воздействии вдоль оси X

$$\ell_y = b/d \pm 3,0\% L, \quad \ell_x = \bar{b}/\bar{d}; \quad (1)$$

б) при расчетном сейсмическом воздействии вдоль оси Y

$$\ell_y = b/d, \quad \ell_x = \bar{b}/\bar{d} \pm 3,0\% B. \quad (2)$$

где:  $\ell_y, \ell_x$  - проекции эксцентризитета на координатные оси Y и X,

$L, B$  - длина и ширина секции,

$d, b, \bar{d}, \bar{b}$  - коэффициенты жесткости свайного поля секции, определяются по формулам (I.9) Приложения I.

Примечания: 1. Расчет на сейсмостойкость необходимо производить для нескольких промежуточных значений эксцентризитетов из интервалов (1), (2), включая и границы, с шагом  $\ell_y = 1,0\% L, \ell_x = 1,0\% B$

2. Параметры пирса  $\Theta$  и  $d$  (см. Приложение I) при варьировании эксцентризитетов  $\ell_y$  и  $\ell_x$  допускается не пересчитывать.

3. При расчетном сейсмическом воздействии вдоль оси X при  $\ell_x \leq 3,0\% B$  допускается принимать  $\ell_x = 0$ , при расчетном сейсмическом воздействии вдоль оси Y при  $\ell_y \leq 3,0\% L$  допускается

принимать  $\ell_{ly} = 0$ .

1.9. Расчет на сейсмостойкость пирсов и набережных с соединенными секциями (рис.2) при сейсмическом воздействии вдоль оси X следует производить для нескольких вариантов размещения перемещаемых масс (кранов, груза и т.п.) по длине пирса или набережной, например: а) на свободном конце; б) посредине длины и т.д.

Причем, для пирса, соединенного одним концом с берегом, обязательным является случай расположения перемещаемых масс на наиболее удаленной от берега секции, если такой случай возможен при эксплуатации.

Перемещаемые массы на последней секции пирса следует располагать поочередно на левом и на правом конце.

Расчет производится для различных  $\ell_{ly}$ , которые принимаются из интервала

$$\ell_{ly} = b_n / A_n \pm 3,0\% L_n, \quad \ell_{lx} = \bar{b}_n / \bar{A}_n \quad (3)$$

где  $A_n, b_n$  - коэффициенты жесткости стального поля последней ( $n$ -й) секции

Примечания: 1. Расчет на сейсмостойкость необходимо производить для нескольких промежуточных значений эксцентриситета из интервала (3), включая и границы, с шагом  $\ell_{ly} = 1,0\% L_n$ .

2. Параметры  $\theta_n, d_n$  при варьировании эксцентриситета  $\ell_{ly}$  допускается не пересчитывать.

3. При расчетном сейсмическом воздействии вдоль оси X при  $\ell_{lx} \leq 3,0\% B_l$  ( $l = 1, 2, \dots, n$ ) допускается принимать  $\ell_{lx} = 0$ , при расчетном сейсмическом воздействии вдоль оси Y, при  $\ell_{ly} \leq 3\% L_l$  ( $l = 1, 2, \dots, n$ ), допускается принимать  $\ell_{ly} = 0$ .

## 2. РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАПРУЗОК

2.1. Проекции сейсмической силы на координатные оси и сейсмический момент, действующие на  $\zeta$ -ю секцию пирса или набережной по  $j$ -й форме колебаний, при направлении сейсмического воздействия вдоль оси X определяются по формулам

$$S_{rxj} = K_c \beta (T_j) \bar{C}_{wv} M_r g,$$

$$S_{ryj} = K_c \beta (T_j) \bar{C}_{wv} M_r g,$$

$$M_{rj} = K_c \beta (T_j) \bar{C}_{wv} \Theta_r g, \quad (4)$$

где  $K_c$  - коэффициент сейсмичности, принимается по таблице I в зависимости от бельности района строительства.

Бельность района строительства уточняется согласно п. I.5. СНиП П-Л. I2-69

Таблица I

Расчетная сейсмичность в баллах	7	8	9
Значение коэффициента $K_c$	0,025	0,05	0,1

$\beta (T_j)$  - коэффициент динамичности, определяется по формуле  $\beta = 1/T_j$ , однако  $0,8 \leq \beta \leq 3,0$ ,  $T_j$  - период свободных колебаний,

$M_r$  - масса  $\zeta$ -й секции,

$\Theta_r$  - момент инерции массы  $\zeta$ -й секции относительно центральной вертикальной оси,

$g$  - ускорение силы тяжести,

$\bar{C}_{wv}, \bar{C}_{wv}, \bar{C}_{wv}$  - коэффициенты, зависящие от формы свободных колебаний пирса или набережной, определяются по формулам

$$\tilde{\tau}_{zvvj} = V_{zj} \tilde{\delta}_{vj}, \quad \tilde{\tau}_{zuvj} = U_{zj} \tilde{\delta}_{vj}, \quad \tilde{\tau}_{z\varphi vj} = \varphi_{zj} \tilde{\delta}_{vj},$$

$$\tilde{\delta}_{vj} = \frac{\sum_{z=1}^n M_z V_{zj}}{\sum_{z=1}^n (M_z V_{zj}^2 + \Theta_z \varphi_{zj}^2 + M_z U_{zj}^2)}, \quad (5)$$

$V_{zj}$  - амплитуда перемещения центра масс  $z$ -й секции в направлении оси X при колебании пирса или набережной по  $j$ -й главной форме,

$\varphi_{zj}$  - амплитуда угла поворота  $z$ -й секции в горизонтальной плоскости при колебании пирса или набережной по  $j$ -й главной форме,

$U_{zj}$  - амплитуда перемещения центра масс  $z$ -й секции в направлении оси Y при колебании пирса по  $j$ -й главной форме,

$n$  - число секций в пирсе.

Примечание: В случае, если  $\Theta_x = 0$  для всех секций, расчетные формулы для определения сейсмических нагрузок упрощаются и имеют вид

$$S_{zxj} = K_c \beta(T_j) \tilde{\tau}_{zvvj} M_z g, \quad (6)$$

$$\tilde{M}_{zj} = K_c \beta(T_j) \tilde{\tau}_{z\varphi vj} \theta_z g, \quad S_{zyj} = 0, \quad (7)$$

$$\tilde{\delta}_{vj} = \frac{\sum_{z=1}^n M_z V_{zj}}{\sum_{z=1}^n (M_z V_{zj}^2 + \Theta_z \varphi_{zj}^2)}, \quad \tilde{\tau}_{zvvj} = V_{zj} \tilde{\delta}_{vj}, \quad \tilde{\tau}_{z\varphi vj} = \varphi_{zj} \tilde{\delta}_{vj}.$$

Остальные параметры, входящие в формулы (6), имеют тот же смысл, что и в (4).

2.2. Сейсмическая сила и сейсмический момент, действующие на  $z$ -ю секцию пирса или набережной по  $j$ -й форме колебаний, при направлении сейсмического воздействия вдоль оси Y, определяются по формулам

$$S_{zxj} = K_c \beta(T_j) \tilde{\tau}_{zyj} M_z g, \quad (8)$$

$$S_{zyj} = K_c \beta(T_j) \tilde{\tau}_{zuvj} M_z g;$$

$$\tilde{M}_{zj} = K_c \beta(T_j) \tilde{\tau}_{z\varphi vj} \theta_z g,$$

$$\tilde{\tau}_{zuvj} = V_{zj} \delta_{uj}, \quad \tilde{\tau}_{zuvj} = U_{zj} \delta_{uj}, \quad \tilde{\tau}_{z\varphi vj} = \varphi_{zj} \delta_{uj}, \quad \delta_{uj} = \frac{\sum_{z=1}^n M_z U_{zj}}{\sum_{z=1}^n (M_z V_{zj}^2 + \Theta_z \varphi_{zj}^2 + M_z U_{zj}^2)}.$$

Расчетная схема в виде отдельной секции.

2.3. Сейсмическая сила и сейсмический момент, действующие на отдельную секцию по  $j$ -й форме свободных колебаний при направлении сейсмического воздействия вдоль оси X определяются по формулам (4), где принято  $\zeta = 1$ . Коэффициенты формы имеют вид

$$\begin{aligned} \tau_{vvj} &= V_j \delta_{vj}, \quad \tau_{uvj} = U_j \delta_{vj}, \quad \tau_{uuj} = U_j \delta_{uj}, \\ \delta_{vj} &= \frac{MV_j}{MV_j^2 + \theta \psi_j^2 + MU_j^2}. \end{aligned} \quad (10)$$

2.4. Сейсмическая сила и сейсмический момент, действующие на отдельную секцию по  $j$ -й форме колебаний при направлении сейсмического воздействия вдоль оси Y, определяются по формулам (8), где принято  $\zeta = 1$ . Коэффициенты формы имеют вид

$$\tau_{vuj} = V_j \delta_{uj}, \quad \tau_{uuj} = U_j \delta_{uj}, \quad \tau_{uuj} = U_j \delta_{uj}, \quad (II)$$

$$\delta_{uj} = \frac{MU_j}{MV_j^2 + \theta \psi_j^2 + MU_j^2}$$

2.5. Для проверки правильности вычислений коэффициентов форм могут быть использованы формулы:

а) при сейсмическом воздействии вдоль оси X

$$\sum_{j=1}^3 \tau_{vvj} = 1, \quad \sum_{j=1}^3 \tau_{uuj} = 0, \quad \sum_{j=1}^3 \tau_{uuj} = 0, \quad (12)$$

где  $\sqrt{V}$  - число степеней свободы;

б) при сейсмическом воздействии вдоль оси Y

$$\sum_{j=1}^3 \tau_{vuj} = 0, \quad \sum_{j=1}^3 \tau_{uuj} = 0, \quad \sum_{j=1}^3 \tau_{uuj} = 1. \quad (13)$$

2.6. Максимальное перемещение центра масс и угол поворота в горизонтальной плоскости  $j$ -й секции при  $j$ -й главной форме колебаний определяются по формулам

$$V_{uj} = \frac{S_{vuj}}{M_j \omega_j^2}, \quad \psi_{uj} = \frac{m_{uj}}{\theta_j \omega_j^2}, \quad U_{uj} = \frac{S_{uuj}}{M_j \omega_j^2}, \quad (14)$$

где  $\omega_j$  - частота свободных колебаний.

2.7. Проекции перемещения на координатные оси Р-й сваи (опоры)  $\zeta$ -й секции, расположенной от центра масс секции с координатами  $Y_p, X_p$  определяются по формулам

$$V_{rpj} = V_{rj} + \varphi_{rj} Y_p, \quad U_{rpj} = U_{rj} + \varphi_{rj} X_p. \quad (15)$$

2.8. Проекции сейсмической силы на координатные оси и крутящий момент, воспринимаемые Р-й сваей (опорой)  $\zeta$ -й секции при  $j$ -й форме колебаний, определяются по формулам

$$S_{pxj} = C_{px} V_{rpj}, \quad S_{pyj} = C_{py} U_{rpj}, \quad M_{pj} = C_{py} \varphi_{rj} \quad (16)$$

где  $C_{px}, C_{py}, C_{py}$  - коэффициенты жесткости Р-й сваи при смещении ее вдоль осей X и Y и при повороте в горизонтальной плоскости.

2.9. Проекции сейсмической силы и сейсмический момент, воспринимаемые Р-й сваей (опорой), с учетом всех главных форм свободных колебаний, определяются по формулам

$$S_p = \sqrt{\sum_{j=1}^3 S_{pj}^2}, \quad S_{py} = \sqrt{\sum_{j=1}^3 S_{pj}^2}, \quad M_p = \sqrt{\sum_{j=1}^3 M_{pj}^2}. \quad (17)$$

2.10. Допустимая ширина температурного шва из условия исключения соударения соседних секций длинных пирсов определяется по формуле

$$t \geq 2(U_{rA} + U_{r-1A}), \quad (18)$$

где  $U_{rA}, U_{r-1A}$  - проекции на ось Y перемещений ближайших углов соседних  $\zeta$ -й и  $\zeta-1$ -й секций, расположенных в зоне температурного шва (рис. I,2).

2.11. Перемещение угла А  $\zeta$ -й секции при  $j$ -й форме колебаний определяется по формуле

$$U_{rAj} = U_{rj} + \varphi_{rj} X_A \quad (19)$$

где  $X_A$  - координата угла А от центральной оси Y.

2.12. Проекция перемещения угла А  $\zeta$ -й секции на ось Y с учетом высших форм колебаний определяется по формуле

$$U_{rA} = \sqrt{\sum_{j=1}^3 U_{rAj}^2} . \quad (20)$$

2.13. Расчеты по определению ширины температурного шва для случая, когда секции в пирсе изолированы, следует производить для различных значений эксцентриситетов между центрами масс и жесткости  $\tau$ -й секции, проекции которых на координатные оси принимаются из интервалов (1), (2).

2.14. Проекции на координатные оси усилий, воспринимаемых связями, соединяющими секции, при  $j$ -й форме колебаний, определяются по формуле:

$$S_{x\tau\tau-1j} = (V_{rj} - \psi_{rj} \beta_r - V_{r-1j} - \psi_{r-1j} \delta_r) C_{v\tau\tau-1} \quad (21)$$

где  $\beta_r, \delta_r$  - расстояния от центра масс  $\tau$ -й секции до ее левого и правого концов,

$C_{v\tau\tau-1}$  - коэффициент жесткости связей, соединяющих  $\tau$ -ю и  $\tau-1$ -ю секции (см. Приложение I).

2.15. Учет всех форм колебаний при расчете связей, соединяющих секций, производится по формуле вида (17)

### 3. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

3.1. При расчете свай, ригелей сейсмические нагрузки, определенные по изложенной методике, принимаются приложенными статически.

3.2. При расчете закладных в узле сопряжения свай с ригелем следует вводить коэффициент 1,2, повышающий расчетную нагрузку.

3.3. При расчете бетона секций усилие, передаваемое связями, соединяющими секции, следует принимать с повышающим коэффициентом 1,2.

