

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ԽՄՐԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՒՆԳՐԱ

Ազոնց Հ. Տ., Ալեխանյանի Վ. Վ., Եղիազարյան Ի. Վ., Իրաչյան
Մ. Վ. (պատ. խմբագիր), Նազուրով Ա. Գ., Սիմոնով Մ. Չ.,
Փինեպյան Վ. Վ. (պատ. խմբագիր տեղակալ):

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Адонц Г. Т., Алексеевский В. В., Егизаров И. В., Касьян
М. В. (ответ. редактор), Назаров А. Г., Пинаджян В. В.
(зам. отв. редактора), Симонов М. З.

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

А. С. СОГОЯН

О СВЯЗИ МЕЖДУ ДЕФОРМАЦИЯМИ И НАПРЯЖЕНИЯМИ
 ДЛЯ РАЗНОСОПРОТИВЛЯЮЩЕГОСЯ НА РАСТЯЖЕНИЕ И
 СЖАТИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СТРОГО
 ОДНОНАПРАВЛЕННОЙ СТРУКТУРЫ

Вопросу определения упругих постоянных ориентированных стеклопластиков через упругие постоянные волокон и связующего посвящены работы А. Л. Филтшинского, Г. А. Ван Фо Фы, А. Л. Рабиновича, Г. П. Брызгалина, Р. М. Раппопорт, А. М. Скундры, В. М. Гольфарба, А. В. Степанова, З. Хашина, Р. Хилла и др. Некоторые вопросы теории упругости однородных тел, имеющих разные модули упругости при растяжении и сжатии, рассмотрены С. П. Тимошенко, Г. К. Клейном, Л. А. Каюм, С. А. Амбарцумяном, А. А. Хачатуряном, Г. С. Шапиро и др.

В настоящей работе на основании определенной модели [1, 2, 3] в зависимости от механических характеристик составляющих материала и процента армирования устанавливаются приближенные зависимости между осредненными деформациями и напряжениями в композиционном материале строго однонаправленной структуры, исходя из того, что если волокно в композиционном материале испытывает напряжение сжатия, то, как показывают эксперименты, оно теряет прямолинейную форму и оказывает сопротивление меньше, чем при растягивающих напряжениях [4].

Принимая гипотезу, что при сжимающих напряжениях модуль упругости волокна в продольном направлении уменьшается, в связях между осредненными деформациями и напряжениями это явление учитывается умножением модуля упругости E_1 на коэффициент K :

$$E_1^{\text{э}} = KE_1, \quad (1)$$

Очевидно, коэффициент K зависит от поперечных размеров волокна, от упругих свойств материала волокон и связующего, от процента армирования и может быть определен при помощи экспериментальных данных. Теоретическое определение точного значения K связано с определенными трудностями.

На основании существующих экспериментальных данных [5], как это можно было ожидать, сжатие и растяжение волокна не влияет на осредненный модуль сдвига как в плоскостях, проходящих через волокно, так и в плоскостях, перпендикулярных к нему.

В рассматриваемом однонаправленном композиционном материале волокна строго упорядочены рядами. Сечение волокон принимаем квадратным со стороной $2a$. Расстояние между волокнами в направлении y обозначаем $2b$, в направлении z — $2c$. Ось x направляем вдоль волокон (рис. 1, рис. 2).

1. Рассмотрим элемент композиционного материала, содержащий четверть волокна, как показано на рис. 1, 2, 3. Сечение этого

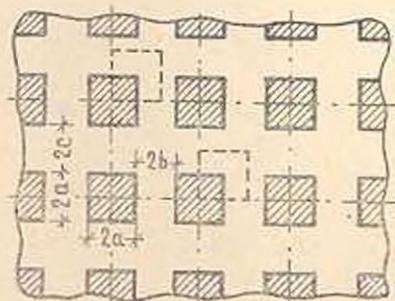


Рис. 1.

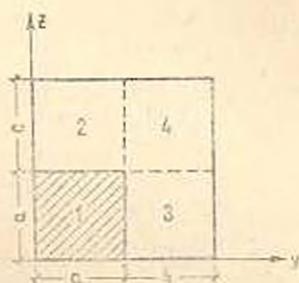


Рис. 2.

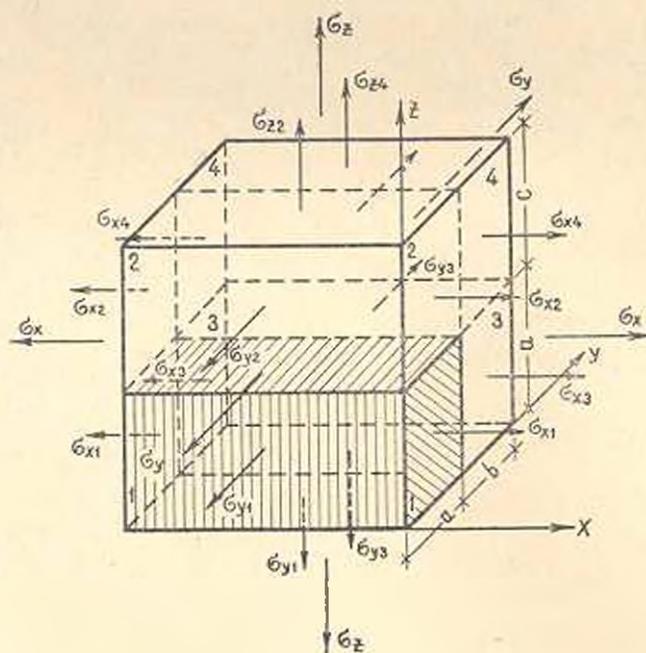


Рис. 3.

элемента разбиваем на четыре области (рис. 2, рис. 3). напряжения и деформации в этих областях будем обозначать соответствующими числовыми индексами (рис. 3). Рассмотрим работу этого элемента, подвергнутого только нормальным напряжениям. Через σ_x , σ_y , σ_z будем обозначать осредненные нормальные напряжения:

$$\sigma_x = \frac{a^2 \sigma_{x1} + ac \sigma_{x2} + ab \sigma_{x3} + bc \sigma_{x4}}{(a+b)(a+c)} \quad (2)$$

$$\sigma_y = \frac{a\sigma_{y1} + b\sigma_{y2}}{a + c}; \quad \sigma_z = \frac{a\sigma_{z1} + b\sigma_{z2}}{a + b} \quad (2)$$

При определении деформации принимаем, что

$$\sigma_{y1} = \sigma_{y3}, \quad \sigma_{z1} = \sigma_{z2}, \quad \sigma_{x3} = \sigma_{x4}, \quad \sigma_{y2} = \sigma_{y4}. \quad (3)$$

Это предположение эквивалентно тому, что элемент сопротивляется напряжениям σ_y и σ_z по определенной схеме, в которой возможны разрывы напряжений и деформаций в местах контакта областей.

Предполагая материалы волокна и связующего упругими, будем иметь следующие соотношения между деформациями и напряжениями:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{x1} &= \frac{\sigma_{x1}}{E_1} - \frac{\nu_1}{E_1} (\sigma_{y1} + \sigma_{z1}); & \varepsilon_{y3} &= \frac{\sigma_{y3}}{E_2} - \frac{\nu_2}{E_2} (\sigma_{x3} + \sigma_{z3}); \\ \varepsilon_{x2} &= \frac{\sigma_{x2}}{E_1} - \frac{\nu_1}{E_1} (\sigma_{y2} + \sigma_{z2}); & \varepsilon_{y4} &= \frac{\sigma_{y4}}{E_2} - \frac{\nu_2}{E_2} (\sigma_{x4} + \sigma_{z4}); \\ \varepsilon_{x3} &= \frac{\sigma_{x3}}{E_1} - \frac{\nu_1}{E_1} (\sigma_{y3} + \sigma_{z3}); & \varepsilon_{z1} &= \frac{\sigma_{z1}}{E_1} - \frac{\nu_1}{E_1} (\sigma_{x1} + \sigma_{y1}); \\ \varepsilon_{x4} &= \frac{\sigma_{x4}}{E_2} - \frac{\nu_2}{E_2} (\sigma_{y4} + \sigma_{z4}); & \varepsilon_{z2} &= \frac{\sigma_{z2}}{E_2} - \frac{\nu_2}{E_2} (\sigma_{x2} + \sigma_{y2}); \\ \varepsilon_{y1} &= \frac{\sigma_{y1}}{E_1} - \frac{\nu_1}{E_1} (\sigma_{x1} + \sigma_{z1}); & \varepsilon_{z2} &= \frac{\sigma_{z2}}{E_1} - \frac{\nu_1}{E_1} (\sigma_{x2} + \sigma_{y2}); \\ \varepsilon_{y2} &= \frac{\sigma_{y2}}{E_1} - \frac{\nu_1}{E_1} (\sigma_{x2} + \sigma_{z2}); & \varepsilon_{z4} &= \frac{\sigma_{z4}}{E_2} - \frac{\nu_2}{E_2} (\sigma_{x4} + \sigma_{y4}). \end{aligned} \quad (4)$$

Исходя из условия непрерывности перемещений и вводя осредненные относительные удлинения по направлениям y и z , находим:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \varepsilon_{x1} = \varepsilon_{x2} = \varepsilon_{x3} = \varepsilon_{x4}; \\ \varepsilon_y &= \frac{a\sigma_{y1} + b\sigma_{y3}}{a + b} = \frac{a\sigma_{y2} + b\sigma_{y4}}{a + b}; \\ \varepsilon_z &= \frac{a\sigma_{z1} + c\sigma_{z2}}{a + c} = \frac{a\sigma_{z3} + c\sigma_{z4}}{a + c}. \end{aligned} \quad (5)$$

Система уравнений (2)–(5) позволяет исключить σ_0 и ε_0 ($i = x, y, z, j = 1, 2, 3, 4$) и получить соотношения между осредненными относительными удлинениями $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ и осредненными нормальными напряжениями $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$.

Систему уравнений (2)–(5) после исключения некоторых неизвестных можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} g\nu_1\sigma_{x1} - \nu_2\sigma_{x2} + \beta\nu_2\sigma_{x3} - \beta\nu_2\sigma_{x4} - (g + \beta)\sigma_{y1} + (1 + \beta)\sigma_{y2} + (g\nu_2 - \nu_2)\sigma_{z1} &= 0; \\ g\nu_1\sigma_{x1} + \gamma\nu_2\sigma_{x2} - \nu_2\sigma_{x3} - \gamma\nu_2\sigma_{x4} + (g\nu_1 - \nu_2)\sigma_{y1} - (g + \gamma)\sigma_{z1} + (1 + \gamma)\sigma_{z3} &= 0; \\ g\sigma_{x1} - \sigma_{x2} - g\nu_1\sigma_{y1} + \nu_2\sigma_{y2} - (g\nu_1 - \nu_2)\sigma_{z1} &= 0; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{x2} - \sigma_{x1} - \nu_2 \sigma_{x1} + \nu_2 \sigma_{x3} &= 0; \\
 \sigma_{x3} - \sigma_{x1} - \nu_2 \sigma_{y1} + \nu_2 \sigma_{y2} &= 0; \\
 \sigma_{y1} + \gamma \sigma_{y2} &= (1 + \gamma) \sigma_y; \\
 \sigma_{z1} + \beta \sigma_{z3} &= (1 + \beta) \sigma_z; \\
 \sigma_{x1} + \gamma \sigma_{x2} + \beta \sigma_{x3} + \gamma \beta \sigma_{x1} &= (1 + \gamma)(1 + \beta) \sigma_x; \quad (6)
 \end{aligned}$$

$$\gamma = \frac{E_2}{E_1}; \quad \beta = \frac{c}{a}; \quad \beta = \frac{b}{a}.$$

Определяя из этой системы σ_{ij} и подставляя в соотношение (5), находим искомую связь между осредненными деформациями и напряжениями. В каждом конкретном случае систему этих уравнений можно решить численно.

Принимая в уравнениях (6) $E_1 = E_2$, $\nu_1 = \nu_2$ или при отсутствии связывающего ($b = c = 0$), или, наконец, при полном отсутствии армирования ($a = 0$) на основании [4, 5, 6] между относительными удлинениями и нормальными напряжениями, получаем закон Гука для однородного изотропного материала.

2. Принимаем схему, указанную на рисунках 4 и 5 для определения сдвигов элемента в плоскости, перпендикулярной к волокнам. Ка-

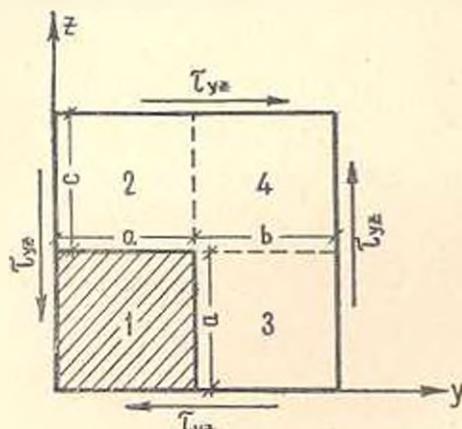


Рис. 4.

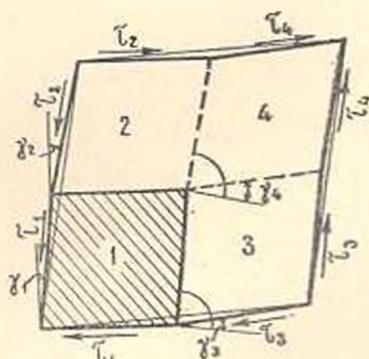


Рис. 5.