#### 4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА СЕЙСМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

4.1. Расчет сейсмической нагрузки производится в следующей последовательности.

1. Определяется масса и момент инерции массы каждой  $\gamma$ -й секции ( $\gamma = 1, 2, \dots, n$ ).

2. Определяются коэффициенты жесткости  $\gamma$ -й секции  $a_\gamma, b_\gamma, \bar{a}_\gamma, \bar{b}_\gamma, d_\gamma$  ( $\gamma = 1, 2, \dots, n$ ).

3. Определяются коэффициенты жесткости связей, соединяющих секции пирса или набережной между собой,  $C_{\gamma\gamma-1}, C_{\gamma\gamma-1}, C_{\gamma\gamma-1}$ , ( $\gamma = 1, 2, \dots, n$ ).

4. Определяется расчетная схема пирса или набережной.

5. Определяются частоты и формы свободных колебаний пирса или набережной. По значению частот определяются коэффициенты динамичности  $\beta$ . По полученным формам свободных колебаний вычисляются коэффициенты форм  $\tilde{C}$ .

6. Определяются сейсмические нагрузки действующие на  $\gamma$ -ю секцию ( $\gamma = 1, 2, \dots, n$ ) пирса или набережной при колебании его по  $j$ -й главной форме ( $j = 1, 2, \dots, \nu$ ).

7. Определяются прогибы центра масс и угол поворота в горизонтальной плоскости  $\gamma$ -й секции при действии сейсмической нагрузки и момента по  $j$ -й форме колебаний.

8. Определяются проекции на координатные оси прогиба  $P$ -й сваи ( $P = 1, 2, \dots, M$ ). Затем определяются проекции расчетной сейсмической силы с учетом всех форм свободных колебаний.

9. Проверяется прочность свай.

10. Определяется минимально допустимая ширина температурно-осадочных швов.

4.2. Расчет производится для различных значений эксцентрикитета из интервалов (1), (2), (3).

## Приложение I

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНЕРЦИОННЫХ И ЖЕСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВАИНОГО ПОЛЯ ОТДЕЛЬНОЙ СЕКЦИИ И СВЯЗЕЙ, СОЕДИНЯЮЩИХ СЕКЦИИ МЕЖДУ СОБОЙ

#### Определение инерционных характеристик отдельной секции

I.1. Суммарная масса отдельной секции пирса равна сумме всех масс, расположенных на секции пирса

$$M = M_{в.стр} + M_{экспл} + \Delta M_{св} + \Delta M_b + M_{соср.}, \quad (I.1)$$

где  $M_{в.стр.}$  - масса верхнего строения секции;

$M_{экспл.}$  - масса эксплуатационной нагрузки;

$\Delta M_{св}$  - приведенная к уровню ростверка масса свай;

$\Delta M_b$  - приведенная к уровню ростверка масса присоединенной к связям воды;

$M_{соср.}$  - сосредоточенные массы (краны и т.д.).

I.2. Масса эксплуатационной нагрузки равна

$$M_{экспл.} = q L B / g, \quad (I.2)$$

$q$  - интенсивность эксплуатационной нагрузки;

$L, B$  - размеры плиты секции в плане.

I.3. Приведенная к уровню плиты масса свай определяется по формуле

$$\Delta M_{св} = K_1 \sum_{p=1}^m m_p L_p, \quad (I.3)$$

где  $m_p$  - погонная масса  $p$ -й сваи;

$L_p$  - расчетная длина  $p$ -й сваи, измеряется от заделки в ростверке до точки условного защемления в грунте;

$K_1$  - численный коэффициент, определяется по графику, приведенному на рис. I.2а в зависимости от коэф-

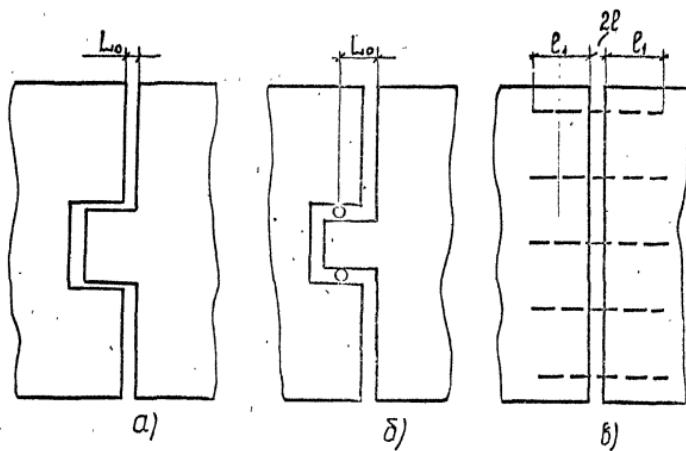


Рис. I.1. Схематическое изображение узлов соединения секций в зоне температурного шва. (план)  
а, б) - зубчат., в) шарнирными.

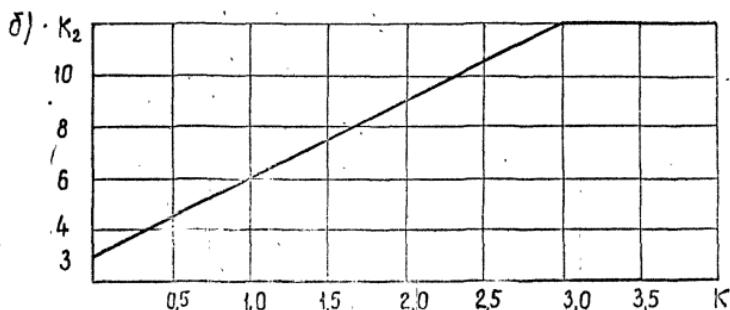
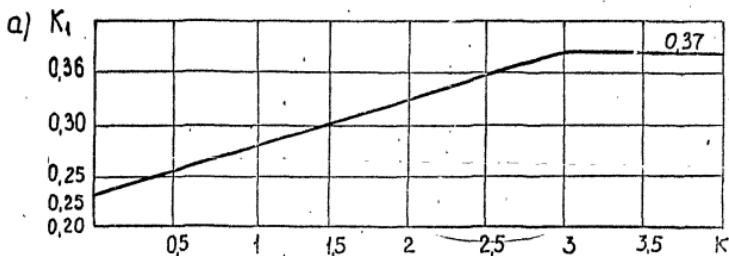


Рис. I.2. Графики коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$ .

коэффициента  $K$ , определяемого по формуле

$$K = \frac{(EI)_{\text{риг}} L_p}{(EI)_{\text{св}} L_{\text{риг}}}, \quad (I.4)$$

$(EI)_{\text{риг}}$  - изгибная жесткость ригеля;

$(EI)_{\text{св}}$  - изгибная жесткость свай;

$L_{\text{риг}}$  - пролет ригеля;

I.4. Приведенная к уровню плиты масса присоединенной к сваям воды определяется по формуле

$$\Delta M_B = K \sum_{p=1}^m \Delta M_p L_p^*, \quad (I.5)$$

где  $\Delta M_p$  - осредненная величина погонной присоединенной массы воды для  $p$ -й сваи;

$L_p^*$  - длина находящегося в воде участка  $p$ -й сваи.

Присоединенная масса воды  $\Delta M_p$  определяется по формуле

$$\Delta M_p = \rho d_p^2 \quad (I.6)$$

где  $\rho$  - плотность воды;  $\rho = 0,102 \text{ тс сек}^2/\text{м}^4$

$d_p$  - диаметр  $p$ -й сваи.

Массу плиты ростверка и эксплуатационной нагрузки, присоединенные массы свай, воды можно рассматривать как равномерно распределенные по площади плиты.

I.5. Вычисления по определению координат центра масс и момента инерции масс рекомендуется производить в табличной форме

№ эле- мен- та	Масса эле- мен- та	Координаты элемента от осей сравнений		$M_i X_i$	$M_i Y_i$	$M_i X_i^2$	$M_i Y_i^2$	$\theta_i$
		$X_i$	$Y_i$					
I	$M_i$	$X_i$	$Y_i$	5	6	7	8	9
	$M = \sum M_i$			$\sum M_i X_i$	$\sum M_i Y_i$	$\sum M_i X_i^2$	$\sum M_i Y_i^2$	$\sum \theta_i$

Оси сравнения для уменьшения погрешности вычислений следует принимать в центре плиты сечции в плане. В столбец 9 таблицы вписываются собственные моменты инерции  $\Theta_i$  i-й массы относительно центральной вертикальной оси этой массы.

Для равномерно распределенных нагрузок собственный момент инерции массы определяется по формуле

$$\Theta_i = \frac{M_i}{12} (L_i^2 + B_i^2),$$

где  $M_i$  - масса i-го элемента;

$L_i, B_i$  - размеры площади, занимаемой i-й массой.

Координаты центра масс сечки от осей сравнения определяются по формулам

$$X_0 = \frac{\sum M_i X_i}{\sum M_i}, \quad Y_0 = \frac{\sum M_i Y_i}{\sum M_i}. \quad (I.7)$$

Момент инерции массы сечки относительно центральной вертикальной оси определяется по формуле

$$\Theta = \sum M_i X_i^2 + \sum M_i Y_i^2 + \sum \Theta_i (X_0^2 + Y_0^2) \sum M_i. \quad (I.8)$$

I.6. Для пирса, у которого сечки между собой соединены упругими связями,  $M$  и  $\Theta$  вычисляются для всех сечек. Для пирса, сечки которого изолированы,  $M$  и  $\Theta$  вычисляются лишь для сечек, которые подлежат расчету.

Определение коэффициентов жесткости свайного поля отдельной сечки

I.7. Коэффициенты жесткости свайного поля i-й сечки определяются по формулам

$$A_i = \sum_{p=1}^m C_{px}, \quad b_i = \sum_{p=1}^m C_{px} Y_p, \quad \bar{A}_i = \sum_{p=1}^m C_{py},$$

$$d_i = \sum_{p=1}^m (C_{px} Y_p^2 + C_{py} X_p^2 + C_{py}), \quad \bar{b}_i = \sum_{p=1}^m C_{py} X_p, \quad (I.9)$$

где  $C_{px}, C_{py}$  - коэффициенты жесткости отдельной p-й сваи или козловой опоры в направлении осей X и Y,

$C_{py}$  - коэффициент крутильной жесткости p-й сваи (опоры)

$X_p, Y_p$  - координаты  $p$ -й сваи (опоры) от центра масс секции,  
- число свай (опор) в свайном поле секции.

1.8. Коэффициенты жесткости  $C_{px}, C_{py}$  отдельных свай или козловых опор определяются по любому обоснованному методу.

Для вертикальной сваи, жестко защемленной в грунте и упруго защемленной в ростверке, коэффициент жесткости определяется по формуле

$$C_p = K_2 E J / L_p^3, \quad (1.10)$$

где  $EJ$  - изгибная жесткость сваи;

$K_2$  - численный коэффициент - определяется по графику, приведенному на рис. 2б, в зависимости от коэффициента  $K$ , определяемого по формуле (1.4) настоящего Приложения;

$L_p$  - расчетная длина сваи; измеряется от заделки в ростверке до точки условного защемления в грунте.

Примечание: Расчетная длина сваи  $L_p$  может быть определена по ВСН 3-67/ММФ.

Для наклонной сваи козловой опоры, жестко защемленной в грунте и упруго защемленной в ростверке, коэффициенты жесткости  $C_{px}, C_{py}$  определяются по формулам,

$$C_{px} = \sqrt{\left[ \left( \frac{\sin^2 \alpha}{C'_{pz}} + \frac{\cos^2 \alpha}{C'_{px}} \right) \cos^2 \beta + \frac{\sin^2 \beta}{C'_{py}} \right]}, \quad (1.11)$$

$$C_{py} = \sqrt{\left[ \left( \frac{\sin^2 \alpha}{C'_{pz}} + \frac{\cos^2 \alpha}{C'_{px}} \right) \sin^2 \beta + \frac{\cos^2 \beta}{C'_{py}} \right]},$$

где  $\alpha$  - угол между наклонной сваей и осью  $Z$ ;

$\beta$  - угол между проекцией наклонной сваи на плоскость  $XU$  и осью  $X$ ,

$C'_{pz}, C'_{px(y)}$  - коэффициенты жесткости наклонной сваи при вдавливании и при изгибе;

$$C_{px(y)} = K_2 E J / L_p^3 ,$$

$C_{pz}^1 = \frac{1}{1/C_0 + H_0/EF}$  - для опор на грунтах слабой и средней плотности,

$C_{pz}^2 = \frac{1}{(H_0 + 0.5h)/EF}$  - для опор на полускальных и скальных основаниях,

$H_0$  - длина сваи, измеренная от точки пересечения линии дна до середины высоты ригеля,

$C_0 = (350 \div 500) N (tc/m)$  - коэффициент упругости части сваи, погруженной в грунт,  $N$  - несущая способность сваи,

$E$  - модуль упругости материала сваи,

$F$  - площадь сечения сваи,

$h$  - глубина погружения сваи.

1.9. Коэффициент крутильной жесткости вертикальной сваи

$C_{p\varphi}$  определяется по формуле:

для сваи-оболочки

$$C_{p\varphi} = G J_p / L_{pkp} , \quad (1.12)$$

где  $G$  - модуль упругости сдвига материала сваи,

$J_p$  - полярный момент инерции площади поперечного сечения сваи,

$L_{pkp}$  - расчетная длина сваи при кручении;

для призматической сваи

$$C_{p\varphi} = G b^4 \beta_0 / L_{pkp} , \quad (1.13)$$

где  $b$  - ширина сваи,

$\beta_0$  - коэффициент, равный 0,141.

Расчетная длина сваи при кручении  $L_{pkp}$  определяется по формуле

$$L_{pkp} = H_0 + h_3 ,$$

$h_0$  - длина сваи, измеренная от пересечения линии дна до середины высоты ригеля,

$h_3$  - расчетная глубина засечения ( $h_3 = 0,3+0,6h$ ), где  $h$  - глубина погружения сваи в грунт.