сательные напряжения на гранях рассматриваемого элемента распределяем так, чтобы исключить разрывы перемещений на границах областей. Согласно обозначениям и закону Гука для сдвигов имеем следующие соотношения:

$$\gamma_1 = \frac{\tau_1}{G_1}; \quad \gamma_2 = \frac{\tau_2}{G_2}; \quad \gamma_3 = \frac{\tau_3}{G_3}; \quad \gamma_4 = \frac{\tau_4}{G_4}. \quad (7)$$

Вводя осредненное касательное напряжение τ_{yz} , имеем:

$$\begin{aligned}
 a\tau_2 + c\tau_3 &= a\tau_1 + c\tau_4 = (a + c) \tau_{yz}; \\
 a\tau_3 + b\tau_1 &= a\tau_2 + b\tau_4 = (a + b) \tau_{yz}. \quad (8)
 \end{aligned}$$

Легко заметить, что условия равновесия, рассматриваемого элемента соотношениями (8), удовлетворены. Условие неразрывности между деформациями сдвигов в различных областях связующего рассматриваемого элемента обеспечивается соотношением:

$$\gamma_4 = \gamma_2 + \gamma_3 - \gamma_1. \quad (9)$$

Как видно из рис. 5, для осредненного сдвига имеем выражение

$$\gamma_{yz} = \frac{a\gamma_1 + c\gamma_2}{a+c} + \frac{b(\gamma_3 - \gamma_1)}{a+b}. \quad (10)$$

Система уравнений (7)–(10) позволяет выразить γ_{yz} через τ_{yz}

$$\gamma_{yz} = \frac{a(b+c) + (a^2 + bc) \frac{G_2}{G_3}}{a(a+b+c) + bc \frac{G_2}{G_3}} \cdot \frac{\tau_{yz}}{G_1}. \quad (11)$$

Отметим, что из четырех уравнений (8) независимыми являются только три. Рассмотрим сдвиг элемента композиционного материала

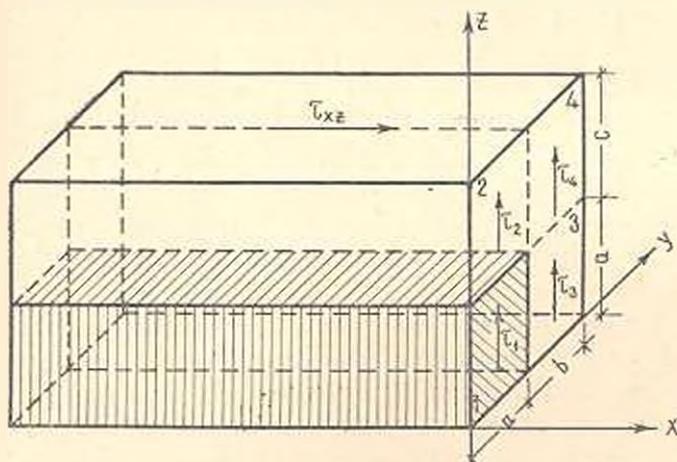


Рис. 6.

в плоскости xz (рис. 6, 7). В этом случае сдвиги в областях 2 и 4, а также в областях 1 и 3 принимаем приблизительно равными:

$$\gamma_2 = \gamma_4 = \frac{\tau_0}{G_2} = \frac{\tau_{xz}}{G_2}; \quad \gamma_1 = \gamma_3 = \frac{\tau_1}{G_1} = \frac{\tau_3}{G_3}. \quad (12)$$

Из условия равновесия находим

$$a\tau_1 + b\tau_3 = (a+b)\tau_{xz}. \quad (13)$$

Осредненный сдвиг будет

$$\gamma_{xz} = \frac{a\tau_1 + c\tau_3}{a+c}. \quad (14)$$

Уравнения (12), (13) и (14) позволяют γ_{xz} выразить через τ_{xz}

$$\gamma_{xz} = \frac{a^2 + ab + bc + ac \frac{G_1}{G_2}}{(a+c) \left(a + b \frac{G_2}{G_1} \right)} \cdot \frac{\tau_{xz}}{G_1}. \quad (15)$$

Аналогичным путем получаем:

$$\gamma_{xy} = \frac{a^2 + ac + bc + ab \frac{G_1}{G_2}}{(a+b) \left(a + c \frac{G_2}{G_1} \right)} \cdot \frac{\varepsilon_{xy}}{G_1}. \quad (16)$$

Таким образом, полученные соотношения (6), (11), (15), (16) позволяют установить связь между осредненными деформациями и напряжениями, когда известны упругие характеристики волокон и связующего, процент армирования и геометрическая структура композиционного материала.

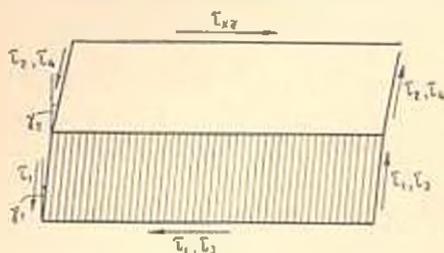


Рис. 7.

Когда поперечное сечение волокна в окрестности данной точки композиционного материала испытывает сжимающее напряжение, величина E_1 в соотношениях (4), (5), (6), как уже говорилось, умножается на экспериментальный коэффициент K_1 . В случае, когда $G_1 = G_2$ из соотношений (11), (15), (16) получаем закон Гука при сдвиге для изотропного материала. То же самое получаем, когда отсутствуют волокна ($a=0$) или отсутствует связующее ($b=c=0$). В случае, когда $b=0$ (или $c=0$) получаем композиционный материал, армированный тонкими параллельными пластинками. Этот случай был рассмотрен в [3], причем полученные соотношения (5), (6) несколько уточняют формулу (4) в работе [3]. Сказанное справедливо, когда поперечные сечения волокон испытывают растягивающие напряжения, т. е. $\varepsilon_{x1} > 0$. В случае, когда волокна испытывают сжимающие напряжения, в окончательной связи E_1 должен быть заменен на KE_1 .

Таким образом, если в рассматриваемом композиционном теле напряжение волокна ε_{x1} меняет знак, то тело будет работать как составленное из двух различных ортотропных материалов и граница между ними будет определяться из условия, что при переходе границы напряжения меняют знак, так как на границе $\varepsilon_{x1} = 0$. Очевидно, на граничной поверхности должны быть выполнены условия непрерывности перемещений и условия статки.

Таким образом, по ходу решения задач теории упругости для композиционного тела необходимо определить также граничную поверхность, разделяющую тело на области, в которых ε_{x1} имеет различные знаки.

Если тело армировано в трех взаимноперпендикулярных направлениях, число этих областей может увеличиваться до восьми ($\pm \varepsilon_{x1}, \pm \varepsilon_{y1}, \pm \varepsilon_{z1}$).

Если материалы связующего и волокна обладают линейной ползучестью во всех полученных связях между деформациями и напряжениями, все упругие постоянные могут быть рассмотрены как линейные временные операторы ползучести. Заменяя в окончательных

выражениях осредненных деформаций упругие постоянные соответствующими линейными операторами ползучести и расшифровывая эти операторы, находим, что связь ползучести между осредненными деформациями и напряжениями также будет линейной [6]. Линейность зависимости деформации ползучести от напряжения, когда материалы связующего и волокна обладают линейной ползучестью, на основании вышеизложенного получается теоретически.

3. На основании экспериментальных данных [3] для стеклянных волокон и бутвар-фенольного связывающего можно принять:

$$E_1 = 750 \cdot 10^3 \text{ кг/см}^2; E_2 = 30 \cdot 10^3 \text{ кг/см}^2; G_1 = 300 \cdot 10 \text{ кг/см}^2; \\ G_2 = 12 \cdot 10^3 \text{ кг/см}^2; \nu_1 = \nu_2 = 0,25,$$

полагая $\gamma = \beta = 0,5$.

Используя эти данные и решая систему уравнений (6) на основании (5), получим следующие зависимости между деформациями и напряжениями для композиционного материала, в случае, когда $\sigma_{x1} > 0$:

$$\varepsilon_x = (0,028571 \sigma_x - 0,007143 \sigma_y - 0,007143 \sigma_z) \cdot 10^{-4}; \\ \varepsilon_y = (-0,007143 \sigma_x + 0,138249 \sigma_y - 0,02971 \sigma_z) \cdot 10^{-4}; \\ \varepsilon_z = (-0,007143 \sigma_x - 0,02971 \sigma_y + 0,138249 \sigma_z) \cdot 10^{-4}. \quad (17)$$

Заменяя в уравнениях (6) g на $g_1 = \frac{E_1}{KE_1} = \frac{g}{K}$ и решая систему уравнений (5) и (6), получаем искомые неизвестные, зависящие от k . Подставляя эти значения напряжений в выражения (5) для ε_x , при σ_x получим

$$\frac{1}{E_x^{сж}} = \frac{4,5}{2K + 0,1} \cdot \frac{1}{75 \cdot 10^3}. \quad (18)$$

Соотношение (18) может быть рассмотрено как уравнение относительно K , если из эксперимента имеем значение $E_x^{сж}$. Принимая $E_x^{сж} = 290 \cdot 10^3 \text{ кг/см}^2$ из (18), получим $K = 0,79$.

Используя это значение K в выражениях (5) и (6), получаем следующие зависимости между деформациями и напряжениями, когда $\sigma_{x1} < 0$:

$$\varepsilon_x = (0,035715 \sigma_x - 0,008928 \sigma_y - 0,008029 \sigma_z) \cdot 10^{-4}; \\ \varepsilon_y = (-0,008929 \sigma_x + 0,141277 \sigma_y - 0,030771 \sigma_z) \cdot 10^{-4}; \\ \varepsilon_z = (-0,008929 \sigma_x - 0,030771 \sigma_y + 0,141277 \sigma_z) \cdot 10^{-4}. \quad (19)$$

Связь между относительными деформациями и касательными напряжениями получается на основании (11), (15) и (16):

$$\gamma_{yz} = 0,4353 \cdot 10^{-4} \cdot \tau_{yz}; \quad \gamma_{xy} = \gamma_{xz} = 0,312309 \cdot 10^{-4} \cdot \tau_{xz}.$$

Пользуясь случаем автор выражает свою благодарность К. С. Чобаняну за ценные советы.

Ա. Ս. ՍՈՂՈՅԱՆ

ԽԻՍՏ ՄԻԱՌԻՂՎԱԾ ՍՏՐՈՒԿՏՈՒՐԱՅԻ ԵՎ ԶԿՄԱՆ ՈՒ ՍԵՂՄՄԱՆ ՏԱՐՔԵՐ
ԳԻՄԱԳՐՈՂԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿՈՄՊՈԶԻՑԻՈՆ ՆՅՈՒԹԻ ԴԵՖՈՐՄԱՑԻԱՆԵՐԻ
ԵՎ ԼԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ԿԱՊԻ ՎԵՐԱՆԵՐՅԱԼ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. լ. մ.

Աշխատանքում որոշակի ձողելի հիման վրա ուսումնասիրվում է մի ուղ-
ղությամբ թելերով ամրացված կամպոզիցիոն նյութի համար լարումների և
ղեֆորմացիաների միջև մոտավոր կապը: Ենթադրվում է, որ թելիկի դիմա-
դրությունը սեղմվելիս ավելի փոքր է, քան ձողելիս, որը պայմանավորված է
սեղմվելիս թելիկի ուղղազգծային ձևի խախտմամբ:

Ստացված հավասարումների սխեմները նարավորություն է տալիս, դի-
տեսելով թելիկների և լիցրի առաձգական հատկությունները և ամրացման
առկուր, գտնել կամպոզիցիոն նյութի առաձգականության մոդուլները:

Ապակեթելերով և բուսվար-ֆենոլային կապակցիչով նյութի համար կա-
տարված է թվային օրինակ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Брызгалов Г. И. К расчету внутренних усилий и деформаций в стеклопластике типа АГ-1С. Пластические массы, № 7, М., 1964.
2. Shaffer B. W. Stress-Strain Relations of Reinforced Plastics Parallel and Normal to Their Internal Filaments, AIAA, Journ., v. 2, № 2, 1964.
3. Рабинович А. Я., Верховский И. А. Об упругих постоянных, ориентированных стеклопластиков. Инженерный журнал, т. IV, вып. 1, 1964.
4. Огибалов П. М., Суворова Ю. В. Механика армированных пластиков. Изд. МГУ, 1965.
5. Леонтьев И. Л. Упругие деформации древесины, Л., 1952.
6. Работнов Ю. И. Равновесие упругой среды с последствием. ПММ, т. 12, вып. 1, 1948.