I.I0. Коэффициенты жесткости  $b$  и  $\bar{b}$  учитывают наличие эксцентриситета между центрами масс и жесткости секций. Проекции этого эксцентриситета на координатные оси равны

$$e_x = \bar{b}/\bar{a}, \quad e_y = b/a. \quad (I.14)$$

Определение коэффициентов жесткости связей в узлах соединения секций между собой.

I.I1. Коэффициенты жесткости узла соединения секций при относительном смещении соединенных концов секций вдоль оси  $y$ - $C_u$ , оси  $x$ - $C_v$  и при относительном повороте секций в горизонтальной плоскости -  $C_\varphi$  определяются расчетом для каждого температурного шва.

I.I2. Влияние жесткости связей, создаваемых трубопроводами, снабженными температурными компенсаторами и проходящими вдоль пирса, учитывать не следует.

а) секции соединены зубом (рис. I.Ia, б.)

I.I3. Коэффициент жесткости  $C_v$  определяется по формуле

$$C_v = GF/L_0, \quad C_u = 0, \quad C_\varphi = 0. \quad (I.15)$$

где  $GF$  - сдвиговая жесткость зуба,

$L_0$  - свободный пролет зуба между опорами.

б) секции соединены штырями (рис. I.Ib)

I.I4. Коэффициент жесткости штырей, расположенных в зоне температурного шва, определяется по формуле

$$C_v = \frac{3EJ_{\text{шт}}}{2(L^*)^3} \quad (I.16)$$

где  $EJ$  - изгибная жесткость штыря,

$L^*$  - расчетная длина штыря,

$n_w$  - количество штырей в зоне температурного шва.

I.15. Расчетная длина штыря определяется по формуле

$$L^* = L \sqrt[3]{1 + \frac{3[1+2LL+2(LL)^2]}{2(LL)^3}}, \quad (I.17)$$

где  $L$  - половина ширины температурного шва,

$$L = \sqrt[4]{K_y/4E_f}, \quad (I.18)$$

$K_y$  - коэффициент постели, создаваемый бетоном секции.

I.16. Коэффициент постели  $K_y$  определяется по формуле

$$K_y = \frac{E_f \omega_z}{\sqrt{F(1-\mu^2)}} d \quad (I.19)$$

где  $E_f$  - модуль упругости бетона секции (бетона замоноличивания),

$d$  - диаметр штиря,

$F=L/d$ , где  $L$  - длина участка штыря, замоноличенного в бетон секции,

$\mu$  - коэффициент Пуассона; для бетона  $\mu=0,17$

$\omega_z = 1,22$  - численный коэффициент.

I.17. В случае другой конструкции соединения соклий между собой расчетом определяются коэффициенты жесткости  $C_v, C_u, C_y$  для каждого температурного шва.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ И ФОРМ  
СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПИРСОВ

Расчетная схема пирса в виде цепочки из  
соединенных секций

2.1. Частоты и формы свободных колебаний определяются из  
решения следующих уравнений

для частот  $\Delta(\omega^2) = |C - \omega^2 A| = 0, \quad (2.1)$

для форм  $(C - \omega^2 A) \{W\} = 0, \quad (2.2)$

где  $C$  - матрица коэффициентов жесткости (матрица реакций),  
 $A$  - матрица инерционных членов,  
 $\{W\}$  - вектор координат.

2.2. Матрица реакций  $C$  имеет вид

$$C = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} & & & \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & & \\ 0 & R_{32} & R_{33} & R_{34} & \\ & & & \ddots & \\ & & & R_{n-1, n-2} & R_{n-1, n} & R_{n-1, n} \\ & & & & R_{nn-1} & R_{nn} \end{vmatrix} \quad (2.3)$$

$$R_{1,2-1} = \begin{vmatrix} K_{1,1-1}^{vv} & K_{1,2-1}^{vq} & 0 \\ K_{1,2-1}^{qv} & K_{1,2-1}^{qq} & 0 \\ 0 & 0 & K_{1,2-1}^{uu} \end{vmatrix}, \quad R_{12} = \begin{vmatrix} K_{12}^{vv} & K_{12}^{vq} & 0 \\ K_{12}^{qv} & K_{12}^{qq} & K_{12}^{uu} \\ 0 & K_{12}^{uq} & K_{12}^{uu} \end{vmatrix},$$

$$R_{1,2+1} = \begin{vmatrix} K_{1,2+1}^{vv} & K_{1,2+1}^{vq} & 0 \\ K_{1,2+1}^{qv} & K_{1,2+1}^{qq} & 0 \\ 0 & 0 & K_{1,2+1}^{uu} \end{vmatrix},$$

$$R_{21} = R_{12}^T, R_{32} = R_{23}^T, \dots, R_{n,n-1} = R_{n-1,n}^T,$$

где  $R^T$  - транспонированная матрица  $R$ ;

$K$  - реакции, определяются по формулам, приведенным ниже,

$\ell$  - номер рассматриваемой секции ( $\ell = 1, 2, \dots, n$ ),

$$K_{\ell,\ell-1}^{vv} = -C_{v\ell,\ell-1}, \quad K_{\ell,\ell-1}^{v\ell} = -C_{v\ell,\ell-1} \Delta_{\ell-1}, \quad K_{\ell,\ell-1}^{v\ell} = C_{v\ell,\ell-1} \beta_{\ell},$$

$$K_{\ell,\ell-1}^{v\ell} = C_{v\ell,\ell-1} \Delta_{\ell-1} \beta_{\ell} - C_{v\ell,\ell-1}, \quad K_{\ell,\ell-1}^{uu} = -C_{u\ell,\ell-1},$$

$$K_{\ell\ell}^{vv} = \bar{a}_{\ell} + C_{v\ell,\ell-1} + C_{v\ell,\ell+1}, \quad K_{\ell\ell}^{v\ell} = b_{\ell} + C_{v\ell,\ell-1} \Delta_{\ell} - C_{v\ell,\ell-1} \beta_{\ell}, \quad (2.4)$$

$$K_{\ell\ell}^{v\ell} = b_{\ell} + C_{v\ell,\ell-1} \Delta_{\ell} - C_{v\ell,\ell-1} \beta_{\ell}, \quad K_{\ell\ell}^{u\ell} = \bar{a}_{\ell} + C_{u\ell,\ell-1} \Delta_{\ell}^2 +$$

$$+ C_{v\ell,\ell-1} \beta_{\ell}^2 + C_{v\ell,\ell-1} + C_{v\ell,\ell-1}, \quad K_{\ell\ell}^{uu} = \bar{b}_{\ell}, \quad K_{\ell\ell}^{u\ell} = \bar{b}_{\ell},$$

$$K_{\ell\ell}^{uu} = \bar{a}_{\ell} + C_{u\ell,\ell-1} + C_{u\ell,\ell+1},$$

$$K_{\ell,\ell+1}^{vv} = -C_{v\ell,\ell+1}, \quad K_{\ell,\ell+1}^{v\ell} = C_{v\ell,\ell+1} \beta_{\ell+1}, \quad K_{\ell,\ell+1}^{v\ell} = -C_{v\ell,\ell+1} \Delta_{\ell},$$

$$K_{\ell,\ell+1}^{v\ell} = -C_{v\ell,\ell+1} + C_{v\ell,\ell+1} \beta_{\ell+1} \Delta_{\ell}, \quad K_{\ell,\ell+1}^{uu} = -C_{u\ell,\ell+1},$$

$\Delta_{\ell} \beta_{\ell}$  - расстояние от центра масс  $\ell$ -й секции до правого и левого ее концов.

2.3. Матрица инерционных членов  $A$  и вектор координат  $\{W\}$

имеют вид

$$A = \begin{bmatrix} Q_1 & & & & \\ & Q_2 & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & Q_n & \end{bmatrix},$$

где

$$Q_{\ell} = \begin{bmatrix} M_{\ell} & & & \\ & \theta_{\ell} & & \\ & & M_{\ell} & \end{bmatrix},$$

$$\{W\} = \begin{Bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{Bmatrix}, \quad (2.5)$$

$$\{W_z\} = \begin{Bmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ \vdots \\ \psi_n \end{Bmatrix}$$

2.4. Из частотного уравнения  $\Delta(\omega^2) = 0$  (2.1) определяются частоты свободных колебаний  $\omega_j$  ( $j = 1, 2, \dots, v$ ), затем после

подстановки  $\hat{\omega}_j$  в уравнении (2.2) определяется соотношение координат  $\psi_{ij}$  и  $u_{ij}$ .

Расчетная схема пирса в виде отдельной секции

Частоты свободных крутильно-поступательных колебаний секции определяются из решения следующих уравнений

$$\text{для частот } \Delta(\hat{\omega}^2) = |C - \hat{\omega}^2 A| = 0, \quad (2.6)$$

$$\text{для форм } (C - \hat{\omega}^2 A) \{W\} = 0, \quad (2.7)$$

где  $C$  - матрица коэффициентов жесткости (матрица реакций),

$A$  - матрица инерционных членов,

$\{W\}$  - вектор координат,

$$C = \begin{vmatrix} a & b & 0 \\ b & d & \bar{b} \\ 0 & \bar{b} & \bar{a} \end{vmatrix}, \quad A = \begin{vmatrix} M & & & \\ & \theta & & \\ & & M & \\ & & & \end{vmatrix}, \quad \{W\} = \begin{Bmatrix} \psi \\ u \end{Bmatrix}. \quad (2.8)$$

Для проверки правильности вычислений форм колебаний используется формула

$$\left(\frac{\psi}{u}\right)_i \left(\frac{\psi}{u}\right)_j + \left(\frac{u}{u}\right)_i \left(\frac{u}{u}\right)_j = -\frac{\theta}{M}, \quad (2.9)$$

где  $i, j$  - номера форм свободных колебаний,

$i \neq j$ ;  $i, j = 1, 2, 3$ .

При отсутствии ЭВМ частоты и формы колебаний могут быть определены по следующим формулам.

В случае, если в секции  $\ell_x = 0$ ,  $\ell_y \neq 0$  и предполагается исследовать сейсмическое воздействие вдоль оси X, частоты свободных колебаний секции определяются по формуле

$$\omega_{12} = \sqrt{\frac{1}{2} \left( \frac{a}{M} + \frac{d}{\theta} \right) \pm \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{a-d}{M\theta} \right)^2 + \frac{b^2}{M\theta}}}. \quad (2.10)$$

Формы свободных колебаний (соотношения координат) определяются по формулам

$$\left(\frac{\psi}{u}\right)_j = -\frac{b}{a - M\omega_j^2} = -\frac{d - \theta\omega_j^2}{b}, \quad (j=1,2) \quad (2.11)$$

Для проверки правильности вычислений форм колебаний используется формула

$$\left(\frac{u}{\Psi}\right)_1 \left(\frac{u}{\Psi}\right)_2 = -\frac{\theta}{M}. \quad (2.12)$$

В случае, если в секции  $\ell_x \neq 0, \ell_y = 0$  и предполагается исследовать сейсмическое воздействие вдоль оси Y, частоты свободных колебаний секции определяются по формуле

$$\omega_{iq} = \sqrt{\frac{1}{2} \left( \frac{\bar{a}}{M} + \frac{d}{\theta} \right) \pm \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{\bar{a}}{M} - \frac{d}{\theta} \right)^2 + \frac{b^2}{M\theta}}}. \quad (2.13)$$

Формы свободных колебаний определяются по формулам

$$\left(\frac{u}{\Psi}\right)_j = -\frac{b}{\bar{a} - M\omega_j^2} = -\frac{d - \theta\omega_j^2}{b}, \quad (j=1,2) \quad (2.14)$$

Для проверки правильности вычислений форм колебаний используется формула

$$\left(\frac{u}{\Psi}\right)_1 \cdot \left(\frac{u}{\Psi}\right)_2 = -\frac{\theta}{M}. \quad (2.15)$$

Приложение 3.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПИРСОВ НА СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ

Пример I. Определить расчетную сейсмическую нагрузку, действующую на нефтепирс, строящийся в районе с сейсмичностью в 7 баллов (рис. 3.1). Размеры технологической секции в плане  $Л \times В = 76 \times 38$  м. Вес верхнего строения технологической площадки с учетом трубопроводов - 7850 тс, вес стендеров - 633 тс, вес операторской башни - 340 тс. Технологическая секция расположена на свайном основании из предварительно-напряженных колонн-оболочек с наружным диаметром 1,6 м толщиной стенки 0,15 м. План свайного поля показан на рис. 3.2. Количество свай в свайном поле секции - 63.

I. Определение массы, момента инерции  
массы секции и положения центра  
масс

Приведенная к ростверку масса свай (I.3)

$$M_p = 0,193 \text{ тс} \cdot \text{сек}^2 / \text{м}^2, \quad L_p = 17,9 \text{ м}$$

$$\Delta M_{cb} = 0,37 \sum_{i=1}^{63} M_p L_p = 0,37 \cdot 63 \cdot 0,193 \cdot 17,9 = 69,0 \text{ тс} \cdot \text{сек}^2 / \text{м}$$

Приведенная к ростверку масса присоединенной воды (I.5)

$$\Delta M_p = 0,21 \text{ тс} \cdot \text{сек}^2 / \text{м}^2, \quad L_p^* = 13,5 \text{ м},$$

$$\Delta M_w = 0,37 \sum_{i=1}^{63} \Delta M_p L_p^* = 0,21 \cdot 63 \cdot 13,5 = 66 \text{ тс} \cdot \text{сек}^2 / \text{м}.$$

Масса верхнего строения с учетом присоединенных масс свай и воды

$$M_{в.стр.} = 800 + 69 + 66 = 925 \text{ тс} \cdot \text{сек}^2 / \text{м}.$$

Оси сравнения приняты в центре плиты в плане.

Дальнейшие вычисления в таблице 3.1.