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

С. С. ДАРБИНЯН

О СПЕКТРЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ СООРУЖЕНИЙ НА СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ С УЧЕТОМ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ

В статье рассматривается вопрос анализа спектров перемещений при расчете сооружений на сейсмические воздействия с учетом упруго-пластических деформаций. Исследуются колебания системы с одной степенью свободы по акселерограммам четырех реальных землетрясений, оцениваемых в 7 и 8 баллов. Задача решается с помощью электронно-вычислительной машины*. Упруго-пластические свойства системы принимаются по закону линейного упрочнения (рис. 1). Перемещения системы для разных зон упруго-пластического нагружения и разгрузки в общем случае определяются формулой [1]:

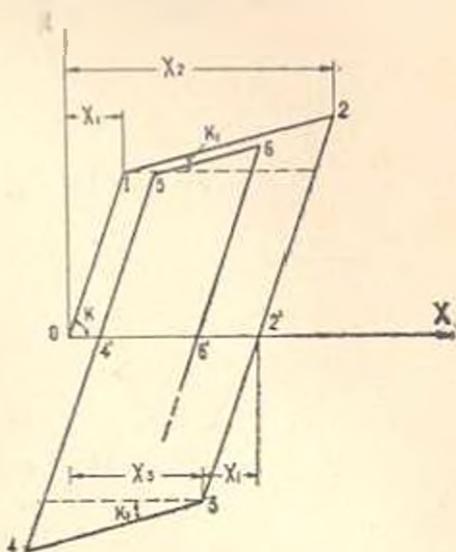


Рис. 1. Диаграмма „сила-перемещение“.

$$\begin{aligned}
 x_{k, k+1} = & \left| x_k \cos p_k (t - t_k) - \right. \\
 & + \frac{1}{p_k} \left(\beta_k \dot{x}_k + \frac{\alpha}{2} p_k x_k \right) \sin p_k (t - t_k) \left| e^{-\frac{\alpha}{2} p_k (t - t_k)} - \frac{1}{p_k} \int_{t_k}^t \left\{ \dot{x}_0(z) + \right. \right. \\
 & + \left. \left. \left(\frac{\alpha \pi}{T} \right)^2 \left[(1 - \beta) \beta_k x_k - (1 - \beta_k) \bar{x}_k - \beta_k \bar{x}_{k-1} \right] \right\} e^{-\frac{\alpha}{2} p_k (t-z)} \sin p_k (t-z) dz, \quad (1)
 \end{aligned}$$

где $\beta_k = 0$, $\beta_{k+1} = 1$, $\bar{x}_k = 0$ при $k < 2$.

* Приведенные в статье результаты являются продолжением решения задачи данной и [1], поэтому здесь не будем останавливаться на подробностях постановки и метода решения. Рассматривается случай нулевого затухания. Здесь приняты оба значения [1].

На печатающей установке машины записывались значения упруго-пластических перемещений во всех точках перехода (точки 1, 2, 3, 4... рис. 1). Перемещения в нечетных точках определялись формулой

$$x_{k+1} = \bar{x}_k + (-1)^{k/2} x_2 \quad (k=2, 4, 6 \dots) \quad (2)$$

Для 12 значений периода собственных колебаний определялись величины смещений во времени, которые дали возможность построить их графики в функции от времени. Нами получено 336 таких графиков, три из которых при $\alpha=0$, $\tau_1=0,5$, $T=0,4$ для землетрясения № 2 приведены на рис. 2.

На этих графиках пунктиром показаны новые оси координат, относительно которых система начинает упругие колебания. В отдель-

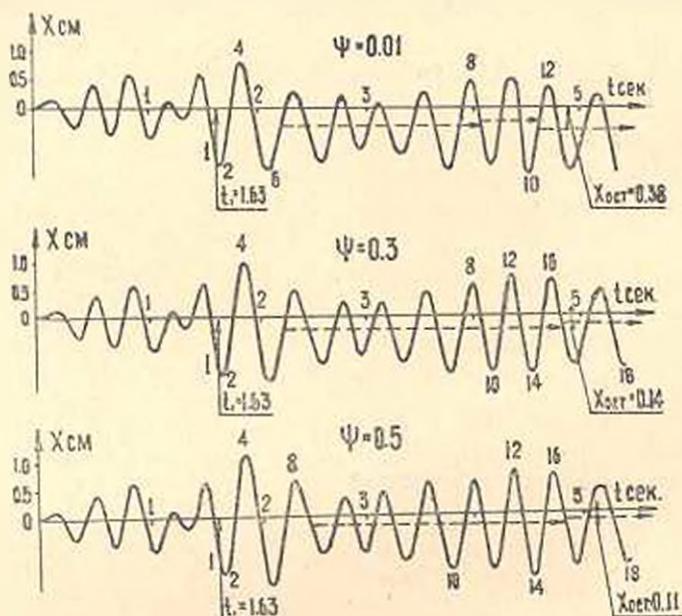


Рис. 2. Графики изменения перемещений во времени при землетрясении № 2, при $\tau_1=0,5$, $T=0,4$.

ных случаях они меняются в 2—3 раза. Такое явление происходит по следующей причине. В зависимости от закона колебания почвы система совершает либо упруго-пластические, либо упругие колебания, и поэтому она колеблется относительно новых положений равновесия. Из этих графиков видно, что изменения перемещений в сооружении приближается к гармоническому закону. Имея величины перемещений в точках перехода диаграммы, определялись их максимальные значения и строились спектры максимальных перемещений. Такие значения для землетрясений № 1 и № 2 приведены в табл. 1. Для сопоставления полученных результатов с упругими решениями были найдены также значения максимальных перемещений в предположении чисто упругой работы рассматриваемой системы. Значения x_{1p}^{max} для разных T приведены в табл. 2.

Таблица 1

Значения максимальных упруго-пластических перемещений в см

ψ	Землетрясение № 1												Землетрясение № 2												
	$\eta=0,3$				$\eta=0,5$				$\eta=0,7$				$\eta=0,3$				$\eta=0,5$				$\eta=0,7$				
	0,01	0,3	0,5	0,8	0,01	0,3	0,5	0,8	0,01	0,3	0,5	0,8	0,01	0,3	0,5	0,8	0,01	0,3	0,5	0,8	0,01	0,3	0,5	0,8	
0,1	0,29	0,10	0,44	0,04	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,09	0,12	0,11	0,11	0,13	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,15
0,15	0,18	0,11	0,14	0,15	0,17	0,20	0,17	0,16	0,17	0,19	0,19	0,19	0,31	0,26	0,19	0,24	0,37	0,37	0,26	0,27	0,30	0,28	0,29	0,30	0,30
0,2	0,56	0,39	0,33	0,41	0,46	0,44	0,43	0,41	0,43	0,44	0,45	0,46	0,36	1,24	0,96	0,33	0,30	0,32	0,10	0,40	0,40	0,41	0,43	0,48	
0,25	0,40	0,47	0,33	0,63	0,66	0,51	0,56	0,87	0,63	0,64	0,65	0,60	0,69	0,67	0,74	0,83	0,83	0,98	0,94	1,09	1,33	1,30	1,28	1,32	
0,3	0,82	0,60	0,65	0,83	1,12	1,08	0,93	0,95	1,27	1,20	1,25	1,24	1,18	1,09	1,11	1,41	1,25	1,25	1,31	1,45	1,40	1,43	1,47	1,62	
0,35	1,51	1,04	0,92	1,16	1,13	1,16	1,19	1,24	1,57	1,56	1,58	1,59	2,21	1,69	1,65	1,94	2,09	1,70	1,84	1,99	2,81	2,89	2,29	2,48	
0,4	0,66	0,76	0,65	0,60	0,64	0,76	0,74	0,71	0,80	0,78	0,78	0,77	1,88	1,35	1,06	1,33	1,19	1,16	1,24	1,38	1,31	1,30	1,35	1,44	
0,45	0,89	0,83	0,65	0,51	0,57	0,5	0,89	0,54	0,38	0,55	0,55	0,54	1,33	1,32	1,52	1,96	1,91	1,91	1,97	2,12	2,31	2,19	2,21	2,23	
0,5	1,39	1,24	1,15	0,83	1,99	0,90	0,87	0,83	0,99	0,78	0,79	0,74	1,70	1,79	1,94	2,44	2,39	2,34	2,31	2,71	2,85	2,83	2,82	2,88	
0,6	1,39	1,47	1,67	2,10	2,12	2,17	2,30	2,63	2,60	2,71	2,78	2,87	2,08	1,77	1,83	2,12	2,00	2,42	2,20	2,59	2,67	3,02	2,88	3,10	
0,7	1,46	0,99	0,80	0,96	0,91	1,23	1,13	0,99	1,11	1,07	1,05	1,03	3,24	2,04	1,56	1,69	1,68	1,83	2,18	1,79	1,85	1,74	1,78	1,86	
0,8	0,81	0,84	0,89	0,93	1,02	1,02	1,03	1,06	1,08	1,07	1,06	1,11	3,49	2,94	3,15	2,88	3,64	3,48	3,42	3,36	3,27	3,29	3,30	3,31	
0,9	0,55	0,57	0,58	0,73	0,77	1,05	0,92	0,83	0,74	0,74	0,71	0,85	3,71	3,51	3,46	3,48	4,17	3,92	3,78	3,62	3,71	3,65	3,62	3,57	
1,0	0,76	0,76	0,76	0,77	0,80	0,79	0,75	0,77	0,77	0,78	0,78	0,77	2,24	2,49	2,69	3,02	3,12	3,16	3,19	3,22	3,37	3,43	3,30	3,27	
1,2	0,91	0,57	0,58	0,62	0,64	0,64	0,65	0,66	0,67	0,67	0,67	0,67	1,54	1,79	2,19	2,28	2,26	2,23	2,21	2,18	2,18	2,18	2,27	2,44	
1,4	0,39	0,41	0,46	0,50	1,19	1,13	1,10	1,05	0,8	1,06	1,05	1,04	3,12	2,56	2,39	2,75	2,12	2,38	2,57	3,34	2,75	2,89	3,02	3,23	
1,6	0,46	0,49	0,52	0,58	1,21	1,17	1,15	1,12	1,13	1,12	1,12	1,11	1,44	2,23	2,19	2,41	2,35	2,22	2,25	2,14	2,65	2,71	2,74	2,78	
1,8	0,81	0,70	0,64	0,48	0,67	0,67	0,56	0,56	1,12	1,11	1,11	1,10	2,79	1,59	1,62	1,92	1,75	1,73	1,77	1,95	1,86	1,93	1,97	1,99	
2,0	1,02	0,95	0,91	0,87	0,84	0,84	0,84	0,83	1,31	1,30	1,30	1,29	1,60	1,61	1,65	1,98	1,66	1,69	1,79	2,08	1,97	2,06	2,12	2,21	
2,5	2,43	1,96	1,76	1,63	2,00	1,93	1,90	1,87	1,88	1,87	1,86	1,85	1,97	1,95	1,93	1,82	1,90	1,67	2,10	1,78	1,66	1,66	1,66	1,70	
3,0	1,78	1,57	1,94	1,94	1,91	1,90	1,89	1,95	1,88	1,88	1,96	2,07	1,32	1,40	1,46	1,54	1,95	1,84	1,92	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	
3,5	3,26	2,92	2,75	2,56	1,97	2,12	2,22	2,36	2,61	2,60	2,59	2,57	1,40	1,11	1,12	1,13	2,07	2,05	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,05	

Таблица 2

Значение максимальных перемещений при чисто упругом расчете в см

T	Землетрясение № 1	Землетрясение № 2	Землетрясение № 3	Землетрясение № 4
0,1	0,047	0,157	0,131	0,036
0,15	0,211	0,300	0,447	0,175
0,2	0,511	0,496	1,120	0,312
0,25	0,647	1,501	2,407	0,610
0,3	1,224	1,797	2,861	0,428
0,35	1,811	2,814	5,778	1,011
0,4	0,764	1,579	4,266	0,529
0,45	0,527	2,362	10,485	0,917
0,5	0,835	3,233	6,144	1,092
0,6	3,246	3,434	10,330	1,966
0,7	1,012	1,999	10,529	1,067
0,8	1,212	3,630	5,280	1,627
0,9	0,817	3,577	4,910	1,556
1,0	0,770	3,249	4,038	1,309
1,2	0,665	2,515	3,552	1,485
1,4	1,028	3,382	6,523	1,837
1,6	1,102	1,808	11,860	2,158
1,8	1,092	2,054	17,613	2,089
2,0	1,282	2,261	18,453	1,956
2,5	1,848	1,836	20,289	2,149
3,0	2,334	1,921	20,264	2,657
3,5	2,565	2,126	17,809	3,328

Было получено 48 спектров максимальных перемещений, некоторые из которых при землетрясении № 2 показаны на рис. 3. На этом рисунке пунктиром указываются значения максимальных перемещений при чисто упругих колебаниях.

Анализ полученных спектров показывает, что разница между максимальными перемещениями при чисто упругом и упруго-пластическом решениях незначительна. Разница увеличивается для больших значений T и малых значениях η и ψ . При этом в большинстве случаев $x_{\text{упр}}^{\text{max}} > x_{\text{пл}}^{\text{max}}$. Только для некоторых значений T при землетрясениях 3 и 4 упруго-пластические решения получаются большими по сравнению с упругими. Кроме этого, в местах больших пиков в упругом решении значения упруго-пластических решений резко уменьшаются.

Проведенные исследования показывают, что при упруго-пластическом расчете сооружений нет основания опасаться больших перемещений за счет пластических деформаций. Однако для полного изучения поведения сооружений под сейсмическими воздействиями необходимо определить также величины максимальных пластических и остаточных деформаций.

Дело в том, что во время упруго-пластических колебаний в сооружениях могут появляться такие остаточные деформации, при наличии которых дальнейшая эксплуатация конструкций становится невозможной. С другой стороны, при многократном знакопеременном уп-

руго-пластическом нагружении возможны появления таких пластических деформаций, при которых сооружение выходит из строя, не доходя до конца колебательного процесса. Такое явление может иметь место даже при нулевых остаточных деформациях. Поэтому исследо-

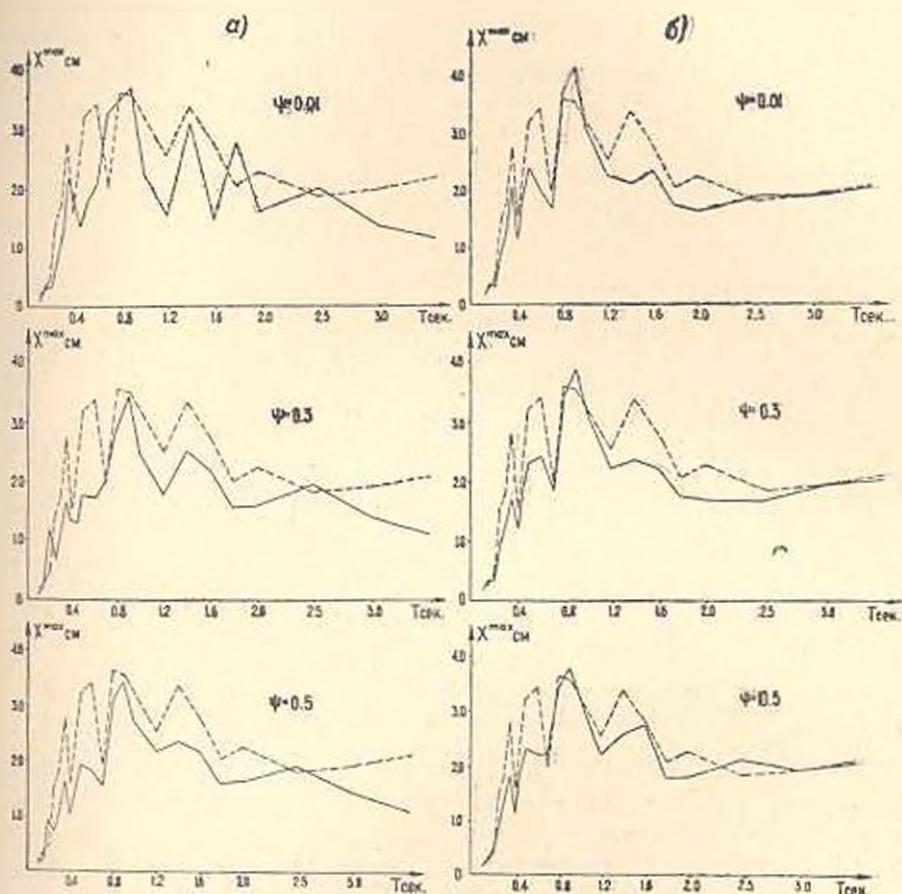


Рис. 3. Спектры максимальных перемещений при землетрясении № 2: а) при $\eta = 0.3$; б) при $\eta = 0.5$.

вание спектров максимальных и остаточных деформаций представляет интерес. С этой целью программа вычислений была составлена таким образом, чтобы после каждого полуцикла колебаний имелась бы возможность получить величину остаточной деформации.

Значения остаточных деформаций вычисляются следующей формулой:

$$\bar{x}_k = (1 - \psi) \sum_{l=1}^{k/2} (x_{2l} - x_{2l-1}), \quad (k = 2, 4, 6, \dots) \quad (3)$$

Имея значения (3) после каждого полуцикла колебаний, можем найти величины максимальных пластических и остаточных деформаций при последнем цикле колебания. Эти значения для четырех землетрясений приведены в табл. 3—6. На рис. 4 показаны спектры:

максимальных пластических и остаточных деформаций при $\eta=0,5$ и разных значений ψ , для землетрясений № 2 и № 3. На этих графиках пунктиром обозначены значения максимальных пластических деформаций, а там, где кривые совпадают, показаны только сплошной линией.

Из табл. 4—6 и рис. 4 видно, что для жестких сооружений $T < 0,6$ сек (при землетрясении № 3 $T < 0,5$ сек.) величины остаточ-

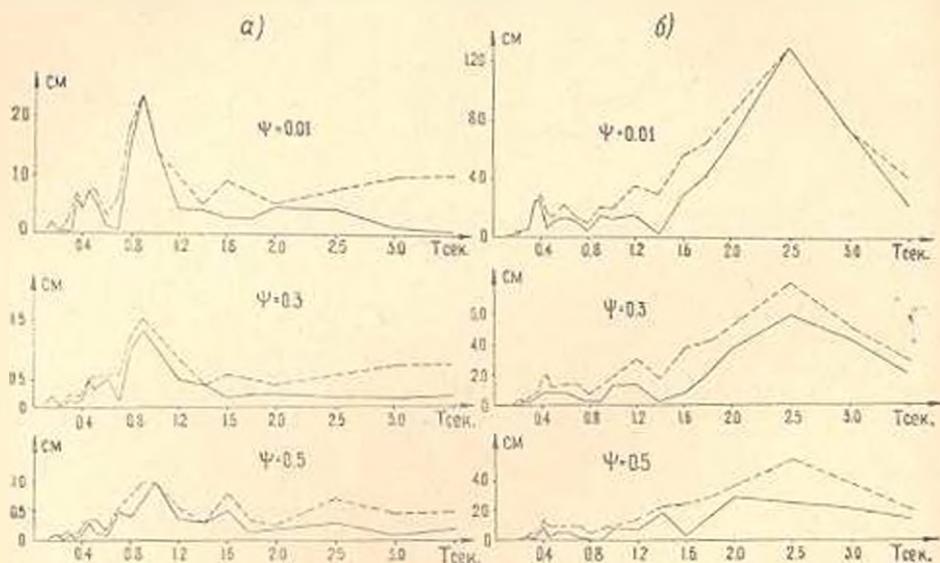


Рис. 4. Спектры максимальных пластических и остаточных деформации при $\eta = 0,5$: а) при землетрясении № 2; б) при землетрясении № 3.

ных деформаций весьма малы, притом они всегда остаются меньше максимальных пластических деформаций. Поэтому жесткие сооружения можно рассчитывать с учетом упруго-пластических деформаций без опасения в отношении появления недопустимых деформаций при их дальнейшей эксплуатации. Для очень гибких сооружений значения максимальных пластических и остаточных деформаций совпадают.

Значения остаточных деформаций уменьшаются при увеличении коэффициента пластичности η и коэффициента упрочнения ψ . В отдельных случаях в спектрах остаточных деформаций имеют место большие пики (например, для землетрясения № 2 в интервале $0,8 < T < 1,1$ сек, а для землетрясения № 3 при больших значениях T). Если сравнивать спектры ускорения [1] с спектрами перемещений, то везде пики на них получаются для разных значений периода собственных колебаний, при этом на спектрах перемещений пики сдвигаются в сторону больших T .

Из приведенных данных видно, что в отдельных случаях в сооружениях и в особенности гибких следует ожидать появления больших остаточных деформаций, которые могут быть причиной разрушения или причиной невозможности дальнейшей эксплуатации сооружений.

ПА-7453

Таблица 3

Значения максимальных пластических ($\chi_{max}^{пл}$) и остаточных ($\chi_{ост}$) деформаций при землетрясении № 1 в см

T	$\eta=0,3$				$\eta=0,5$				$\eta=0,7$							
	0,01		0,3		0,01		0,3		0,01		0,3		0,5		0,8	
	$\chi_{max}^{пл}$	$\chi_{ост}$														
0,1	0,28	0,10	0,07	0,06	0,01	0,01	0,01	0	0,05	0,04	0,02	0	0,01	0,01	0	0
0,15	0,11	0,09	0,05	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,08	0,05	0,09	0,09	0,05	0,04	0,02	0,01
0,2	0,41	0,37	0,18	0	0,10	0,10	0,04	0,02	0,19	0,19	0,13	0,11	0,09	0,09	0,02	0
0,25	0,21	0,04	0,17	0,12	0,11	0,05	0,05	0,03	0,33	0,08	0,09	0,03	0,11	0,08	0,01	0,03
0,3	0,45	0,36	0,29	0,10	0,10	0,02	0,04	0,04	0,50	0,45	0,33	0,22	0,14	0,05	0,06	0
0,35	0,96	0,88	0,38	0,24	0,17	0,12	0,08	0,02	0,22	0,20	0,16	0,03	0,13	0,05	0,07	0,01
0,4	0,52	0,52	0,39	0,38	0,22	0,15	0,06	0,01	0,26	0,26	0,28	0,21	0,18	0,09	0,06	0,01
0,45	0,73	0,04	0,46	0,25	0,27	0,19	0,07	0,04	1,31	1,31	0,21	0,11	0,10	0,02	0,10	0,07
0,4	1,13	1,11	0,75	0,60	0,51	0,40	0,15	0,12	1,55	1,46	0,33	0,16	0,22	0,12	0,15	0,14
0,6	0,42	0,27	0,32	0,14	0,28	0,08	0,18	0,01	0,48	0,32	0,36	0,16	0,29	0,09	0,13	0,01
0,7	1,15	1,08	0,36	0,36	0,19	0	0,07	0,02	0,40	0,22	0,40	0,22	0,32	0,13	0,11	0,05
0,8	0,44	0,41	0,30	0,05	0,21	0,08	0,07	0,03	0,41	0,31	0,27	0,08	0,19	0,07	0,07	0,03
0,9	0,30	0,15	0,21	0,17	0,15	0,07	0,11	0,11	0,30	0,08	0,51	0,50	0,32	0,31	0,16	0,16
1,0	0,52	0,05	0,36	0,04	0,26	0,01	0,41	0,06	0,41	0,06	0,28	0,11	0,26	0,13	0,08	0,08
1,2	0,70	0,70	0,26	0,15	0,19	0,15	0,08	0,06	0,30	0,12	0,21	0,09	0,15	0,07	0,06	0,02
1,4	0,08	0,06	0,07	0,04	0,06	0,04	0,03	0,03	0,67	0,67	0,43	0,43	0,29	0,29	0,11	0,11
1,6	0,13	0,02	0,10	0,02	0,07	0	0,03	0,01	0,65	0,63	0,44	0,44	0,30	0,30	0,11	0,11
1,8	0,48	0,48	0,25	0,13	0,14	0,01	0,05	0,05	0,13	0,13	0,09	0,09	0,01	0,01	0	0
2,0	0,62	0,62	0,38	0,33	0,25	0,14	0,08	0,01	0,20	0,20	0,13	0,10	0,09	0,05	0,03	0,01
2,5	1,86	1,86	0,98	0,98	0,60	0,60	0,21	0,21	1,03	0,46	0,70	0,33	0,49	0,23	0,19	0,07
3,0	1,08	1,08	0,89	0,15	0,62	0,23	0,24	0,06	0,74	0,37	0,51	0,21	0,36	0,13	0,14	0,04
3,5	2,47	2,47	1,40	1,40	0,98	0,98	0,35	0,35	0,68	0,68	0,48	0,48	0,34	0,34	0,14	0,14

Таблица 4

Значения максимальных пластических ($x_{\text{пл}}^{\text{max}}$) и остаточных ($x_{\text{ост}}$) деформаций при землетрясении № 2 в см

ψ	$\eta=0,3$				$\eta=0,5$				$\eta=0,7$															
	0,01		0,3		0,5		0,8		0,01		0,3		0,5		0,8									
	$x_{\text{пл}}^{\text{max}}$	$x_{\text{ост}}$																						
0,1	0,01	0	0,07	0,07	0,05	0,05	0,02	0,02	0,05	0,01	0,06	0,06	0,04	0,04	0,01	0,01	0,02	0	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,01
0,15	0,22	0,01	0,15	0,11	0,05	0,05	0,06	0,06	0,22	0,20	0,21	0,21	0,08	0,08	0,01	0,01	0,09	0,09	0,04	0,04	0,03	0,01	0,01	0
0,2	0,21	0,20	0,09	0,04	0,01	0,01	0,06	0,04	0,05	0,01	0,05	0,03	0,11	0,11	0,01	0,01	0,05	0,05	0,04	0,01	0,03	0,02	0,04	0,01
0,25	0,24	0,11	0,18	0,14	0,11	0,09	0,09	0,09	0,14	0,01	0,16	0,03	0,13	0,01	0,07	0,01	0,27	0,18	0,20	0,10	0,14	0,05	0,05	0,03
0,3	0,64	0,31	0,15	0,09	0,22	0,02	0,10	0,09	0,3	0,02	0,19	0,17	0,18	0,10	0,10	0,01	0,14	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,07	0,02
0,35	1,06	1,31	0,59	0,22	0,40	0,10	0,18	0,01	0,67	0,61	0,18	0,06	0,15	0,02	0,10	0,01	0,84	0,81	0,54	0,11	0,12	0,04	0,07	0,01
0,4	1,10	1,09	0,61	0,11	0,26	0,17	0,10	0,01	0,40	0,38	0,23	0,18	0,20	0,11	0,05	0,05	0,20	0,10	0,14	0,09	0,10	0,05	0,09	0,06
0,45	0,6	0,62	0,35	0,14	0,28	0	0,14	0,03	0,73	0,69	0,19	0,16	0,36	0,31	0,17	0,06	0,65	0,65	0,40	0,10	0,28	0,27	0,12	0,10
0,5	0,40	0,30	0,50	0,11	0,30	0,12	0,17	0,03	0,70	0,57	0,50	0,28	0,34	0,16	0,16	0,01	0,58	0,21	0,40	0,13	0,28	0,01	0,11	0,02
0,6	1,05	1,01	0,53	0,21	0,49	0,14	0,17	0,04	0,28	0,10	0,55	0,54	0,18	0,07	0,11	0,01	0,26	0,21	0,49	0,39	0,18	0,13	0,09	0,02
0,7	2,47	2,37	1,09	0,88	0,41	0,38	0,25	0,01	0,67	0,03	0,44	0,03	0,57	0,50	0,12	0,10	0,44	0,44	0,20	0,20	0,15	0,08	0,09	0,02
0,8	2,39	2,39	1,49	1,46	1,24	0,52	0,43	0,25	1,80	1,44	1,15	0,97	0,78	0,41	0,29	0,01	0,72	0,57	0,50	0,01	0,16	0,03	0,14	0,01
0,9	2,61	2,61	1,77	1,61	1,24	0,86	0,49	0,42	2,35	2,33	1,48	1,29	0,99	0,68	0,37	0,28	1,20	1,20	0,80	0,57	0,55	0,42	0,21	0,15
1,0	1,25	1,25	0,98	0,98	1,08	1,08	0,42	0,21	1,48	1,48	1,03	1,04	0,99	0,99	0,36	0,31	1,08	1,08	0,74	0,74	0,51	0,51	0,27	0,27
1,2	0,76	0,18	0,79	0,75	0,71	0,41	0,36	0,30	0,98	0,43	0,60	0,46	0,38	0,35	0,24	0,16	0,40	0,19	0,28	0,18	0,20	0,13	0,08	0,03
1,4	2,19	2,04	1,27	0,50	0,46	0,42	0,39	0,39	0,54	0,42	0,37	0,37	0,29	0,29	0,30	0,30	0,37	0,37	0,32	0,32	0,26	0,26	0,13	0,13
1,6	0,51	0,50	1,05	0,84	0,73	0,41	0,31	0,11	0,94	0,39	0,56	0,17	0,81	0,52	0,31	0,10	0,68	0,68	0,49	0,49	0,35	0,35	0,14	0,14
1,8	0,92	0,85	0,62	0,42	0,45	0,05	0,16	0,11	0,71	0,27	0,49	0,22	0,35	0,16	0,14	0,12	0,42	0,42	0,29	0,29	0,20	0,20	0,07	0,07
2,0	0,92	0,91	0,61	0,43	0,44	0,29	0,18	0,12	0,52	0,48	0,37	0,21	0,27	0,20	0,11	0,10	0,38	0,38	0,30	0,30	0,22	0,22	0,10	0,10
2,5	1,40	1,40	1,00	1,00	0,75	0,75	0,18	0,16	0,75	0,16	0,53	0,18	0,74	0,32	0,25	0,08	0,37	0,16	0,26	0,01	0,19	0,01	0,07	0,02
3,0	0,74	0,74	0,51	0,54	0,40	0,40	0,17	0,17	0,98	0,13	0,69	0,16	0,48	0,12	0,19	0,06	0,58	0,52	0,11	0,18	0,29	0,14	0,12	0,06
3,5	0,46	0,16	0,32	0,42	0,23	0,23	0,09	0,08	1,00	0,05	0,70	0,18	0,50	0,23	0,20	0,15	0,56	0,88	0,40	0,38	0,28	0,28	0,11	0,11