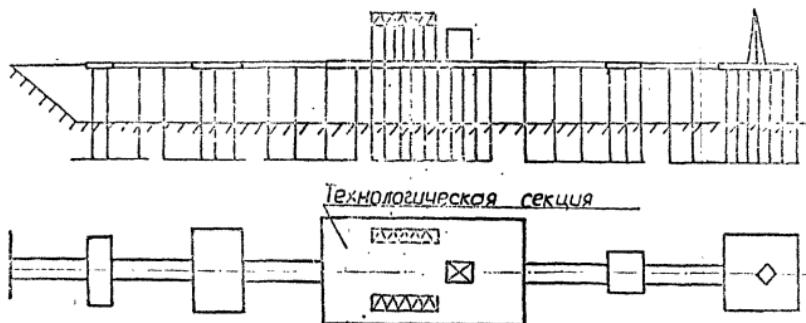


Рис. 3.1. Схема нефтепирса.

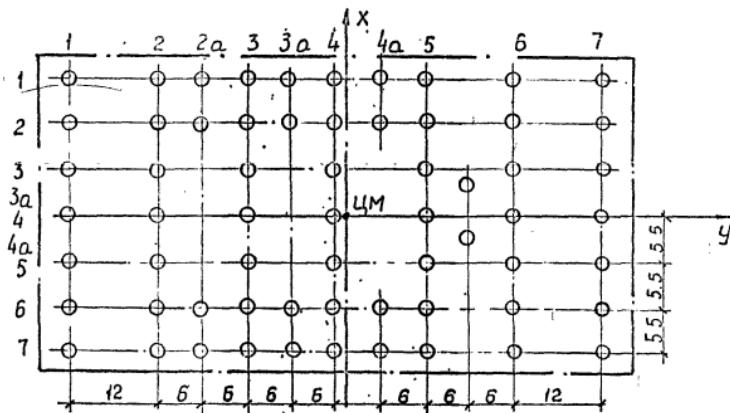


Рис. 3.2. План свайного поля нефтепирса.

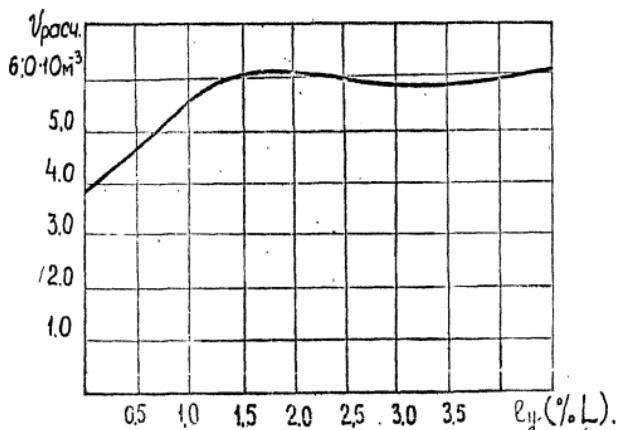


Рис. 3.3. График  $V_{\text{расч}} (e_y)$ .

Таблица 3.1

Элементы	M	X	Y	MX	MY	MX <sup>2</sup>	MY <sup>2</sup>	θ
Верхнее строение	925	0	0	0	0	0	0	$55,18 \cdot 10^4$
Опера- торская	35	0	18	0	625	0	$1,12 \cdot 10^4$	$0,05 \cdot 10^4$
Стенде- ра	32	12	0	384	0	$0,46 \cdot 10^4$	0	$0,30 \cdot 10^4$
Стенде- ра	32	-12	0	-384	0	$0,46 \cdot 10^4$	0	0
	1024			0	625	$0,92 \cdot 10^4$	$1,12 \cdot 10^4$	$55,53 \cdot 10^4$

Координаты центра масс от оси сравнения (I.7)

$$X_0 = \frac{\sum MX}{\sum M} = 0, \quad Y_0 = \frac{\sum MY}{\sum M} = \frac{625}{1024} = 0,6 \text{ м.}$$

Масса секции (I.1)

$$M = 1024 \text{ тс. сек}^2/\text{м}$$

Момент инерции массы (I.8)  $\Theta = 56,9 \cdot 10^4 \text{ тс. сек}^2 \cdot \text{м}$ 

## 2. Определение коэффициентов жесткости свайного поля секции

Расчетная схема отдельной сваи: свая жестко заделана в  
грунте и ростверке.

Исходные данные по свае

$$L_p = 17,9 \text{ м; } E = 3,8 \cdot 10^6 \text{ тс/м}^2; \quad G = 1,52 \cdot 10^6 \text{ тс/м}^2;$$

$$J = 0,2 \text{ м}^4; \quad J_p = 0,4 \text{ м}^4; \quad L_{p\text{кр}} = 20 \text{ м.}$$

Коэффициенты жесткости отдельной сваи в направлениях X -  $C_{px}$ ,  
Y -  $C_{py}$ ,  $\varphi$  -  $C_{p\varphi}$ , (I.10) (I.12)

$$C_{px} - C_{py} = \frac{12EJ}{l_p^3} = 1595 \text{ тс/m}, \quad C_{p\varphi} = \frac{GJ_p}{l_{p\varphi}} = 30,4 \cdot 10^3 \text{ тс·м}.$$

Используя план свайного поля (рисунок 3.2) и полученные результаты по коэффициентам жесткостей отдельной сваи, по формулам (I.9) определяются коэффициенты жесткостей свайного поля секции.

Расчет рекомендуется производить в табличной форме. Результаты расчета следующие:

$$a - \bar{a} = 100 \cdot 10^3 \text{ тс/m}, \quad b = 120 \cdot 10^3 \text{ тс}, \quad \bar{b} = 0, \quad d = 62 \cdot 10^6 \text{ тс·м}.$$

Проекции эксцентриситета между центрами масс и жесткости на координатные оси (I.13)

$$e_x = 0, \quad e_y = -12 \text{ м} = -1,58 \% L.$$

Согласно пункту I.8, Указаний, максимально возможный эксцентриситет получаем увеличением  $e_y$  на 3% L.

Дальнейший расчет производится для эксцентриситетов

$$e_y = 0 \div 4,5 \% L.$$

### 3. Определение сейсмических сил и моментов, действующих на секцию при сейсмическом воздействии

Приведем расчет, выполненный без применения ЭМ.

Коэффициент сейсмичности при балльности района 7 баллов равен  $K_c = 0,025$ .

Вычисления, необходимые для расчета сейсмических сил приведены в табличной форме (см.табл.3.2).

В пунктах 25-28 таблицы 32 подсчитываются прогибы в направлении оси X наиболее удаленных от центра масс свай соответственно по первой и второй формам колебаний.

$\Upsilon_{11}, \Upsilon_{12}$  - прогибы отдельной сваи, расположенной в первом поперечном свайном ряду,

$\Upsilon_{71}, \Upsilon_{72}$  - прогибы отдельной сваи, расположенной в седьмом

Таблица 3.2.

3.2 пп	Определяемая величина	Фор- мулы	εγ β %				
			0	0,5	1,56	3,0	4,5
I	2	3	4	5	6	7	8
I	$b$ (тс)	(I.I4)	0	$-38,2 \cdot 10^3$	$-120 \cdot 10^3$	$-229 \cdot 10^3$	$-343,6 \cdot 10^3$
2	$\omega_1^2$ (1/сек <sup>2</sup> )	(2.I0)	98,2	37,8	96,14	92,61	88,34
3	$\omega_2^2$ (1/сек <sup>2</sup> )	(2.I0)	109,0	109,5	III,2	II4,7	II9,0
4	$T_1$ (сек)		0,634	0,636	0,64	0,65	0,67
5	$T_2$ (сек)		0,603	0,602	0,60	0,59	0,58
6	$\beta_1$		I,53	I,57	I,56	I,53	I,50
7	$\beta_2$		I,65	I,66	I,68	I,71	I,74
8	$\mathcal{V}_1/\psi_1$	(2.II)		I68	6I,35	40,9	34,4
9	$\mathcal{V}_2/\psi_2$	(2.II)		-3,3I	-9,06	-I3,6	-I6,15
I0	Проверка	(2.I2)	-555	-555	-555	-555	-555
II	$\tilde{\Gamma}_{vv1}$	( I0 )	I	0,98I	0,872	0,75I	0,68
I2	$\tilde{\Gamma}_{vv2}$	( I0 )	0	0,0I9	0,128	0,249	0,32
I3	$\tilde{\Gamma}_{\psi v1}$	( I0 )	0	0,0058	0,0142	0,0184	0,0198
I4	$\tilde{\Gamma}_{\psi v2}$	( I0 )	0	-0,0058	-0,0142	-0,0184	-0,0198
I5	Проверка	( I2 )	I,0	I,0	I,0	I,0	I,0

I	2	3	4	5	6	7	8
I6	Проверка	(I2)	0	0	0	0	0
I7	$S_{x1}$ (TC)	(4)	392,0	382,0	338,0	284,5	252,0
I8	$S_{x2}$ (TC)	(4)	0	7,8	53,2	105,0	137,2
I9	$m_1$ (TC·M)	(4)	0	1265	3063	3890	4080
I10	$m_2$ (TC·M)	(4)	0	-1338	-3290	-4325	-4730
I11	$\mathcal{V}_1$ (M)	(I4)	$3,9 \cdot 10^{-3}$	$3,81 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$3,01 \cdot 10^{-3}$	$2,79 \cdot 10^{-3}$
I12	$\mathcal{V}_2$ (M)	(I4)	0	$0,066 \cdot 10^{-4}$	$0,475 \cdot 10^{-4}$	$0,896 \cdot 10^{-4}$	$1,135 \cdot 10^{-4}$
I13	$\varphi_1$	(I4)	0	$0,227 \cdot 10^{-4}$	$0,56 \cdot 10^{-4}$	$0,738 \cdot 10^{-4}$	$0,813 \cdot 10^{-4}$
I14	$\varphi_2$	(I4)	0	$-0,214 \cdot 10^{-3}$	$-0,52 \cdot 10^{-4}$	$0,663 \cdot 10^{-4}$	$-0,699 \cdot 10^{-4}$
I15	$\mathcal{V}_{x1}$ (M)	(I5)	$3,9 \cdot 10^{-3}$	$2,98 \cdot 10^{-3}$	$1,35 \cdot 10^{-3}$	$0,3 \cdot 10^{-3}$	$0,18 \cdot 10^{-3}$
I16	$\mathcal{V}_{x2}$ (M)	(I5)	0	$0,79 \cdot 10^{-3}$	$2,38 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-3}$	$3,69 \cdot 10^{-3}$
I17	$\mathcal{V}_{z1}$ (M)	(I5)	$3,9 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$5,63 \cdot 10^{-3}$	$5,67 \cdot 10^{-3}$
I18	$\mathcal{V}_{z2}$ (M)	(I5)	0	$-0,69 \cdot 10^{-3}$	$-1,37 \cdot 10^{-3}$	$-1,35 \cdot 10^{-3}$	$-1,34 \cdot 10^{-3}$
I19	$\mathcal{U}_{z1}$ (M)	(I5)	0	$-0,375 \cdot 10^{-3}$	$-0,924 \cdot 10^{-3}$	$-1,22 \cdot 10^{-3}$	$-1,34 \cdot 10^{-3}$
I20	$\mathcal{U}_{z2}$ (M)	(I5)	0	$0,353 \cdot 10^{-3}$	$0,858 \cdot 10^{-3}$	$1,09 \cdot 10^{-3}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$
I21	$\mathcal{V}_{z1 \cdot y}$ (M)		$3,9 \cdot 10^{-3}$	$4,615 \cdot 10^{-3}$	$5,875 \cdot 10^{-3}$	$5,76 \cdot 10^{-3}$	$5,826 \cdot 10^{-3}$
I22	$\mathcal{V}_{z2 \cdot y}$ (M)		0	$0,775 \cdot 10^{-3}$	$1,617 \cdot 10^{-3}$	$1,738 \cdot 10^{-3}$	$1,767 \cdot 10^{-3}$
I23	$\mathcal{V}_z$ (PACy) (M)	(I7)	$3,9 \cdot 10^{-3}$	$4,648 \cdot 10^{-3}$	$5,984 \cdot 10^{-3}$	$5,89 \cdot 10^{-3}$	$5,958 \cdot 10^{-3}$

поперечном свайном ряду.

В пунктах 29,30 таблицы 3.2 подсчитаны прогибы наиболее удаленных от центра масс свай в направлении оси У соответственно по первой и второй формам колебаний.

$U_1, U_2$  - прогибы крайних свай, расположенных в седьмом поперечном ряду.

Поскольку коэффициенты жесткости отдельной сваи в направлениях координатных осей  $C_{px}$  и  $C_{py}$  равны, то вначале подсчитывается суммарный прогиб (см. пункты 31 и 32 таблицы 3.2) по первой и второй формам колебаний, а затем определяется расчетный прогиб с учетом суммирования по собственным формам колебаний. На рис.3.3 представлен график  $U$  расч. от  $\theta_y$ .

По максимальной величине расчетного прогиба определяется сейсмическая нагрузка, приложенная к голове сваи, расположенной в седьмом поперечном ряду

$$S_{\theta \text{расч.}} = C_p V_{\theta \text{расч.}} = 6,1 \cdot 10^3 \cdot 1595 = 9,75 \text{ тс}$$

Расчет с использованием ЭВМ может быть выполнен по прилагаемой программе.

Пример 2. Определить расчетную сейсмическую нагрузку, действующую на пирс, строящийся в районе с сейсмичностью в 7 баллов. Пирс состоит из двух секций (рис. 3.4). Секции между собой и берегом соединены зубом, препятствующим относительному смещению соединенных концов секций в поперечном направлении. Каждая секция расположена на свайном основании из 15 предварительно напряженных колонн-оболочек с наружным диаметром 1,6 м. Обе секции симметричные и имеют одинаковые размеры  $L \times B = 60 \text{ м} \times 17 \text{ м}$ .

Приведем основные исходные данные по секциям.

#### 1. Инерционные характеристики

$$M_1 = M_2 = 660 \text{ тс} \cdot \text{сек}^2/\text{м}, \quad \theta_1 = \theta_2 = 210 \cdot 10^3 \text{ тс} \cdot \text{м} \cdot \text{сек}^2.$$

#### 2. Жесткостные характеристики свайного поля.

$$a_1 = a_2 = 21 \cdot 10^3 \text{ тс}/\text{м}, \quad b_1 = b_2 = 0, \quad d_1 = d_2 = 10322,8 \cdot 10^3 \text{ тс} \cdot \text{м};$$

коэффициенты жесткости отдельной сваи

$$C_{px} = C_{py} = 1400 \text{ тс}/\text{м}, \quad C_{p\varphi} = 30 \cdot 10^3 \text{ тс} \cdot \text{м}.$$

#### 3. Коэффициенты жесткости связей соединения секций между собой

$$C_{v10} = C_{v21} = 130 \cdot 10^3 \text{ тс}/\text{м}.$$

#### 4. Расстояние от центра масс обеих секций до наиболее удаленных свай

$$Y_{pmax} = 30 \text{ м}, \quad X_{pmax} = 5,5 \text{ м}$$

Расчет производится на сейсмические воздействия, направленные вдоль оси X.

Согласно требованиям п. 1.10 Указаний расчет производится с учетом эксцентричности между центрами масс и жесткости второй секции  $\ell_{2y} = 0 \pm 3,0\% L_2, \quad \ell_{2\varphi} = \ell_{2X} = \ell_{2y} = 0$ .

Расчет производится для следующих значений  $\ell_{2y}$

$$1) \ell_{2y} = 0\% L_2, \quad 2) \ell_{2y} = \pm 1,0\% L_2, \quad 3) \ell_{2y} = \pm 2,0\% L_2, \quad 4) \ell_{2y} = \pm 3,0\% L_2.$$

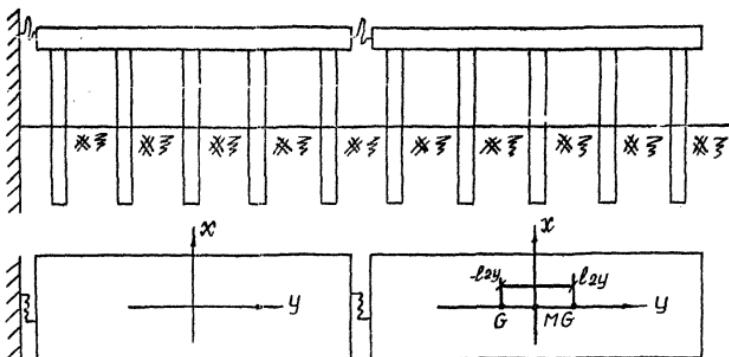
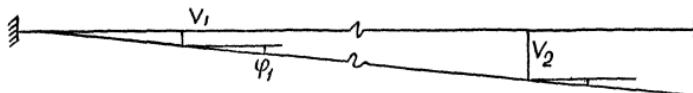
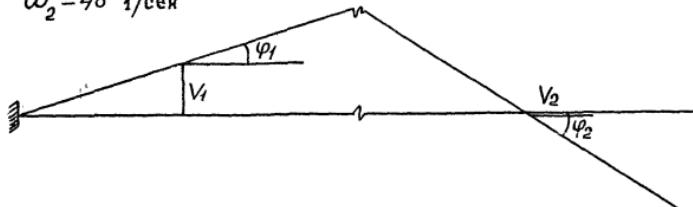


Рис. 3.4 Схема пирса к примеру 2.

$$\omega_1^2 = 34 \text{ 1/сек}^2$$



$$\omega_2^2 = 48 \text{ 1/сек}^2$$



$$\omega_3^2 = 804 \text{ 1/сек}^2$$



$$\omega_4^2 = 12009 \text{ 1/сек}^2$$

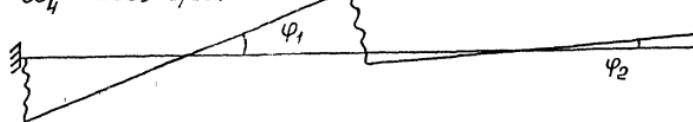


Рис. 3.5 Формы свободных колебаний пирса при  $l_{2y} = 0$

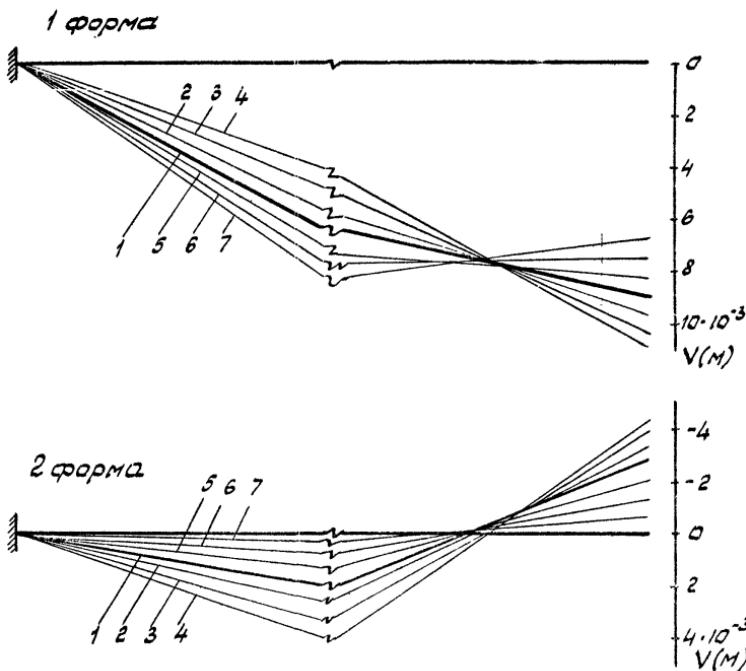


Рис. 3.6 Формы деформации шарса при сейсмических колебаниях для различных значений  $e_{2y}$ : 1)  $e_{2y} = 0$ ,  
2)  $e_{2y} = -\frac{1}{2}L$ , 3)  $e_{2y} = -\frac{1}{3}L$ , 4)  $e_{2y} = -\frac{1}{4}L$ ,  
5)  $e_{2y} = \frac{1}{2}L$ , 6)  $e_{2y} = \frac{2}{3}L$ , 7)  $e_{2y} = \frac{3}{4}L$ .

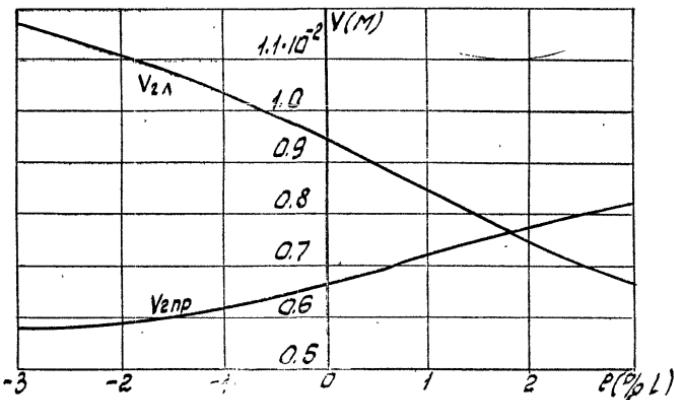


Рис. 3.7 График зависимости суммарных прогибов левого и правого концов второй секции от величины эксцентриситета  $e_{2y}$

Варьирование  $\varepsilon_{2y}$  при расчете приведет к изменению лишь коэффициентов  $K_{22}^{vv}$  и  $K_{22}^{wv}$  в матрице реакций С.

Матрицы С, А, {W} имеют вид

$$C = \begin{vmatrix} K_{11}^{vv} & K_{11}^{wv} & K_{12}^{vv} & K_{12}^{wv} \\ K_{11}^{wv} & K_{11}^{ww} & K_{12}^{wv} & K_{12}^{ww} \\ K_{21}^{vv} & K_{21}^{wv} & K_{22}^{vv} & K_{22}^{wv} \\ K_{21}^{wv} & K_{21}^{ww} & K_{22}^{wv} & K_{22}^{ww} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 281000 & 0 & -130000 & 3900000 \\ 0 & 244322800 & -3900000 & 117000000 \\ -130000 & -3900000 & 151000 & -3900000 \pm b_2 \\ 3900000 & 117000000 & -3900000 \pm b_2 & 127322800 \end{vmatrix}$$

$$A = \begin{vmatrix} M_1 & & & \\ & \Theta_1 & & \\ & & M_2 & \\ & & & \Theta_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 660 & & & \\ & 210000 & & \\ & & 660 & \\ & & & 210000 \end{vmatrix}, \quad \{W\} = \begin{Bmatrix} V_1 \\ \Psi_1 \\ V_2 \\ \Psi_2 \end{Bmatrix}$$

В матрице С численные значения коэффициентов  $K_{22}^{vv}$  и  $K_{22}^{wv}$  соответствуют случаю  $\varepsilon_{2y} = 0$ .

Дальнейшее решение производится согласно Программе, приведенной в Приложении 4.

Результаты расчета выдаются на ленту в последовательности, приведенной в пояснении к Программе. В выполненном примере расчет произведен в последовательности от низшей частоты к высшей. Результаты расчета приведены на страницах 38-44.

На рис. 3.5 приведены формы колебания пирса для  $\varepsilon_{2y} = 0$ .

Далее по формулам (15), (16), (17) определяются прогибы свай и усилия, воспринимаемые ими при сейсмических колебаниях.

На рис. 3.7 приведены графики зависимости прогибов свай, расположенных под левым  $U_2^s$  и правым  $U_2^{np}$  концами второй секции пирса, с учетом высших форм колебаний от величины  $\varepsilon_{2y}$ .

Таким образом, прогибы свай, расположенных на свободном конце пирса, достигают максимума при  $\varepsilon_{2y} = -3,0\%L_2$  и равны

$$U_{px}^{np} = 0,0117 \text{ м.}$$

Сейсмическая сила, воспринимаемая одной из крайних свай, равна

$$S_{px} = C_p \cdot V_{px}^{np} = 1400 \cdot 0,0117 = 16,4 \text{ тс.}$$

При  $l_{2y} = 0$ ,  $V_{px}^{np} = 0,0095 \text{ м}$ ,  $S_{px} = 13,3 \text{ тс}$

Для сравнения были определены прогибы свай и усилия, воспринимаемые ими при расчете по плоской расчетной схеме. Результаты расчета следующие:

$$V_{px} = 0,00694 \text{ м}, \quad S_{px} = 9,7 \text{ тс.}$$

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТУ ПРИМЕРА 2

Адрес	Содержимое
55n	0,0001
56n	0,025
57n	10000000
58n	9,8
59m	4
60m	4
61m	4
62m	0
63m	1
64m	2
65n	660
66n	210000
67n	660
68n	210000
105n	0,0281
106n	0
107n	-0,013
108n	0,39
109n	24,4322
110n	-0,39
111n	11,7
112n	0,0151
113n	-0,39
114n	12,73228

$e_{24} = 0$  Результаты расчетов

55n  
0,0001 0,025 10000000 9,81 w  
59n  
4 4 4 0 1 2 w  
65n  
660 210000 660 210000 w  
105n  
0,0281 0 -0,013 0,39 24,43228 -0,39 11,7 0,0151  
-0,39 12,73228 w  
1710w

32,79782629  
0,384079 0,012586  
0,923199 0,005231 =  
0,474159 0,015538 =  
1,139720 0,006453 =  
0,91  
69,955152 729,403785  
168,148893 303,164947 =  
0,003231 0,000105 =  
0,007767 0,000044 =  
=====  
43,39106035  
-0,920707 -0,029635  
0,382346 0,072322 =  
0,168735 0,005431 =  
-0,070071 -0,013254 =  
1,04  
28,533814 293,252494  
-11,890904 -715,654437 =  
0,000999 0,000032 =  
-0,000415 -0,000078 =  
=====  
64d,72910308  
-0,959494 0,039205  
0,277622 -0,026938 =  
0,380854 -0,015561 =  
-0,110221 0,010692 =  
3,00  
184,940984 -2404,420135  
-53,522868 1652,128265 =  
0,000431 -0,000017 =  
-0,000125 0,000012 =  
=====  
1699,36795043  
0,507416 0,113685  
-0,850318 0,061015 =  
-0,024229 -0,005428 =  
0,040602 -0,005418 =  
3,00  
-11,765544 -818,741691  
19,716475 -597,704740 =  
-0,000010 -0,000002 =  
0,000017 -0,000001 =  
=====

$e_{24} = -1\% L$

105n  
0,0281 0 -0,013 0,39 24,43228 -0,39 11,7 0,0151 -0,39126  
12,73228 w

1710u

32,57110023  
0,345098 0,011312  
0,938461 0,008319 =  
0,416879 0,013666  
1,133664 0,010049 =  
0,90  
61,291488 639,305732  
166,576326 470,134334  
0,002351 0,000093  
0,007753 0,000068 =  
====

43,08478403  
-0,959457 -0,030898  
0,270963 0,071166 =  
0,227062 0,007312  
-0,064125 -0,016842 =  
1,04  
38,395525 393,434143  
-10,843409 -906,161643 =  
0,001350 0,000043  
-0,000381 -0,000100 =  
====

648,89557647  
-0,959326 0,039261  
0,278252 -0,026970 =  
0,379947 -0,015549  
-0,110203 0,010681 =  
3,00  
184,500452 -2402,554443  
-53,514257 1650,405548 =  
0,000430 -0,000017  
-0,000124 0,000012 =  
====

1699,73492431  
0,507122 0,113573  
-0,050512 0,080975 =  
-0,024283 -0,005433  
0,040726 -0,005377 =  
3,00  
-11,791995 -310,983444  
19,776757 -599,107788 =  
-0,000010 -0,000002  
0,000017 -0,000001 =  
====