Таблица 5

Значения максимальных пластических ($x_{пл}^{max}$) и остаточных ($x_{ост}$) деформаций при землетрясении № 3 в см

T	ψ		$\tau=0,3$								$\tau=0,5$								$\tau=0,7$							
			0,01		0,3		0,5		0,8		0,01		0,3		0,5		0,8		0,01		0,3		0,5		0,8	
	$x_{пл}^{max}$	$x_{ост}$																								
0,1	1,08	1,07	0,11	0,09	0,16	0,12	0,02	0,01	0,19	0,16	0,01	0	0,04	0,03	0,01	0,01	0,05	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01		
0,15	0,71	0,68	0,12	0,03	0,18	0,11	0,03	0,03	0,21	0,15	0,12	0,04	0,08	0,02	0,03	0,01	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01		
0,2	0,70	0,50	0,64	0,59	0,38	0,34	0,03	0,07	0,36	0,12	0,26	0	0,18	0,16	0,07	0,02	0,20	0,17	0,05	0,02	0,05	0,03	0,06	0,05		
0,25	0,81	0,21	0,41	0,09	0,73	0,67	0,14	0,05	0,36	0,31	0,27	0,27	0,23	0,22	0,13	0,06	0,32	0,04	0,24	0,11	0,18	0,11	0,07	0,02		
9,3	0,63	0,21	1,54	1,18	1,61	0,80	0,26	0,17	0,78	0,62	0,44	0,25	0,41	0,34	0,18	0,11	0,35	0,06	0,24	0,01	0,17	0,06	0,08	0,07		
0,35	1,61	1,02	0,91	0,38	0,70	0,19	0,29	0,13	2,44	2,44	0,63	0,47	0,51	0,22	0,29	0,06	1,54	1,43	0,89	0,74	0,63	0,48	0,27	0,20		
0,4	2,80	0,90	1,17	0,61	0,96	0,21	0,36	0,03	3,02	2,61	1,63	1,03	1,39	0,83	0,14	0,04	0,89	0,74	0,89	0,89	0,60	0,57	0,25	0,14		
0,45	1,25	0,54	1,30	0,27	0,85	0,09	0,48	0,22	1,87	0,64	1,89	0,95	1,00	0,15	0,47	0,01	1,05	0,38	0,87	0,29	0,68	0,39	0,30	0,12		
0,5	2,01	0,17	2,87	2,08	1,05	0,51	0,37	0,14	1,39	1,21	1,11	0,99	0,87	0,49	0,39	0,26	1,73	1,73	1,19	1,19	0,84	0,66	0,33	0,23		
0,6	3,67	3,62	1,04	0,07	1,07	0,21	0,55	0,37	2,29	1,51	1,51	0,87	1,01	0,62	0,48	0,39	1,33	0,52	0,91	0,17	0,64	0,03	0,28	0,10		
0,7	2,96	1,98	2,03	0,91	1,51	0,50	0,67	0,33	1,36	1,24	1,58	0,51	1,10	0,24	0,41	0,18	1,66	1,23	1,14	0,67	0,80	0,47	0,34	0,11		
0,8	5,13	4,76	1,93	1,36	1,21	0,58	0,41	0,12	1,02	0,54	0,72	0,23	0,51	0,10	0,22	0,02	1,18	0,81	0,82	0,29	0,58	0,16	0,23	0,08		
0,9	4,33	1,91	2,97	2,80	1,58	0,32	0,54	0,13	2,09	1,57	1,29	0,25	0,85	0,09	0,31	0	0,57	0,57	0,52	0,52	0,41	0,41	0,19	0,17		
1,0	5,03	0,05	1,49	0,13	0,72	0,20	0,63	0,09	2,01	1,33	1,90	1,59	1,01	0,91	0,36	0,08	1,43	1,43	0,96	0,78	0,66	0,39	0,25	0,05		
1,2	14,76	11,74	2,65	0,65	2,67	0,93	0,40	0,12	3,54	1,88	3,12	1,48	1,54	0,77	0,27	0,14	2,29	1,68	1,09	0,85	0,53	0,48	0,16	0,07		
1,4	8,79	7,33	3,35	1,52	2,00	0,82	0,79	0,18	2,95	0,17	1,84	0,19	2,30	1,93	0,59	0,33	2,21	2,21	1,38	1,38	0,91	0,91	0,47	0,47		
1,6	5,24	2,43	3,51	0,71	2,45	1,10	0,91	0,63	5,78	2,99	3,73	0,85	2,53	0,18	0,91	0,12	3,15	1,54	2,11	0,50	1,46	0,04	0,56	0,10		
1,8	6,90	4,29	4,74	2,85	3,97	1,97	1,29	0,96	6,51	1,23	4,21	2,12	2,89	1,53	1,09	0,79	1,84	0,80	1,28	0,48	0,90	0,13	0,36	0,12		
2,0	11,68	11,68	5,19	1,59	3,72	2,25	1,49	1,43	8,26	6,49	5,40	3,81	3,69	2,88	1,38	1,35	3,20	2,10	2,20	1,57	1,54	1,24	0,64	0,64		
2,5	6,40	6,10	6,01	3,73	4,66	1,14	2,26	0,15	12,89	12,89	8,22	6,05	5,50	2,65	2,00	0,26	6,10	5,91	4,13	2,62	2,87	1,15	1,10	0,08		
3,0	7,38	1,22	4,90	1,45	3,36	0,23	1,45	0,50	7,35	7,35	5,37	1,43	3,91	2,20	1,64	0,30	6,37	6,37	4,43	4,28	3,13	2,42	1,23	0,59		
3,5	8,83	27,3	5,96	0,22	4,13	0,61	1,58	0,66	4,22	2,06	3,00	2,00	2,09	1,68	0,83	0,82	4,40	4,40	3,13	3,13	2,24	2,24	0,90	0,90		

Таблица 6

Значения максимальных пластических ($\chi_{\text{пл}}^{\text{max}}$) и остаточных ($\chi_{\text{ост}}$) деформаций при землетрясении № 1 в с.м

τ	$\tau = 0,3$								$\tau = 0,5$								$\tau = 0,7$								
	0,01		0,3		0,5		0,8		0,01		0,3		0,5		0,8		0,01		0,3		0,5		0,8		
	$\chi_{\text{пл}}^{\text{max}}$	$\chi_{\text{ост}}$																							
0,1	0,13	0,13	0,10	0,09	0,02	0,01	0,02	0	0,02	0,01	0,01	0	0,01	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01
0,15	0,05	0,01	0,05	0,01	0,10	0,09	0,03	0,02	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0	0,01	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
0,2	0,27	0,09	0,19	0,11	0,12	0,11	0,03	0,03	0,15	0,15	0,11	0,11	0,05	0,05	0,02	0,02	0,07	0,04	0,05	0,01	0,03	0	0,01	0,01	0,01
0,25	0,30	0,21	0,15	0,05	0,08	0,02	0,03	0,01	0,19	0,15	0,12	0,07	0,09	0,04	0,03	0,01	0,08	0,03	0,06	0,02	0,04	0	0,02	0	0,01
0,3	0,27	0,11	0,15	0,03	0,10	0,03	0,08	0,07	0,32	0,04	0,23	0,05	0,13	0,04	0,03	0,02	0,08	0,06	0,06	0,01	0,05	0,01	0,02	0,01	0,01
0,35	0,37	0,25	0,46	0,44	0,29	0,25	0,05	0,03	0,12	0	0,32	0,31	0,22	0,17	0,06	0,04	0,19	0,07	0,13	0	0,09	0,01	0,04	0,01	0,01
0,4	1,15	1,06	0,32	0,23	0,28	0,17	0,05	0,04	0,37	0,37	0,27	0,14	0,18	0,03	0,04	0,02	0,15	0,15	0,08	0,08	0,06	0,05	0,02	0,01	0,01
0,45	0,33	0,26	0,28	0,28	0,30	0,30	0,13	0,13	0,52	0,16	0,35	0,35	0,24	0,24	0,10	0,09	0,23	0,20	0,16	0,09	0,11	0,05	0,01	0,01	0,01
0,5	0,34	0,34	0,22	0,19	0,15	0,04	0,07	0,03	0,19	0,17	0,12	0,06	0,09	0	0,01	0,02	0,18	0,13	0,12	0,11	0,09	0,08	0,05	0,04	0,04
0,6	0,32	0,01	0,20	0,13	0,13	0,11	0,05	0,01	0,13	0,02	0,12	0,07	0,09	0,05	0,07	0,07	0,15	0	0,11	0,04	0,07	0,04	0,03	0,01	0,01
0,7	0,24	0,16	0,72	0,63	0,50	0,35	0,19	0,07	0,25	0,25	0,45	0,38	0,31	0,20	0,11	0,04	0,34	0,34	0,23	0,23	0,16	0,16	0,06	0,06	0,06
0,8	0,38	0,38	0,31	0,31	0,38	0,18	0,18	0,02	0,47	0,06	0,69	0,55	0,46	0,30	0,18	0,07	0,32	0,32	0,23	0,23	0,17	0,17	0,07	0,07	0,07
0,9	0,66	0,40	0,33	0,25	0,19	0,12	0,09	0,09	0,44	0,29	0,12	0,06	0,21	0,07	0,08	0,06	0,12	0,12	0,27	0,27	0,19	0,19	0,08	0,08	0,08
1,0	1,41	1,41	0,75	0,54	0,45	0,29	0,14	0,10	0,55	0,39	0,34	0,12	0,22	0,08	0,08	0,04	0,20	0,20	0,16	0,14	0,13	0,07	0,06	0,06	0,06
1,2	1,68	1,68	1,27	1,27	0,72	0,68	0,22	0,12	0,96	0,96	0,62	0,62	0,42	0,37	0,16	0,07	0,50	0,50	0,34	0,34	0,24	0,21	0,09	0,09	0,09
1,4	2,21	2,21	1,60	1,00	1,11	1,11	0,47	0,17	0,94	0,94	0,63	0,63	0,13	0,13	0,31	0,31	0,47	0,47	0,32	0,32	0,23	0,23	0,09	0,09	0,09
1,6	1,63	1,63	1,36	1,36	1,01	1,01	0,41	0,41	0,86	0,86	0,58	0,58	0,40	0,40	0,34	0,34	0,34	0,34	0,23	0,23	0,17	0,17	0,07	0,07	0,07
1,8	2,59	2,59	1,07	0,78	0,72	0,42	0,27	0,11	1,01	1,01	0,67	0,60	0,46	0,35	0,18	0,10	0,65	0,65	0,44	0,44	0,31	0,30	0,12	0,09	0,09
2,0	3,15	3,15	1,15	0,97	0,77	0,51	0,29	0,11	1,17	1,17	0,77	0,73	0,53	0,40	0,20	0,10	0,65	0,65	0,44	0,44	0,31	0,30	0,12	0,09	0,09
2,5	3,88	3,88	1,92	1,92	1,17	1,17	0,29	0,26	2,23	2,23	1,28	1,28	0,52	0,52	0,20	0,20	0,59	0,59	0,41	0,41	0,29	0,29	0,11	0,11	0,11
3,0	4,28	4,28	1,97	1,97	1,28	1,28	0,44	0,44	1,99	1,99	1,27	1,27	0,85	0,85	0,31	0,31	0,98	0,98	0,66	0,66	0,46	0,46	0,18	0,18	0,18
3,5	3,93	3,93	2,33	2,33	1,36	1,36	0,50	0,50	1,99	1,99	1,33	1,33	0,91	0,91	0,35	0,35	1,05	1,05	0,73	0,73	0,51	0,51	0,20	0,20	0,20

В связи с этим необходимо изучение поведения сооружений за пределами упругости под действием динамических сил.

ИГИС АН Армянской ССР

Поступило 9.IV.1965

Ա. Ս. ՂԱՐՔՆՅԱՆ,

ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՍԵՅՍՄԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿԻ ԺԱՄԱՆԱԿ
ՏՆՂԱՓՈՒՅՈՒՄՆԵՐԻ ՈՊԵՏՏՐԻ ԽԱՍԻՆ, ՊԼԱՍՏԻԿ ԿԵՖՈՐՄԱՑԻՈՆԱԿՆԵՐԻ
ՀԱՇՎԱՌՈՒՄՈՎ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հոդվածում ուսումնասիրվում է 7 և 9 բալ ում ունեցող երկրաշարժների աղղեցությունից սակ զտնվող մեկ ազատության աստիճան ունեցող սխեմաի տատանումները առաձգա-պլաստիկական ղեֆորմացիաների հաշվառումով: Բերված արդյունքները հանդիսանում են [1] աշխատանքի շարունակությունը, այդ պատճառով այստեղ չի տրվում խնդրի ղրվածքի և հաշվառման մեթոդի մանրամասնությունները:

Հետազոտվում է մաքսիմում տեղափոխումների, մաքսիմում պլաստիկ և մնայուն ղեֆորմացիաների սպեկտրները այն ղեպքում, երբ սխեմաի մարման զործակիցը հավասար է ղերոյի ենդիրը լուծվում է էյեկտրոնային հաշվիչ մեքենայի միջոցով: Հիմք ընդունելով (1) և (3) հավասարումները, հաշվվում են տեղափոխումների արժեքները նկ-1. պատկերված ղիագրամի անցման կետերում, որոնց հիման վրա որոշվում է մաքսիմում տեղափոխումների, մաքսիմում պլաստիկ ղեֆորմացիաների և մնայուն ղեֆորմացիաների արժեքները սեփական տատանման պարբերության 20 արժեքների համար: Նշված արժեքները բերված են 3—6 աղյուսակներում: Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ մաքուր առաձգական և առաձգա-պլաստիկական տատանումների ժամանակ մաքսիմում տեղափոխումները իրարից տարբերվում են շատ քիչ: Կոշտ կառուցվածքների համար մնայուն ղեֆորմացիաները ստացվում են շատ փոքր: Այդ պատճառով այդ տիպի կառուցվածքների առաձգա-պլաստիկական հաշվարկի ժամանակ հարկ չկա վախենալու մեծ ղեֆորմացիաների առաջացման վտանգից: Ճկուն կառուցվածքների համար հնարավոր է այնպիսի մնայուն ղեֆորմացիաների առաջացում, որոնք անթույլատրելի են տվյալ սխեմաի նորմալ աշխատանքի համար:

Մանրամասն ըննություն և առնվում տարրեր հաճախակառույցություն ունեցող կառուցվածքներում պլաստիկության հետևանքով առաջացող ղեֆորմացիաների որոշման հարցը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дарбинян С. С. К определению сейсмических сил в сооружениях за пределом упругости. «Известия АН Армянской ССР» (серия ТН), т. XIX, № 3, 1966.
2. Дарбинян С. С. К вопросу колебания системы с одной степенью свободы с учетом упруго-пластических деформаций. «Известия АН Армянской ССР» (серия ТН), т. XII, № 1, 1959.
3. Хачиян Э. Е. Расчет сооружений на сейсмостойкость с учетом упруго-пластических деформаций. «Известия АН Армянской ССР» (серия ТН), т. XVII, № 4, 1964.

Д. М. БАБАЯН

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
 ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ПРИРОСТОВ КОТЛОАГРЕГАТОВ
 ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Задача систематического вычисления и корректировки энергетических характеристик тепловых электростанций стала узким местом проблемы оптимизации режимов энергосистем. Рассмотрим возможные пути решения поставленной задачи построения эксплуатационных характеристик относительных приростов котлоагрегатов. Первый путь, на основе статистическо-вероятностной обработки большого количества материала испытаний, найти эмпирические зависимости режимных характеристик от всех независимых переменных. Однако отсутствие необходимого количества материалов испытаний по каждому типу оборудования значительно осложняет решение этой задачи. Второй путь — это построение характеристики относительного прироста по прямому балансу котла.

Такое решение связано с необходимостью широкого варьирования нагрузкой котлоагрегата, что практически весьма трудно осуществимо. Наиболее реальным представляется возможность построения динамических характеристик относительных приростов котлов методом корректировки существующих статистических характеристик с учетом реальных условий эксплуатации, изменения которых во времени носят закономерный характер. Предлагаемая методика основана на использовании уравнения обратного баланса котла [1]

$$B = \frac{1}{\eta} (Q + \Sigma Q_{\text{пот.}}), \quad (1)$$

где B — расход топлива *т. у. т. час*;

Q — нагрузка котла *мгккал/час*;

$\Sigma Q_{\text{пот.}}$ — суммарные потери тепла *мгккал/час*.

Подставив в уравнение (1) выражение суммарных потерь:

$$\Sigma Q_{\text{пот.}} = Q \frac{\sum_{k=2}^6 q_k}{100 - \sum_{k=2}^6 q_k} \quad (2)$$

и произведя некоторые преобразования, получим значение относительного прироста котла:

$$b_k = 14,29 \left[\frac{1}{100 - \sum_{k=2}^6 q_k} + \frac{Q \left(\frac{d \sum_{k=2}^6 q_k}{dQ} \right)}{\left(100 - \sum_{k=2}^6 q_k \right)^2} \right] \quad (3)$$

где q_2 — потеря тепла с уходящими газами, в процентах;

q_3 — потеря тепла от химической неполноты сгорания топлива, в процентах;

q_4 — потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива, в процентах;

q_5 — потеря тепла от наружного охлаждения котлоагрегата, в процентах;

q_6 — потеря с физическим теплом шлаков, в процентах.

Рассматривая технологический процесс получения тепла в котлоагрегатах во времени, приходим к выводу, что потеря тепла с уходящими газами есть функция времени эксплуатации агрегата, связанная с конкретно изменившимися условиями работы оборудования. Потеря тепла от механической неполноты сгорания непосредственно во времени не изменяется, однако ее изменение связано с изменением потери q_2 . Анализ факторов, влияющих на динамику потерь q_2 , q_3 и q_6 приводит к выводу о том, что изменения этих потерь во времени носят больше случайный, чем закономерный характер. Так как построение динамических характеристик основано только на учете закономерных факторов, то условно принимаемая статичность потерь q_2 , q_3 и q_6 вполне допустима.

Потеря тепла с уходящими газами может быть подсчитана по эмпирической формуле М. Б. Равича [2]

$$q_2^{ан} = \frac{t_{yx} - t_{x, в.}}{t_{max}} \left[c' + \frac{1}{\tau} (a_{yx} - 1) BK \right] 100, \quad (4)$$

где величины τ , t_{max} и B зависят от сорта топлива, а коэффициенты c' и K от сорта топлива и температуры уходящих газов.

Значение t_{yx} — для данной нагрузки непосредственно регистрируется на котле, что касается величины a_{yx} , то ее можно определить, исходя из процентного содержания кислорода в продуктах сгорания:

$$a_{yx} = \frac{21}{21 - O_2} \quad (5)$$

где O_2 — процентное содержание кислорода в уходящих газах, которое фиксируется кислородомерами котла.

Для современных мощных котлоагрегатов с небольшими потерями тепла в окружающую среду температура забираемого холодного

воздуха приближается к наружной независимо от времени года, так как подогрев холодного воздуха в здании котельной за счет возврата части тепла q_3 невелик.

Построение действительной характеристики потерь с уходящими газами производится следующим образом. Пусть в статике имеем характеристику потерь $q_2^{ст} = q_2^{ст}(Q)$, снятую сразу после капитального ремонта. В результате работы котла происходит закономерный процесс роста температуры уходящих газов и коэффициента избытка воздуха за котлом. Это приводит к росту во времени ординат кривой $q_2^{ст} = q_2^{ст}(Q)$. Так как потеря q_2 — есть возрастающая функция нагрузки, то и изменение ее будет также возрастать с ростом нагрузки. Для наглядности произведем графическое построение динамической характеристики потери тепла с уходящими газами. На рис. 1. $q_2^{ст}$ — за-

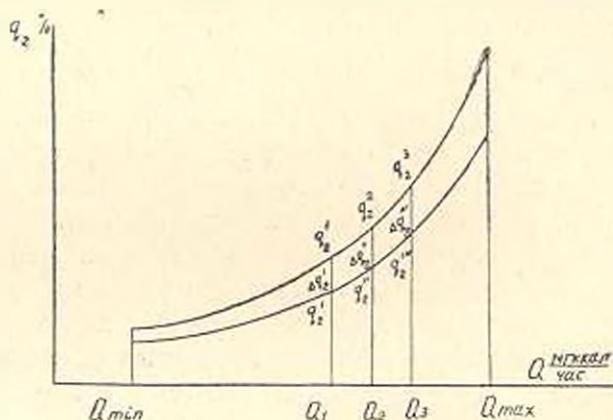


Рис. 1.

данная статическая характеристика потерь с уходящими газами. Здесь q_2 — динамическая характеристика тех же потерь, Q — рабочая нагрузка котла, Δq_2 — изменение потери q_2 .

Можно принять, что приращение ординаты кривой $q_2^{ст} = q_2^{ст}(Q)$ во времени пропорционально изменению самой функции. Тогда при изменении нагрузки от Q_1 до Q_2 имеем:

$$\Delta q_2^1 = \Delta q_2^1 \cdot \frac{q_2^1}{q_2^1}, \text{ где}$$

$$\Delta q_2^1 = q_2^1 - q_2^1 \text{ и } \Delta q_2^2 = q_2^2 - q_2^1.$$

Поэтому $q_2^2 = q_2^1 \cdot \frac{q_2^2}{q_2^1}$.

Обозначим $q_2^2/q_2^1 = k_1$, тогда $q_2^2 = k_1 q_2^1$.

По аналогии в общем виде получим:

$$q_2^{ст} = k_1 q_2^{ст}(Q). \quad (6)$$

Тогда по основанию (6) и принятых выше обозначений получим

$$\Delta q_2 = (k_1 - 1) q_2^{ст} (Q). \quad (7)$$

В результате роста потери q_2 за период эксплуатации возрастает и расход топлива. Дополнительный, по сравнению со статическим режимом, расход топлива приводит к увеличению потери q_4 , в результате роста скоростей потоков смеси воздуха и топлива так же, как это имеет место при росте нагрузки. В настоящее время отсутствуют аналитические зависимости потери q_4 от аэродинамики скоростей потоков. Поэтому изменение потери q_4 определяется косвенным путем.

Перерасход топлива ΔB , связанный с увеличением потерь с уходящими газами, выразится так:

$$\Delta B = 1,429 \cdot 10^{-6} (k_1 - 1) \cdot Q_0^n B q_2^{ст} (Q). \quad (8)$$

Если в статическом режиме к расходу топлива при данной нагрузке прибавить величину ΔB , найденную по формуле (8), то это привело бы к росту нагрузки на некоторую величину ΔQ .

Расходные характеристики котлоагрегатов $B = B(Q)$ близки к прямым, тогда из исходного режима имеем:

$$\Delta Q = \frac{\Delta B}{k_2} = \frac{1,429}{k_2} \cdot 10^{-6} (k_1 - 1) Q_0^n B \cdot q_2^{ст} (Q) = k_2 B q_2^{ст} (Q), \quad (9)$$

где k_2 — угол наклона расходной характеристики к оси нагрузок.

Для увеличения точности при значительном отклонении расходной характеристики от прямой последняя может быть заменена несколькими участками прямой, для которых величина K_2 — постоянна.

С точки зрения влияния аэродинамики скоростей потоков топлива и воздуха в котлоагрегате на величину q_4 имеем два аналогичных режима. Действительное значение потери тепла с механическим недожогом $q_2^{ст}$ в точке Q равно потере тепла с $q_4^{ст}$ в точке $Q + \Delta Q$ исходного режима. Причем это справедливо для любого значения нагрузки в интервале от Q_{min} до Q_{max} .

Аналитическое выражение потери тепла с механическим недожогом, в результате аппроксимирования кривой $q_4^{ст} = q_4^{ст}(Q)$ может быть с достаточной точностью выражено полиномом второй степени

$$q_4^{ст} = a_0 + a_1 Q + a_2 Q^2, \quad (10)$$

где a_0, a_1, a_2 — параметры уравнения.