$e_{24} = -2,0\% L$

105n  
0,0241 0 -0,013 0,39 24,43228 -0,39 11,7  
0,0151 -0,39252 12,73228 w  
1710u  
32,23740291  
0,305277 0,010013  
0,952142 0,011407 =  
0,357719 0,011733  
1,115708 0,013367 =  
0,90  
52,323402 546,065162  
163,193822 622,128997 =  
0,002459 0,000080  
0,007670 0,000091 =  
\*\*\*  
42,88479423  
-0,984395 -0,031712  
0,158711 0,069073 =  
0,266975 0,009245  
-0,046268 -0,020136 =  
1,04  
48,413806 496,261608  
-7,805648 -1040,826163 =  
0,001710 0,000055  
-0,000275 -0,000120 =  
\*\*\*  
649,06236267  
-0,259144 0,039261  
0,278881 -0,026948 =  
0,379502 -0,015534  
-0,110344 0,010662 =  
3,00  
184,284709 -2400,213867  
-53,522747 1647,466247 =  
0,000430 -0,000017  
-0,000125 0,000012 =  
\*\*\*  
1700,10159301  
0,506804 0,113466  
-0,850719 0,020933 =  
-0,024338 -0,005448  
0,040853 -0,003825 =  
3,00  
-11,818483 -241,903935  
19,838423 -600,552261 =  
-0,000010 -0,000011  
0,000017 -0,000001 =  
\*\*\*

$$\rho_{24} = -3,0 \% L$$

105n  
0,0281 0 -0,013 0,39 24,43228 -0,39 11,7  
0,0151 -0,39378 12,73228 w  
1710u  
31,80071210  
0,266068 0,008733  
0,963807 0,014387 "  
0,300253 0,009855  
1,087636 0,016236 "  
0,89  
43,619334 455,559165  
158,006557 750,512672 "  
0,002078 0,000068  
0,007528 0,000112 "  
=====  
42,78711843  
-0,995854 -0,032037 "  
0,053344 0,066319 "  
0,344868 0,011111 "  
-0,018473 -0,022966 "  
1,04  
58,114262 595,793563  
-3,113004 -1231,414031 "  
0,002057 0,000066 "  
-0,000110 -0,000137 "  
=====  
649,22948455  
-0,958968 0,039315 "  
0,279475 -0,026968 "  
0,378533 -0,015522 "  
-0,110346 0,010648 "  
3,00  
143,852743 -2398,443817  
-53,583790 1645,197052 "  
0,000429 -0,000017 "  
-0,000125 0,000012 "  
=====  
1700,46934509  
0,506516 0,113354  
-0,850909 0,080898 "  
-0,024392 -0,005453 "  
0,040977 -0,003895 "  
3,00  
-11,844900 -843,435386  
19,898528 -601,944000 "  
-0,000010 -0,000001 "  
0,000017 -0,000001 "

$E_{2y} = 1,0\% L$

105n  
0,0281 0 -0,013 0,39 24,43228 -0,39 11,7  
0,0151 -0,38874 12,73228 w  
1710u  
32,91983795  
0,421047 0,013794  
0,906930 0,002238 =  
0,526524 0,017250  
1,134125 0,002799 =  
0,91  
77,8252 d1 811,304176  
167,634428 131,674457 =  
0,0003581 0,000117  
0,007715 0,000019 =  
=====  
43,80136823  
-0,871108 -0,020018  
0,484905 0,072470 =  
0,115417 0,003712  
-0,064247 -0,009602 =  
1,05  
19,678364 201,392902  
-10,954031 -520,900047 =  
0,000680 0,000021  
-0,000378 -0,000056 =  
=====  
648,562 d7384  
-0,959647 0,039160  
0,277159 -0,026941 =  
0,381530 -0,015569  
-0,110191 0,010711 =  
3,00  
185,269254 -2405,5395 d1  
-53,508342 1654,972396 =  
0,000432 -0,000017  
-0,000125 0,000012 =  
=====  
1699,00239562  
0,507699 0,113799  
-0,850130 0,081054 =  
-0,024174 -0,005418  
0,040479 -0,003859 =  
3,00  
-11,739101 -837,231475  
19,656847 -596,325622 =  
-0,000010 -0,000002  
0,000017 -0,000001 =  
====

$e_{24} = 2,0\% L$

105n  
0,0281 0 -0,013 0,39 24,43228 -0,39 11,7  
0,0151 -0,38748 12,7322d =  
1710u  
32,94499254  
0,455246 0,014914  
0,830240 -0,000583 =  
0,572099 0,014743  
1,118748 -0,000740 =  
0,91  
84,593932 881,825248  
165,424695 -34,817526 =  
0,003820 0,000127 =  
0,007607 -0,000005 =  
  
44,30734606  
-0,815692 -0,026213 =  
0,573418 0,071769 =  
0,069299 0,002227 =  
-0,048716 -0,006097 =  
1,05  
11,883453 121,511830.  
-8,353872 -332,682590 =  
0,000406 0,000013 =  
-0,000285 -0,000035 =  
=====  
648,39634295  
-0,959405 0,039119  
0,276617 -0,026942 =  
0,382207 -0,015577 =  
-0,110152 0,010728 =  
3,00  
185,597959 -2406,829995  
-53,489631 1657,708114 =  
0,000433 -0,000017 =  
-0,000124 0,000012 =  
=====  
169,8,6,36,81030  
0,5079d7 0,113913  
-0,849938 0,081094 =  
-0,024120 -0,005408 =  
0,040356 -0,003850 =  
3,00  
-11,712649 -835,702568 =  
19,596999 -594,934410 =  
-0,000010 -0,000002 =  
0,000017 -0,000001 =  
=====

$e_{24} = 3,0 \%$

105n  
0,0281 0 -0,013 0,39 24,43228 -0,39 11,7  
0,0151 -0,3822 12,73228 w  
1710u  
32,8480281  
0,485690 0,015913  
0,873980 -0,003159 =  
0,609491 0,019970  
1,096754 -0,003965 =  
0,91  
90,040534 938,700263  
162,024250 -186,394689  
0,004148 0,000135  
0,007465 -0,000026 =  
=====  
44,89898347  
-0,759411 -0,0243d0  
0,646321 0,070490 =  
0,031065 0,000997 =  
-0,026438 -0,0028d3 =  
1,06  
5,362469 54,776326  
-4,563901 -158,57191 =  
0,000120 0,000005 =  
-0,000154 -0,000016 =  
=====  
648,23110198  
-0,959971 0,039084  
0,276047 -0,026940 =  
0,32887 -0,015583 =  
-0,110102 0,010745 =  
3,00  
185,92d100 -2408,593078  
-53,465149 1660,22d98 =  
0,000434 -0,000017 =  
-0,000124 0,000012 =  
=====  
169d,27146911  
0,508285 0,114025  
-0,849741 0,081133 =  
-0,024065 -0,005398 =  
0,040232 -0,003841 =  
3,00  
-11,686169 -834,142379  
19,536709 -593,52d556 =  
-0,000010 -0,000002 =  
0,000017 -0,000011 =

Приложение 4

ПРОГРАММА РАСЧЕТА НА ЭВМ "НМИИ-2"

Распределение памяти

Наименование массивов и переменных	Размещение в ОЗУ
Исходные данные	$55 + 64$ $65 + 65 + n - I$ $105 + 105 + n^2 - I$ ( $n$ - порядок матрицы)
Код-программа	$I386 - I949$
Рабочие ячейки	$30 - 54 \quad I950 - 2000$

ИНСТРУКЦИЯ

Задание на расчет.

Исходные данные записываются согласно следующей таблице.

Адрес	Содержимое
$55n$	$\epsilon$ - точность вычисления
$56n$	$\kappa_c$ - коэффициент сейсмичности
$57n$	$\kappa$ - поизджающий коэффициент
$58n$	$g$ - ускорение свободного падения
$59m$	$N$ - порядок матрицы жесткости
$60m$	$m$ - ширина полосы матрицы
$61m$	$\tau$ - число требуемых форм
$62m$	0 - если сейсмическая волна подходит в направлении $V$
	2 - если в направлении $u$
$63m$	0 - если вычислять с большей частоты
	1 - если вычислять с меньшей частоты
$64m$	количество степеней свободы секции
$65n + 65 + N$	инерционные члены системы
$105n$	матрица жесткости вводится в виде верхней части (включая диагональ) полосы

Примечания:

- Матрица жесткости и инерционные члены должны быть записаны в определенном порядке ( $V, \Psi, U$ ) и уменьшены в  $K$  раз.
- Максимальное число степеней свободы системы не должно превышать 30.
- Помимо этого коэффициент  $K$  указывает, во сколько раз необходимо уменьшить элементы матрицы жесткости, чтобы исключить переполнение разрядной сетки машины.

Работа за пультом

- Ввести в память машины программу.
- Ввести исходные данные с "Консул" согласно инструкции по составлению исходных данных.
- Если в 63 ячейке I, нажать "вариант".
- Набрать на "Консуле" Г7Юи.

Для решения следующей задачи повторить пункты 2-4. Исходные данные при решении задачи портятся.

Обработка результатов расчета

Результаты расчета задачи печатаются в следующем порядке.

$\omega_1^2$  - первая частота свободных колебаний (см. примечание)

$\left. \begin{matrix} V_1 & \Psi_1 & U_1 \\ V_{21} & \Psi_{21} & U_{21} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ V_{n1} & \Psi_{n1} & U_{n1} \end{matrix} \right\}$  относительные прогибы и углы поворота секций для первой формы свободных колебаний

$\left. \begin{matrix} \bar{\tau}_{vv1} & \bar{\tau}_{\Psi\Psi1} & \bar{\tau}_{uv1} \\ \bar{\tau}_{vv21} & \bar{\tau}_{\Psi\Psi21} & \bar{\tau}_{uv21} \\ \dots & \dots & \dots \\ \bar{\tau}_{vvn1} & \bar{\tau}_{\Psi\Psi n1} & \bar{\tau}_{uvn1} \end{matrix} \right\}$  коэффициенты формы для первой формы колебаний

$\beta_1$  - коэффициент динамичности

$\left. \begin{matrix} S_{1x1} & m_{11} & S_{1y1} \\ S_{2x1} & m_{21} & S_{2y1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{nx1} & m_{n1} & S_{ny1} \end{matrix} \right\}$  сейсмические нагрузки, действующие на секции по порядку 1, 2 ...,  $n$  по первой форме колебаний

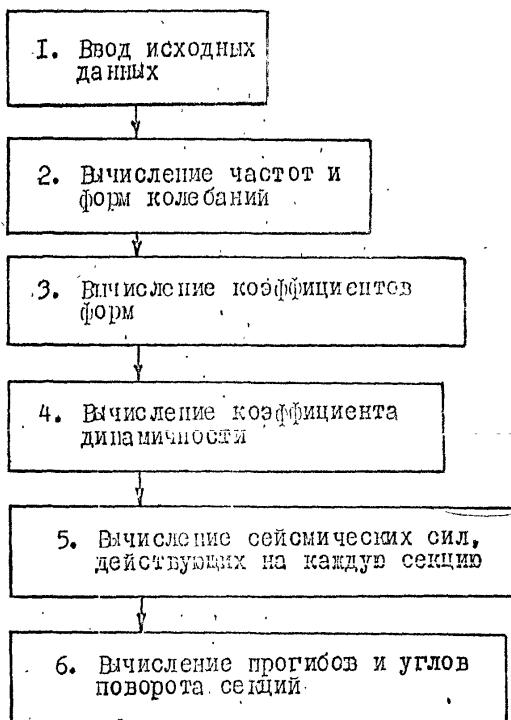
$\left. \begin{matrix} V_1 & \Psi_1 & U_1 \\ V_{21} & \Psi_{21} & U_{21} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ V_{n1} & \Psi_{n1} & U_{n1} \end{matrix} \right\}$  прогибы центра масс и углы поворота секций по порядку 1, 2 ...,  $n$  от действия сейсмической нагрузки по первой главной форме (1-я рад.)

И так далее по оставшимся формам колебаний ( $j = 2, 3, \dots, J$ ).

Примечание. Первой частотой в общем случае может быть или самая низкая частота или самая высшая в исследуемом спектре частот (см. адрес 63 Инструкции).

МАШИННЫЙ АЛГОРИТМ

БЛОК - СХЕМА



## Код-программа

1386	02552	2040 0000 0045	n0n37
1387	02553	2040 0000 0251	n1n41
1388	02554	0040 0023 4001	n39n1
1389	02555	0004 0024 4001	c41n1
1390	02556	2030 0000 2601	δ11n1
1391	02557	0042 0000 0017	n0n15+
1392	02560	0040 0024 0001	n40n1
1393	02561	0004 0024 4001	c41n1
1394	02562	2030 0000 2601	δ11n1
1395	02563	0416 0000 0017	уn0n15+
1396	02564	0404 0007 4045	cn15n37
1397	02565	2004 0000 0251	c1n41
1398	02566	0210 0017 0000	δ130n
1399	02567	6311 7772 0120	e16372n4
1400	02570	0100 0031 0000	u50n
1401	02571	2040 0000 0251	n1n41
1402	02572	0040 0024 0001	n40n1
1403	02573	0004 0024 4001	c41n1
1404	02574	1042 0000 0000	n0k+
1405	02575	0040 0024 4017	n41n15
1406	02576	2010 0000 0217	δ1n15
1407	02577	0400 0017 0017	уn30n15
1408	02600	2040 0000 0252	n1n42
1409	02601	2074 0000 0053	u0n43
1410	02602	6310 0001 4020	e13n4
1411	02603	0040 0007 4016	n15n14
1412	02604	0004 0025 0016	c42n14
1413	02605	2310 0000 1000	e14n
1414	02606	0040 0025 0016	n42n14
1415	02607	2010 0000 0216	δ1n34
1416	02610	0400 0017 0016	уn30n14
1417	02611	0004 0024 4016	c41n14
1418	02612	0004 0020 0016	c32n14
1419	02613	2230 0000 2601	δ11n1
1420	02614	0012 0000 0045	n0n37+
1421	02615	0040 0023 4001	n39n1
1422	02616	0004 0025 0001	c42n1
1423	02617	2030 0000 2601	δ11n1
1424	02620	0416 0000 0045	уn0n37+
1425	02621	0040 0024 0001	n40n1
1426	02622	0004 0024 4001	c41n1
1427	02623	0506 0022 4000	cn37n+
1428	02624	2004 0000 0252	c1n42
1429	02625	0210 0017 0000	δ130n
1430	02626	6311 7765 0120	e16362n4
1431	02627	2004 0000 0251	c1n41
1432	02630	0210 0017 0000	δ130n
1433	02631	6311 7760 0120	e16352n4
1434	02632	0100 0031 4000	u51n
1435	02633	2040 0000 0045	n0n37