Выражения тех же потерь во времени примет вид:

$$q_4^{ст} = a_0 + a_1 (Q + \Delta Q) + a_2 (Q + \Delta Q)^2. \quad (11)$$

В силу (10) и (11) изменения потерь во времени

$$\Delta q_4 = a_1 \Delta Q + 2a_2 Q \Delta Q + a_2 \Delta Q^2. \quad (12)$$

С учетом (9), (12) можем переписать в виде

$$\Delta q_4 = \varphi_2 (Q). \quad (13)$$

Выразим зависимость изменения относительного прироста расхода топлива от изменения во времени потерь q^2 и q_3 . Напишем выражение относительного прироста для исходного статического режима

$$b_{ст} = 14,29 \left[\frac{1}{\eta_{ст}} + \frac{Q \left(\frac{dq_2^{ст}}{dQ} + \frac{dq_3}{dQ} + \frac{dq_4^{ст}}{dQ} + \frac{dq_5}{dQ} + \frac{dq_6}{dQ} \right)}{\eta_{ст}^2} \right]. \quad (14)$$

С учетом динамики будем иметь

$$b_{дин} = 14,29 \left[\frac{1}{\eta_{дин}} + \frac{Q \left(\frac{dq_2^{дин}}{dQ} + \frac{dq_3}{dQ} + \frac{dq_4^{дин}}{dQ} + \frac{dq_5}{dQ} + \frac{dq_6}{dQ} \right)}{\eta_{дин}^2} \right]. \quad (15)$$

Обозначим

$$\left(\frac{dq_2^{дин}}{dQ} - \frac{dq_2^{ст}}{dQ} \right) + \left(\frac{dq_4^{дин}}{dQ} - \frac{dq_4^{ст}}{dQ} \right) - (k_1 - 1) q_2^{ст} (Q) + \dot{q}_2 (Q) = \varphi_4(Q); \quad (16)$$

$$\eta_{дин} = \eta_{ст} - \Delta q_2 - \Delta q_4 = \eta_{ст} - \Delta q. \quad (17)$$

В силу (14) – (17) после преобразований получим

$$\begin{aligned} \Delta b &= b_{дин} - b_{ст} = \\ &= 14,29 \left[\frac{\Delta q}{\eta_{ст} (\eta_{ст} - \Delta q)} + Q \frac{\eta_{ст}^2 \varphi_4(Q) - (2\eta_{ст} \Delta q - \Delta q^2) \frac{d\eta_{ст}}{dQ}}{\eta_{ст} (\eta_{ст} - \Delta q)^2} \right]. \quad (18) \end{aligned}$$

Уравнение (18) позволяет построить характеристики относительных приростов параметров котлов в любой момент времени, что увеличивая точность, повышает конечный эффект оптимизации режимов энергосистем.

Рассмотрим пример, иллюстрирующий предлагаемый способ расчета.

Исходные данные: топливо-газ;

$$\alpha_{v,г} = 1,94; t_{гр} = 150^\circ \text{С при } Q = 55,4 \text{ мгкал/час.}$$

Остальные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Паропроизводительность т/час	70	77	88	91
Теплопроизводительность мгкал/час	46,2	50,8	55,4	60,06
Теплотворная способность топлива ккал	8400	8400	8400	8400
Расход топлива т у. т/час	7,1	7,7	8,3	8,9
$\eta_{ст}$	92,3	92,4	92,5	92,6
Потери тепла q_2 %	4,7	4,75	4,9	5,25
Потери тепла q_4 %	1,2	1,25	1,37	1,52
Температура уходящих газов	118	119	122	124
Коэффициент избытка воздуха	1,38	1,38	1,39	1,39
Относительный прирост мгкал т. у. т.	0,147	0,149	0,150	0,155

По формуле (4) находим:

$$q_2^{91} = \frac{150 - 30}{2050} \left[0,825 + \frac{0,94}{0,9} 0,78 \cdot 0,81 \right] 100 = 8,69\%.$$

По формуле (6)

$$k_1 = \frac{q_2^{cm}}{q_1^{cm}} = \frac{8,69}{4,9} = 1,77.$$

По методу наименьших квадратов и табличных данных к. п. д. и потерь тепла. получим:

$$\eta_{cm} = 92,2 - 5,733 \cdot 10^{-2} Q + 2,0903 \cdot 10^{-3} Q^2 - 1,7096 \cdot 10^{-5} Q^3;$$

$$q_2^{cm} = 4,7 + 9,446 \cdot 10^{-2} Q - 4,153 \cdot 10^{-3} Q^2 + 4,55 \cdot 10^{-5} \cdot Q^3;$$

$$q_1^{cm} = 1,2 + 1,446 \cdot 10^{-2} Q - 8,614 \cdot 10^{-4} Q^2 + 1,181 \cdot 10^{-5} Q^3.$$

Дальнейший расчет сведен в табл. 2.

Таблица 2

Значения величин	Размеры	Нагрузка котлоагрегата в мккал/час			
		46,2	50,8	55,4	60,06
Δq_2	%	3,62	3,66	3,77	4,04
ΔB	т. у. т/час	0,31	0,34	0,37	0,43
ΔQ	мккал/час	2,015	2,21	2,405	2,80
Δq_1	%	0,018	0,056	0,071	0,119
Δq	%	3,638	3,7157	3,841	4,159
$\eta_c(Q)$	—	0,00563	0,0249	0,0492	0,0764
Δb	мккал/т. у. т.	0,00665	0,00860	0,0115	0,0158
$zb = \frac{b_{cm}}{b_{ст}} \cdot 100$	%	4,5	5,8	7,7	10,2

Приведенный пример показывает, что учет параметров состояния оборудования приводит к существенным изменениям расчетных характеристик.

АрмНИИЭ

Поступило 13.XI.1965

Ջ. Գ. ԲԱՐԱՅԱՆ

**ՋԵՐԲԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ԿԱԹՈՍԱՅԱԿԱՆ ԱԳՐԻԳԱՏՆԵՐԻ
ՋԱՐԱՐԵՐԱԿԱՆ ԱՏԵՐԻ ԳԻՆԱՄԻԿ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ԿԱՌՈՒՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴ**

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. մ.

Հողվածում առաջարկվում է սեծիմնների օպտիմիզացիայի համար ջերմա-էլեկտրակայանների հաշվային զինամիկ բնութագրերի կառուցման մեթոդ, որոնք ժամանակի բնթացրում պղպի փոփոխությունն են կրում:

Կաթսայական աղբղատնների զինամիկ բնութագրերի օպտիմալ աճների կառուցման հնարավոր ճանապարհների վերլուծությունը ցույց տվեց առաջարկվող մեթոդի ուղիղնությունը, որը հիմնված է կաթսայի հակադարձ հավասարակշռության հավասարման օգտագործման վրա:

Կաթսայական ազրեզատի հարարերական ածի դինամիկ բնութագիրը ստացվում է ստատիկ բնութագրի ճշգրտման հիման վրա, ըստ պարամետրերի վիճակի կրած փոփոխությունը ժամանակի բնթաղրում. ըստ որում այդ ճշտումը հնարավոր է կատարել ունենալով միայն այն տեղեկությունները, որոնք առկա են աշխատող ազրեզատների համար: Կրացուցիչ տեղեկություններ այդ նպատակի համար չեն պահանջվում:

Կաթսայական ազրեզատների հարարերական ածերի դինամիկ բնութագրերի կառուցումը մեծացնում է ելման ինֆորմացիայի ճշտությունը և դրանով իսկ բարձրացնում է ներգոսիստեմների սեմիմների օպտիմիզացիայի վերջնական էֆեկտը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Горнштейн В. М. Наивыгоднейшее распределение нагрузок между параллельно работающими электростанциями. М., 1949.
2. Гаврич М. Б. Упрощенная методика теплотехнических расчетов. М., 1964.

Э. Л. ОГАНЕСЯН

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ДРОССЕЛЕЙ НАСЫЩЕНИЯ (ДН) С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ И АМПЛИСТАТОВ

1. Характеристики ДН с обратной связью

В [1] приводится следующее выражение коэффициента усиления ДН с последовательно соединенными обмотками (рис. 1, а):

$$K_{ав, ДН} = \frac{I_p \omega_p + I_p'' \omega_p}{I_y \omega_y + I_y' \omega_y} \quad (1)$$

где $I_p \omega_p$ и $I_y \omega_y$ — ампервитки возбуждения в рабочей цепи и в цепи управления, являющиеся функциями магнитного потока и характеристики сердечника;

$I_p'' \omega_p$ — ампервитки насыщения в рабочей обмотке ДН соответствуют ампервиткам насыщения ДН с идеальной характеристикой сердечника;

$I_y' \omega_y = I_p'' \omega_p$ — ампервитки насыщения, трансформируемые в обмотку управления, соответствуют ампервиткам трансформации в цепи управления ДН с идеальной характеристикой сердечника.

Так как в [1] исходили из уравнения магнитных потоков, а уравнения магнитных потоков аналогичны для всех ДН с четными гармониками тока независимо от наличия обратной связи и формы петли гистерезиса, кроме того, что импеданс ненасыщенного ДН должен быть высоким, а насыщенного низким относительно сопротивления нагрузки [2], то коэффициент усиления по ампервиткам для ДН при наличии обратной связи (рис. 2а) будет

$$K_{ав} = \frac{K_{ав, ДН}}{1 - h_0 K_{ав, ДН}} \quad (2)$$

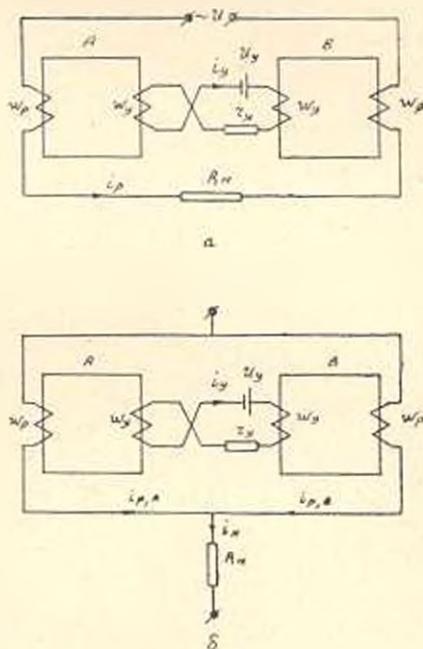


Рис. 1. Схема ДН без обратной связи: а — с последовательно соединенными рабочими обмотками, б — с параллельно соединенными рабочими обмотками.

Очевидно, это выражение верно также и для ДН с обратной связью с параллельно соединенными рабочими обмотками (рис. 2б).

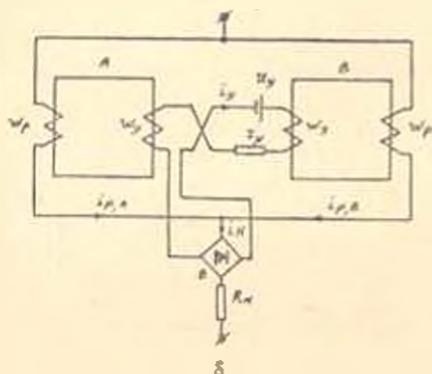
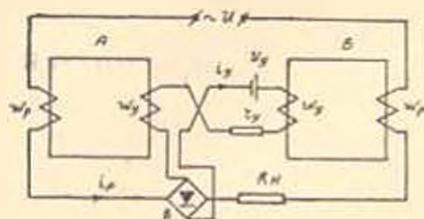


Рис. 2. Схема ДН с обратной связью: а — с последовательно соединенными рабочими обмотками, б — с параллельно соединенными рабочими обмотками.

Аналогично [1] из уравнений магнитных цепей дросселей А и В ДН с параллельно соединенными рабочими обмотками (рис. 1б):

$$i_y \omega_y = \frac{1}{2} (-l_{p,A} \omega_p + l_{p,B} \omega_p + l_{s,A} \omega_p + l_{s,B} \omega_p); \quad (3)$$

$$l_{s,A} \omega_p = l_{p,A} \omega_p - l_{s,B} \omega_p. \quad (4)$$

Докажем, что при равенстве активных сопротивлений в рабочих цепях ($R_{p,A} = R_{p,B}$) токи в рабочих цепях равны, т. е.

$$i_{p,A} \omega_p = i_{p,B} \omega_p \quad (5)$$

и что это справедливо и для интервала возбуждения, и для интервала насыщения. Обозначим напряжение на нагрузке

$$u = (l_{p,A} + l_{p,B}) R_H.$$

Тогда получим

$$l_{p,A} = \frac{u - u_H - \frac{\omega_p}{10^8} \cdot \frac{d\Phi_A}{dt}}{R_{p,A}}; \quad (6)$$

$$i_{p,B} = \frac{u - u_H + \frac{\omega_p}{10^8} \cdot \frac{d\Phi_B}{dt}}{R_{p,B}}. \quad (7)$$

Согласно [2] $\frac{d\Phi_A}{dt} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ для всех ДН с четными гармониками тока. Следовательно, при равенстве сопротивлений $R_{p,A} = R_{p,B}$ токи в ветвях А и В также равны, т. е.

$$i_{p,A} = i_{p,B} = i_y = \frac{1}{2} i_H. \quad (8)$$

Тогда вместо уравнений (3) и (4) можем написать:

$$i_y \omega_y = \frac{l_{p,A} \omega_p + l_{p,B} \omega_p}{2}; \quad (9)$$

$$l_{p,A} \omega_p = \frac{l_{p,A} \omega_p - l_{p,B} \omega_p}{2}. \quad (10)$$

Таким образом, получили выражения ампервитков в цепи уравнения и в рабочих обмотках аналогичные уравнениям ампервитков ДН с

последовательно соединенными рабочими обмотками [1]. Для ДН с параллельно соединенными рабочими обмотками, получим [1]:

$$K_{A\omega, ДН} = \frac{I_H \omega_y}{I_y \omega_y} = 2 \frac{I_p \omega_p + I_p'' \omega_p}{I_y \omega_y + I_y \omega_y}. \quad (11)$$

Ампервитки насыщения тока нагрузки

$$I_H'' \omega_p = I_{p, A}'' \omega_p + I_{p, B}'' \omega_p. \quad (12)$$

Так как при $R_y \gg R_p$ говорить определенно о трансформации ампервитков насыщения в обмотку управления нельзя, то вместо ампервитков трансформации $I_y'' \omega_y$ обозначим ампервитки в обмотке управления, соответствующие ампервиткам в обмотке управления ДН с идеальным сердечником через $I_y'' \omega_y$. Среднее значение ампервитков насыщения будет

$$I_H'' \omega_p = 2 I_y'' \omega_y = \frac{\omega_p U}{R_{\text{внх}}} \cdot \frac{1 + \cos \alpha}{2}. \quad (13)$$