1436	02634	2040 0000 0251	n1n41
1437	02635	0040 0023 4001	n39n1
1438	02636	0004 0024 4001	c41n1
1439	02637	2030 0000 2601	b11n1
1440	02640	0042 0000 0017	n0n15+
1441	02641	0414 0007 4017	ym15n15
1442	02642	0404 0007 4045	cn15n37
1443	02643	2004 0000 0251	c1n41
1444	02644	0210 0017 0000	B130n
1445	02645	6311 7773 4120	e116375n4
1446	02646	0424 0022 4045	kn37n37
1447	02647	2040 0000 0251	n1n41
1448	02650	0040 0023 4001	n39n1
1449	02651	0004 0024 4001	c41n1
1450	02652	0506 0022 4000	og37n+
1451	02653	2004 0000 0251	c1n41
1452	02654	0210 0017 0000	B130n
1453	02655	6311 7775 0120	e116378n4
1454	02656	0100 0012 0000	u52n
1455	02657	0040 0017 0017	n30n15
1456	02660	0400 0007 4017	ym15n15
1457	02661	0040 0020 0041	n32n33
1458	02662	0004 0007 4041	c15n33
1459	02663	0204 0017 0042	c130n34
1460	02664	0204 0017 0043	c130n35
1461	02665	0204 0017 0044	c130n36
1462	02666	2040 0000 0254	n1n44
1463	02667	2040 0000 0056	n0n46
1464	02670	2040 0000 0251	n1n41
1465	02671	0040 0020 4001	n37n1
1466	02672	0004 0024 4001	c41n1
1467	02673	0043 1727 4000	n10159n+
1468	02674	0040 0021 0001	n34n1
1469	02675	0004 0024 4001	c41n1
1470	02676	0043 1727 4000	n10159n+
1471	02677	2004 0000 0251	c1n41
1472	02700	0210 0017 0000	B130n
1473	02701	6311 7773 4120	e116375n4
1474	02702	0040 0020 4047	n33n39
1475	02703	2040 0056 1264	n1477n52
1476	02704	2310 0776 5400	e116342n
1477	02705	0040 0021 0047	n34n39
1478	02706	2040 0056 2064	n1480n52
1479	02707	2310 0776 4600	e116379n
1480	02710	2040 0000 0053	n0n43
1481	02711	0040 0020 4047	n33n39
1482	02712	0040 0021 4050	n35n40
1483	02713	2040 0056 3263	n1485n51
1484	02714	2310 0775 3000	e116300n
1485	02715	2040 0000 0253	n1n43

1486	02716	0040 0021 0047	n34n39
1487	02717	0040 0022 0050	n36n40
1488	02720	2040 0056 4463	n1480n51
1489	02721	2310 0775 1600	e,16295n
1490	02722	0040 0022 0047	n36n39
1491	02723	2040 0056 5264	n1493n52
1492	02724	2310 0776 1400	e,16272n
1493	02725	0040 0021 4047	n35n39
1494	02726	0040 0022 0050	n36n40
1495	02727	2040 0056 6262	n1497n50
1496	02730	2310 0774 4200	e,16273n
1497	02731	0040 0022 4057	n37n47
1498	02732	0040 0020 4047	n33n39
1499	02733	0040 0022 0050	n36n40
1500	02734	2040 0056 7462	n1502n50
1501	02735	2310 0774 3000	e,16268n
1502	02736	0040 0022 4060	n37n48
1503	02737	0040 0027 4055	n47n45
1504	02740	0504 0030 0055	o948n45
1505	02741	0040 0021 4047	n35n39
1506	02742	2040 0057 1064	n1508n52
1507	02743	2310 0775 5600	e,16311n
1508	02744	0040 0026 4017	n45n15
1509	02745	6310 0000 4060	e, 1n>
1510	02746	2410 0000 0017	6n0n15
1511	02747	0040 0027 0016	n15n14
1512	02750	6310 0000 4060	e, 1n>
1513	02751	2410 0000 0016	6n0n14
1514	02752	0614 0007 0017	o814n15
1515	02753	6310 0000 4060	e, 1n>
1516	02754	2410 0000 0017	6n0n15
1517	02755	0614 0033 4017	o855n15
1518	02756	6310 0012 0100	e,20n<
1519	02757	0040 0026 4056	n45n46
1520	02760	2040 0000 0251	n1n41
1521	02761	0040 0021 4001	n35n1
1522	02762	0004 0024 4001	c41n1
1523	02763	2030 0000 2601	811n1
1524	02764	0042 0000 0017	n0n15+
1525	02765	0040 0020 4001	n35n1
1526	02766	0004 0024 4001	c41n1
1527	02767	0042 0007 4000	n15n+
1528	02770	0040 0022 0001	n36n1
1529	02771	0004 0024 4001	c41n1
1530	02772	2030 0000 2601	811n1
1531	02773	0042 0000 0017	n0n15+
1532	02774	0040 0021 0001	n34n1
1533	02775	0004 0024 4001	c41n1
1534	02776	0042 0007 4000	n15n+
1535	02777	2004 0000 6251	c1n41

1536	03000	0210	0017	0000	$\theta_1$	$\theta_1$
1537	03001	6311	7767	4120	$e_1$	16367n $\zeta$
1538	03002	2310	0776	1200	$e_1$	16325n
1539	03003	2074	0000	0035	$n0n29$	
1540	03004	6310	0013	0000	$e_1$	22n $\zeta$
1541	03005	0040	0022	0066	$n36n54$	
1542	03006	0004	0017	0066	$c30n54$	
1543	03007	2024	0017	4065	$c_131n53$	
1544	03010	0040	0033	0001	$n54n1$	
1545	03011	0004	0026	0001	$c44n1$	
1546	03012	0042	0026	4000	$n45n4$	
1547	03013	2040	0000	0251	$n1n41$	
1548	03014	0040	0021	4001	$n35n1$	
1549	03015	0004	0024	4001	$c41n1$	
1550	03016	2030	0000	2601	$\delta1n1$	
1551	03017	0042	0000	0017	$n0n15+$	
1552	03020	0040	0026	0016	$n44n14$	
1553	03021	2010	0000	0216	$\theta_1n14$	
1554	03022	0400	0017	0016	$ym30n14$	
1555	03023	0004	0024	4016	$c41n14$	
1556	03024	0204	0032	4001	$c_153n1$	
1557	03025	0042	0007	4000	$n15n+$	
1558	03026	2004	0000	0251	$c1n41$	
1559	03027	2010	0017	0000	$\theta_130n$	
1560	03030	6311	7771	4120	$e_1$	16371n $\zeta$
1561	03031	2074	0000	0235	$n1n29$	
1562	03032	6310	0006	4020	$e_1$	13n $\zeta$
1563	03033	0440	0026	4010	$n45n8$	
1564	03034	0104	2553	0000	$c2774n$	
1565	03035	0104	2156	0000	$c2268n$	
1566	03036	2040	0000	0251	$n1n41$	
1567	03037	0040	0021	4001	$n35n1$	
1568	03040	0004	0024	4001	$c41n1$	
1569	03041	2030	0000	2601	$\delta1n1$	
1570	03042	0442	0000	0005	$nn0n5+$	
1571	03043	0104	2161	0000	$c2274n$	
1572	03044	2004	0000	0251	$c1n41$	
1573	03045	0210	0017	0000	$\theta_130n$	
1574	03046	6311	7774	0120	$e_1$	6376n $\zeta$
1575	03047	0104	2156	0000	$c2268n$	
1576	03050	0074	0026	0037	$m44n31$	
1577	03051	6310	0001	4020	$e_1$	3n $\zeta$
1578	03052	2074	0000	0035	$n0n29$	
1579	03053	6100	0030	4020	$u49n$	
1580	03054	2174	0000	0000	$\kappa0n$	
1581	03055	0040	0020	4047	$n33n39$	
1582	03056	0040	0021	0050	$n34n40$	
1583	03057	2040	0061	4262	$n1585n50$	
1584	03060	2310	0771	6200	$e_116185n$	
1585	03061	0040	0022	4046	$n37n38$	

1586	03062	2040	0000	0251	n1n41
1587	03063	0040	0021	0001	n34n1
1588	03064	0004	0024	4001	c41n1
1589	03065	0506	0023	0000	og38n4
1590	03066	2004	0000	0251	c1n41
1591	03067	0210	0017	0000	B130n
1592	03070	6311	7775	0120	e16378n4
1593	03071	2040	0000	0251	n1n41
1594	03072	0040	0024	4017	n41n15
1595	03073	2010	0000	0217	B1n15
1596	03074	0400	0017	0017	ym30n15
1597	03075	0004	0020	4001	n33n1
1598	03076	0004	0024	4001	c41n1
1599	03077	2030	0000	2601	811n1
1600	03100	0042	0000	0016	n0n14+
1601	03101	2040	0000	0252	n1n42
1602	03102	0040	0021	0001	n34n1
1603	03103	0004	0025	0001	c42n1
1604	03104	2030	0000	2601	811n1
1605	03105	0042	0000	0015	n0n13+
1606	03106	0414	0007	0015	ym14n13
1607	03107	0414	0026	4015	ym15n13
1608	03110	0040	0020	0001	n32n1
1609	03111	0004	0007	4001	c15n1
1610	03112	0004	0025	0001	c42n1
1611	03113	0616	0006	4000	o813n+
1612	03114	2004	0000	0252	c1n42
1613	03115	0210	0017	0000	B130n
1614	03116	6311	7771	4120	e16371n4
1615	03117	2004	0000	0251	c1n41
1616	03120	0210	0017	0000	B130n
1617	03121	6311	7764	0120	e16360n4
1618	03122	2004	0000	0254	c1n44
1619	03123	2310	0773	0600	e16227n
1620	03124	0040	0017	0043	n30n35
1621	03125	0400	0021	4043	ym35n35
1622	03126	0010	0017	0043	B30n35
1623	03127	2620	0000	0443	gm2n35
1624	03130	0040	0016	4042	n29n34
1625	03131	0400	0017	0042	ym30n34
1626	03132	0010	0021	4042	B35n34
1627	03133	0040	0016	4000	n29n
1628	03134	0210	0017	0044	B130n36
1629	03135	0040	0020	0000	n32n
1630	03136	0204	0021	0045	c134n37
1631	03137	0040	0020	4000	n33n
1632	03140	0210	0021	0000	B134n
1633	03141	2204	0000	0243	c1n35
1634	03142	0040	0021	0025	n34n21
1635	03143	0040	0022	4000	n37n

1636	03144	2230	0000	2601	6111n1
1637	03145	0004	0020	4001	c33n1
1638	03146	0042	0000	0000	n0n+
1639	03147	2010	0000	0241	81n33
1640	03150	2010	0000	0245	81n37
1641	03151	2010	0000	0225	81n21
1642	03152	6311	7774	0040	e16376n>
1643	03153	0040	0016	4026	n29n22
1644	03154	0400	0013	0026	ym22n22
1645	03155	0040	0017	4001	n31n1
1646	03156	0040	0013	0027	n22n23
1647	03157	1042	0000	0000	n0n+
1648	03160	2004	0000	0201	c1n1
1649	03161	2010	0000	0227	81n23
1650	03162	6311	7776	0040	e16380n>
1651	03163	0040	0021	4000	n35n
1652	03164	2230	0000	2630	6111n24
1653	03165	0040	0017	0031	n30n25
1654	03166	2040	0000	0032	n0n26
1655	03167	0040	0015	0000	n26n
1656	03170	0210	0022	0000	6136n
1657	03171	6310	0010	0040	e16n>
1658	03172	2040	0000	0024	n0n20
1659	03173	0040	0015	0025	n26n21
1660	03174	0400	0016	4025	ym29n21
1661	03175	0004	0015	0025	c26n21
1662	03176	0204	0014	0001	c124n1
1663	03177	0004	0017	4001	c31n1
1664	03200	0042	0000	0000	n0n+
1665	03201	2004	0100	0201	c2049n1
1666	03202	2004	0100	0030	c2048n24
1667	03203	2004	0000	0224	c1n20
1668	03204	0210	0014	4000	6125n
1669	03205	6311	7775	0100	e16378n<
1670	03206	2004	0000	0232	c1n26
1671	03207	0210	0016	4000	6129n
1672	03210	6311	7767	0100	e16366n<
1673	03211	2310	0000	0400	e2n—
1674	03212	2010	0000	0231	81n25
1675	03213	2310	0777	3400	e16366n
1676	03214	0040	0017	0031	n30n25
1677	03215	2040	0000	0025	n0n21
1678	03216	0040	0012	4000	n21n
1679	03217	0210	0022	0000	6136n
1680	03220	6310	0013	4040	e123n>
1681	03221	2040	0000	0026	n0n22
1682	03222	0040	0012	4027	n21n23
1683	03223	0400	0016	4027	ym29n23
1684	03224	0004	0012	4027	c21n23
1685	03225	2004	0000	0227	c1n23

1686	03226	0004	0017	4027	c31n23
1687	03227	2230	0000	2630	δ <sub>1</sub> 11n24
1688	03230	0040	0012	4000	n21n
1689	03231	2204	0000	0224	c <sub>1</sub> 1n20
1690	03232	0400	0016	4024	ym29n20
1691	03233	0004	0012	4024	c21n20
1692	03234	0004	0017	4024	c31n20
1693	03235	0204	0014	0001	c <sub>1</sub> 24n1
1694	03236	0042	0000	0000	n0n+
1695	03237	2004	0100	0001	c2048n1
1696	03240	0004	0016	4001	c29n1
1697	03241	2004	0000	0226	c1n22
1698	03242	0210	0014	4000	δ <sub>1</sub> 25n
1699	03243	6311	7775	0100	e <sub>1</sub> 16378n<
1700	03244	2004	0000	0225	c1n21
1701	03245	0210	0016	4000	δ <sub>1</sub> 29n
1702	03246	6311	7763	4100	e <sub>1</sub> 16359n<
1703	03247	2310	0000	0400	e <sub>1</sub> 2n
1704	03250	2010	0000	0231	81n25
1705	03251	2310	0777	1600	e <sub>1</sub> 16359n
1706	03252	2100	0000	3400	u14n
1707	03253	0000	0000	0000	x0n
1708	03254	0000	0000	0000	x0n
1709	03255	0000	0000	0000	x0n
1710	03256	0040	0035	4035	n59n29
1711	03257	0040	0036	0036	n60n30
1712	03260	2040	0003	2237	n105n31
1713	03261	2040	0003	2040	n104n32
1714	03262	2040	0053	2241	n1385n33
1715	03263	1300	1452	0016	u <sub>1</sub> 1620n14
1716	03264	0040	0037	4000	n63n
1717	03265	6310	0007	4000	e <sub>1</sub> 15n*
1718	03266	0040	0035	7674	n59n1980
1719	03267	1040	0064	7702	n105n1985
1720	03270	1300	6132	0037	u <sub>1</sub> 6324n31
1721	03271	0040	0035	4036	n59n30
1722	03272	2040	0000	0001	n0n1
1723	03273	0040	0035	4037	n59n31
1724	03274	0416	0040	4151	ym55n105+
1725	03275	2004	0100	0201	c2049n1
1726	03276	2010	0000	0237	81n31
1727	03277	6311	7776	0020	e <sub>1</sub> 16380n
1728	03300	0040	0000	4000	n1n
1729	03301	2270	0077	7601	n <sub>1</sub> 2047n1
1730	03302	2010	0000	0236	81n30
1731	03303	6311	7773	4020	e <sub>1</sub> 16375n
1732	03304	2310	0000	2400	e <sub>1</sub> 10n
1733	03305	0040	0035	4036	n59n30
1734	03306	2040	0000	0001	n0n1
1735	03307	0040	0035	4037	n59n31

1736	03310	0506	0040	4151	og65n105+
1737	03311	2004	0000	0201	c1n1
1738	03312	2010	0000	0237	81n31
1739	03313	6311	7776	0020	e,16380n=
1740	03314	2004	0100	0001	c204n1
1741	03315	2010	0000	0236	81n30
1742	03316	6311	7774	0020	e,16376n=
1743	03317	1040	0001	0035	n2n29
1744	03320	0040	0035	4036	n59n30
1745	03321	0040	0036	0037	n64n31
1746	03322	1040	0064	0040	n104n32
1747	03323	1200	1327	4061	u,1455n49
1748	03324	0040	0033	0001	n54n1
1749	03325	0040	0036	4036	n51n30
1750	03326	0040	0037	4000	n51n31
1751	03327	6310	0001	0000	e,2n=
1752	03330	0422	0034	4001	gn57n1+
1753	03331	2310	0000	0200	e,1n
1754	03332	0416	0034	4001	yn57n1+
1755	03333	2004	0000	0201	c1n1
1756	03334	2010	0000	0236	81n30
1757	03335	6311	7774	0020	e,16376n=
1758	03336	1040	0000	3667	n0n1975
1759	03337	0040	0035	4037	n59n31
1760	03340	1040	0000	0036	n0n30
1761	03341	0040	0032	4000	n53n
1762	03342	2230	0000	2601	81n1
1763	03343	0004	0032	4001	c53n1
1764	03344	0646	0000	4001	y81n1+
1765	03345	0630	0017	0036	cc30n30
1766	03346	2004	0100	0201	c2049n1
1767	03347	2010	0000	0237	81n31
1768	03350	6311	7775	4020	e,16379n=
1769	03351	0424	0017	0036	kn30n30
1770	03352	0040	0032	4001	n53n1
1771	03353	0040	0035	4037	n59n31
1772	03354	0506	0017	0001	og30n1+
1773	03355	2004	0000	0201	c1n1
1774	03356	2010	0000	0237	81n31
1775	03357	6311	7776	0020	e,16380n=
1776	03360	0000	0000	0000	x0n
1777	03361	0000	0000	0000	x0n
1778	03362	0000	0000	0000	x0n
1779	03363	0000	0000	0000	x0n
1780	03364	0000	0000	0000	x0n
1781	03365	0000	0000	0000	x0n
1782	03366	0040	0035	4017	n59n15
1783	03367	0620	0040	0017	gn64n15
1784	03370	1040	0000	0036	n0n30
1785	03371	1040	0000	0037	n0n31

1786	03372	0040 0040 0012	n64n10
1787	03373	2230 0000 2600	δ,11n
1788	03374	0204 0005 0012	c10n10
1789	03375	0040 0032 4001	n53n1
1790	03376	0004 0037 0001	c12n1
1791	03377	0646 0040 4001	y665h1+
1792	03400	0630 0017 0036	cc30n30
1793	03401	0004 0005 0001	c10n1
1794	03402	1004 0000 4037	c1n31
1795	03403	0210 0007 4000	B,15n
1796	03404	6311 7775 0020	e, 16378n*
1797	03405	0000 0000 0000	x0n
1798	03406	2040 0000 0041	n0n33
1799	03407	2040 0000 0040	n0n32
1800	03410	0040 0032 4000	n53n
1801	03411	1230 0005 4042	δ,11n34
1802	03412	0040 0021 0001	n34n1
1803	03413	0042 0000 4000	n1n+
1804	03414	0552 0000 4043	yc1n35+
1805	03415	0040 0020 0001	n32n1
1806	03416	68 0040 4043	ym65n35+
1807	03417	0404 0021 4041	cn35n33
1808	03420	1004 2000 0042	c2048c34
1809	03421	1004 2000 0040	c2048c32
1810	03422	2224 0000 2600	a,11n
1811	03423	0210 0035 4000	B,59n
1812	03424	6311 7772 4020	e, 16373n*
1813	03425	0420 0017 0041	gn30n33
1814	03426	0040 0033 0000	n53n
1815	03427	2230 0000 2601	δ,11n1
1816	03430	0104 2161 0000	c2274n
1817	03431	0442 0000 4010	nn1n8+
1818	03432	0040 0032 4000	n53n
1819	03433	2230 0000 2601	δ,11n1
1820	03434	2124 0071 2400	u,1834n
1821	03435	2040 0000 0036	n0n30
1822	03436	0040 0040 0044	n64n36
1823	03437	0104 2161 0000	c2274n
1824	03440	0442 0000 4006	nn1n6+
1825	03441	0104 2157 0000	c2270n
1826	03442	2004 0100 0001	c2048n1
1827	03443	1004 0000 4036	c1k30
1828	03444	0210 0035 4000	B,59n
1829	03445	6310 0001 4000	z, 3n+
1830	03446	1010 0000 4044	δ1k36
1831	03447	6311 7774 0020	e, 16376n*
1832	03450	2310 0777 5200	e, 16373n
1833	03451	0104 2145 0000	c2250n
1834	03452	0000 0000 0000	x0n
1835	03453	0040 0032 4000	n53n

1836	03454	2230	0000	2644	δ <sub>11</sub> n36
1837	03455	1040	0000	0045	n0k37
1838	03456	0040	0022	0001	n36n1
1839	03457	0042	0000	1000	n1n+
1840	03460	0650	0020	4040	yc 33n32
1841	03461	0040	0022	4001	n37n1
1842	03462	0042	0020	3636	n32n1950+
1843	03463	1004	2000	0044	c2048-36
1844	03464	1004	0000	4045	c1k37
1845	03465	0210	0035	4000	δ <sub>1</sub> 59n
1846	03466	6311	7773	4020	ε <sub>1</sub> 16375n=
1847	03467	2040	0000	0001	n0n1
1848	03470	2310	0000	0400	ε <sub>1</sub> 2n
1849	03471	0442	0000	4006	nn1n6+
1850	03472	0442	1717	0006	nn1950n6+
1851	03473	2124	0072	0000	u <sub>3</sub> 1856n
1852	03474	0040	1635	3440	n1 850n1824
1853	03475	1300	1616	7752	u <sub>1</sub> 1821k1834
1854	03476	1040	0000	1452	n0k1834
1855	03477	0040	1634	7440	n1 849n1824
1856	03500	0040	0033	0001	n54n1
1857	03501	2030	0000	2601	δ11n1
1858	03502	0426	0000	4036	kn1n30+
1859	03503	0040	0017	0000	n30n
1860	03504	0660	4021	4000	gc 4131n
1861	03505	0660	4027	4037	gc 4143n31
1862	03506	0040	4027	4040	n4143n32
1863	03507	1504	0005	0040	og10k32
1864	03510	0640	0017	4000	sc 31n
1865	03511	6310	0001	0100	ε <sub>1</sub> 2n<
1866	03512	0040	0020	0037	n021n31
1867	03513	2310	0000	1200	ε <sub>1</sub> 5n
1868	03514	0040	5770	4000	n6129n
1869	03515	0640	0017	4000	sc 31n
1870	03516	6310	0001	0040	ε <sub>1</sub> 2n>
1871	03517	0040	5770	4037	n6129n31
1872	03520	0000	0000	0000	z0n
1873	03521	2124	0072	5000	u <sub>3</sub> 1876n
1874	03522	0104	2161	0000	o2274n
1875	03523	0440	0017	4002	nn31n2
1876	03524	0644	0075	0070	yc 58456
1877	03525	0650	0017	4040	yc 31n32
1878	03526	1040	0000	0041	n0k33
1879	03527	1040	0000	0042	n0k34
1880	03530	0040	0020	4001	n33n1
1881	03531	0646	1717	0101	yc 1950n65+
1882	03532	0650	0020	0043	yc 32n35
1883	03533	0040	0021	0001	n34n1
1884	03534	0042	0021	7674	n35n1980+
1885	03535	1004	2000	4041	c2049k33

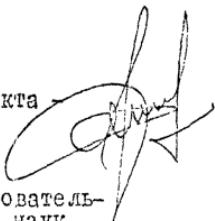
1885	03536	1004	0000	4042	o1k34
1887	03537	0210	0035	4000	B,59H
1888	03540	6311	7773	4020	c, 16375H+
1889	03541	2040	0000	0001	n0n1
1890	03542	2310	0000	0200	e,1n
1891	03543	0442	1736	0006	nn19d0H6+
1892	03544	0000	0000	0000	>0H
1893	03545	0040	1661	7440	n1291H1824
1894	03546	1300	1616	7452	u,1821K1834
1895	03547	1040	0000	3452	n0K1834
1896	03550	0040	1634	7440	n1291H1824
1897	03551	0000	0000	0000	>0H
1898	03552	0040	0033	0043	n54H35
1899	03553	2030	0000	2643	611n35
1900	03554	1040	0000	0044	n0K36
1901	03555	1040	0000	0045	n0K37
1902	03556	0040	0021	4001	n35H1
1903	03557	0042	0000	4046	n1H38+
1904	03560	0040	0022	0001	n36H1
1905	03561	0042	0040	4000	n65H+
1906	03562	0650	0023	0047	yo38H39
1907	03563	0422	1736	0047	gn1980H39+
1908	03564	0040	0022	4001	n37H1
1909	03565	0042	0023	7636	n39H1950+
1910	03566	2004	0100	0044	c2048H36
1911	03567	2004	0000	0245	c1n37
1912	03570	0210	0035	4000	6,59H
1913	03571	6311	7773	0020	e,16374n=
1914	03572	2040	0000	0001	n0n1
1915	03573	0040	1635	3440	n1250H1824
1916	03574	1300	1616	7452	u,1821K1834
1917	03575	1040	0000	3452	n0K1834
1918	03576	0040	1634	7440	n1291H1824
1919	03577	0104	2161	0000	c2274H
1920	03600	2100	0074	5000	u1940n
1921	03601	2010	0000	0436	B2n30
1922	03602	1040	1717	0037	n1950K31
1923	03603	2030	0000	2637	611n31
1924	03604	2040	0000	0040	n0n32
1925	03605	1440	0000	0006	nn0K6
1926	03606	0040	0017	4001	n31H1
1927	03607	0042	0001	0000	n2H+
1928	03610	0642	0000	4000	6c1H+
1929	03611	0642	0000	4000	6c1H+
1930	03612	0632	0000	0041	c20H33+
1931	03613	0040	0020	0001	n32H1
1932	03614	0646	0153	0071	yo26H57+
1933	03615	0650	0020	4041	yo33H33
1934	03616	0104	2161	0000	e2274H
1935	03617	0440	0020	4006	nn33H6

1935	03617	0440	0020	4006	nn3346
1936	03620	2004	0100	0037	c2048n31
1937	03621	2004	0100	0040	c2048n32
1938	03622	2010	0000	0236	51n30
1939	03623	6311	7771	0020	e,16370n*
1940	03624	0104	2145	0000	o2250n
1941	03625	0104	2145	0000	o2250n
1942	03626	0104	2145	0000	o2250n
1943	03627	0104	2145	0000	o2250n
1944	03630	0004	0035	4065	c59n53
1945	03631	2004	0000	0266	c1n54
1946	03632	1004	0000	7767	c1n1975
1947	03633	0210	0026	4030	5,61n
1948	03634	6100	1557	4020	u1759n*
1949	03635	0174	0000	0000	50n

## О Г Л А В Л Е Н И Е

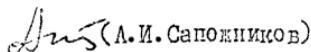
	<u>Стр.</u>
1. Общие положения .....	<u>3</u>
2. Расчетные формулы для определения сейсмических нагрузок.....	<u>8</u>
3. Расчет элементов конструкции на сейсмические нагрузки.....	<u>12</u>
4. Последовательность расчета сейсмической нагрузки.....	<u>13</u>
Приложение 1. Определение инерционных и жесткостных характеристик свайного поля отдельной секции и связей, соединяющих секции между собой.....	<u>14</u>
Приложение 2. Определение частот и форм свободных колебаний пирсов.....	<u>22</u>
Приложение 3. Примеры расчета.....	<u>26</u>
Приложение 4. Программа расчета на ЭВМ "НАИРИ-2".	<u>45</u>

Директор ДальморНИИпроекта



(Р. А. Егоров)

Начальник научно-исследователь-  
ского отдела, канд. техн. наук,  
ст. научный сотрудник -



Начальник научно-исследователь-  
ского сектора, канд. техн. наук -



(Л. Ф. Шанько)

Начальник  
  
27.03.74