Тогда коэффициент усиления по ампервиткам ДН с параллельно соединенными рабочими обмотками без обратной связи в общем случае при различных R_y запишется в виде:

$$K_{A\omega, ДН} = \frac{2 I_p \omega_p + I_H'' \omega_p}{I_y \omega_y + I_y \omega_y}. \quad (14)$$

2. Расчет характеристики амплистата

Рассмотрим амплистат переменного тока (рис. 3). Так как во втором полупериоде для дросселя B повторяется процесс, имевший место для дросселя A в первом полупериоде, то достаточно рассмотреть амплистат в одном из полупериодов, скажем, когда насыщается дроссель A . Тогда величина рабочего тока через дроссель B будет равна

$$I_{p, B} = I_{ob}, \quad (15)$$

где I_{ob} — обратный ток через выпрямитель. Уравнения (3), (4) для амплистата также верны, тогда учитывая (15), получим

$$I_y \omega_y = \frac{1}{2} (-I_{p, A} \omega_p + I_{ob} \omega_p + I_{n, A} \omega_p + I_{n, B} \omega_p); \quad (16)$$

$$I_H \omega_p = I_{p, A} \omega_p - I_{p, B} \omega_p. \quad (17)$$

Ампервитки в рабочей цепи дросселя A равны

$$I_{p, A} \omega_p = I_H \omega_p - I_{ob} \omega_p. \quad (18)$$

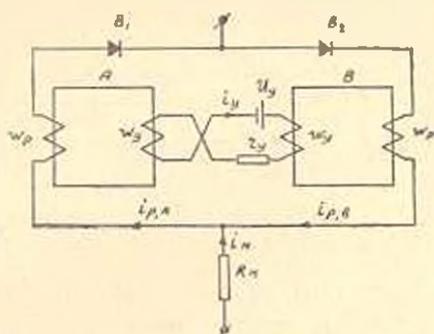


Рис. 3. Схема амплистата.

Решая совместно уравнения (16), (17) и (18), получим

$$I_y \omega_p = I_{a, B} \omega_p + I_{o, b} \omega_p. \quad (19)$$

Коэффициент усиления амплитата по ампервиткам будет равен

$$K_{AW} = \frac{I_{II} \omega_p + I_{II}'' \omega_p}{I_{a, B} \omega_p + I_{o, b} \omega_p}. \quad (20)$$

В амплистатах из-за выпрямляющего действия вентиля имеет место самонасыщение, эквивалентное случаю наличия подмагничивания постоянным током. Можем полностью размагнитить усилитель ампервитками смещения, которые не влияют на крутизну характеристики амплитата [3]. Предполагая, что амплитат размагничен ампервитками смещения и не имеет место самонасыщение (рис. 4), определим ам-

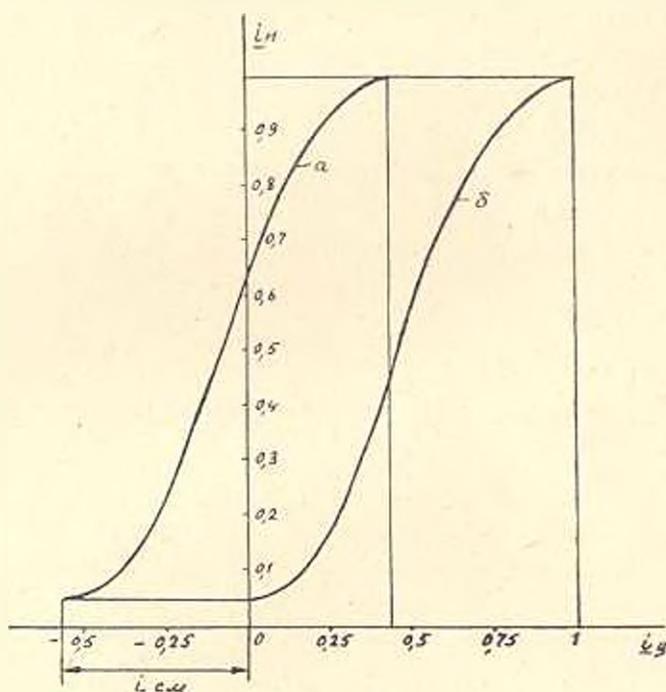


Рис. 4. Характеристики амплитатов: *a* — при самонасыщении, *б* — при размагничивании ампервитками смещения.

первитки в рабочей обмотке и обмотке управления в функции от угла насыщения α . Учтя уравнение (10) и (17), получим ампервитки возбуждения в рабочей цепи

$$I_{II} \omega_p = 2I_p \omega_p. \quad (21)$$

Выразим ампервитки возбуждения дросселя *B* через магнитный поток и магнитную проводимость

$$I_{p, B} \omega_p = \frac{\Phi_B}{0,4\pi (I_m, \mu)}. \quad (22)$$

Согласно [2], поток в сердечнике дросселя *B* в течение интервала возбуждения равен

$$\Phi_B = \frac{1}{\omega L} \cdot \frac{10^8}{\omega_p} \left(\frac{U_c^2}{2} - U \frac{1 - \cos \omega t}{2} \right) \quad (23)$$

и постоянен в течение интервала насыщения, т. е. $\omega t = x$ (рис. 5). Или ампервитки возбуждения дросселя B в течение интервала возбуждения раны

$$i_{\mu, B} \omega_p = \frac{\pi \omega_p U}{2\omega L} \left(\frac{1}{x} - 1 + \cos \omega t \right) \quad (24)$$

и постоянны в течение интервала насыщения. Постоянная составляющая тока возбуждения

$$i_{\mu, B} \omega_p = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\omega_p U}{\omega L} \left| \frac{2}{x} - 2 + \frac{2 \sin x + 2(\pi - x) \cos x}{\pi} \right| \quad (25)$$

Обратный ток через вентиль трансформируется в цепь управления аналогично токам насыщения в ДН. Для амплитатов без сопротивления утечки, шунтирующих вентили, обратными токами можно пренебречь. Если полностью намагнитить амплитат ампервитками управления, увеличением тока утечки можно управлять выходом амплитата в сторону уменьшения тока нагрузки. Это аналогично регулированию коэффициента усиления. Уравнение (20) дает возможность получить характеристику амплитата при управлении и токами утечки.

Кроме токов утечки на характеристику амплитата влияют выпрямители в цепи управления смещения и обратной связи, постоянная составляющая от которых или намагничивает, или размагничивает сердечники. Данный метод предполагает отсутствие подмагничивающих контуров, содержащих вентили, кроме вентиля в рабочей цепи. При необходимости иметь такие контуры нужно учесть их влияние

на характеристику амплитата. При аналитическом методе расчета достаточно выразить аналитически характеристику кривой намагничивания (обе ветви) одним из указанных в [4] способов и учесть преобразование координат [1]. Графоаналитический способ определения ампервитков возбуждения и насыщения в рабочей цепи и цепи управ-

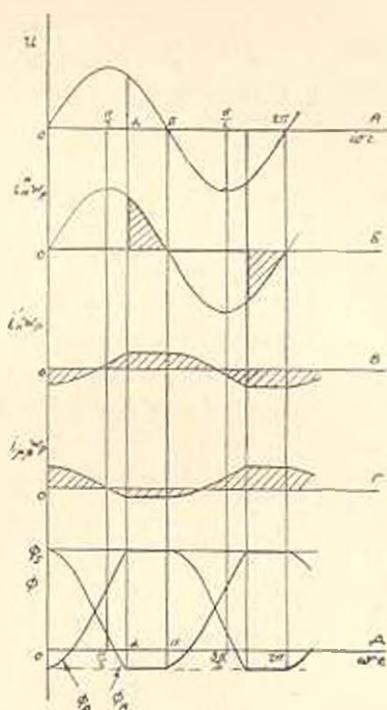


Рис. 5. Кривые: А — напряжения сети, В — ампервитков насыщения в рабочих цепях, В — ампервитков возбуждения в рабочих цепях, Г — ампервитков возбуждения сердечника дросселя В.

Д — потоков в сердечниках дросселей А и В.

ления изложен в [1], только для вычисления по кривой намагничивания ампервитков возбуждения в цепи управления амплистата вместо $U\left(\frac{2}{x} - 1 + \cos \alpha\right)$ нужно по оси $U(\phi)$ откладывать

$$U\left[\frac{2}{x} - 2 + \frac{2 \sin \alpha + 2(\pi - \alpha) \cos \alpha}{\pi}\right].$$

Величина самонасыщения амплистата и необходимого смещения определяется экспериментально, так как известный нам метод, использующий динамическую петлю гистерезиса, не точен и требует трудоемких вычислений.

ИРФЭ АН АрмССР

Поступило 22.IV.1966

Է. Լ. ՕՂԱՆՅԱՆԻ ՍԱՆՔ

ՀԵՏԱԿՒՈՐԸ ԿԱՊ ՈՒՆԵՑՈՂ ՀԱԳԵՑՄԱՆ ԳՐՈՍԵԼՆԵՐԻ ԵՎ ԱՄՊԼԻՍՏԱՏՆԵՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿԻ ՄԵԹՈԴ

Ո Վ Փ Ո Փ Ո Վ

Տվյալ աշխատանքում արվում է հետադարձ կապ ունեցող հազեցման դրոսելների և ամպլիխատանների բնութագրի հաշվարկի մեթոդի մեթոդը հիմնվում է գրգռման և հազեցման ամպերդայալրների որոշման վրա: Ամպերդայալրները որոշվում են միջուկի մագնիսային կտորգծային ապրոկսիմացիոն բնութագրի հիման վրա: Ստացված են հետադարձ կապով հազեցման դրոսելների և ամպլիխատանների բնութագրերի անալիտիկ արտահայտություններ:

Լ Ի Ե Ր Ա Մ Ր Ա

1. Օգանյան Յ. Լ. Расчет характеристики дросселя насыщения. «Известия АН АрмССР», № 2, 1966.
2. Сторм Г. Ф. Магнитные усилители. М., 1957.
3. Аттура Г. М. Магнитные усилители. М., 1963.
4. Бессонов Л. А. Электрические цепи со сталью, Госэнергоиздат, 1948.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

И. С. ОСИПОВ, А. М. ОВЧИННИКОВ, Л. М. ЩЕРБАКОВ

СЦИНТИЛЛЯЦИОННАЯ ГАММА-КАМЕРА С ИЗОБРАЖАЮЩИМ КРИСТАЛЛОМ $GJ(Rb)$

Сцинтилляционные камеры являются перспективным инструментом исследования и уже входят за рубежом в медицинскую практику. С их помощью разрешаются многие вопросы, связанные с изучением динамических процессов распределения меченых соединений в организме человека и их визуализацией.

В Центральном научно-исследовательском рентгено-радиологическом институте МЗ СССР конструируется сцинтилляционная гамма-камера для топографических и функциональных исследований некоторых органов человека. Блок-схема камеры, представленная на рис. 1

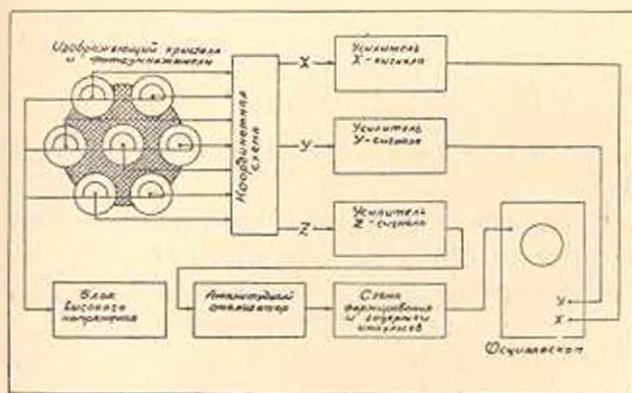


Рис. 1. Блок-схема сцинтилляционной гамма-камеры.

состоит из следующих основных узлов: датчика, трех усилителей, дифференциального дискриминатора, схемы формирования и задержки импульсов, низкочастотного осциллоскопа и блока питания.

Основным элементом сцинтилляционной камеры является фотоэлектронный преобразователь, состоящий из монокристалла $GJ(Rb)$, светопровода и семи фотоумножителей. Диаметр кристалла—155 мм, толщина—14 мм. Кристалл упакован в специальный контейнер из дюралюминия. Светопровод изготовлен из оргстекла и имеет форму цилиндра диаметром 165 мм, высотой 90 мм. Назначение светопровода состоит в распределении энергии сцинтилляций между фотоумно-

жителями в соответствии с их удаленностью от места вспышки. Семь фотоумножителей типа ФЭУ--14Б расположены на основании свето-

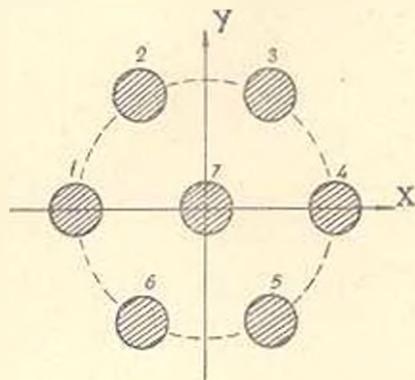


Рис. 2. Схема расположения фотоумножителей.

провода так, что образуют правильный шестиугольник с заполненным центром (рис. 2). Фотоумножители подключены к схеме формирования координатных сигналов. На выходе этой схемы возникают сигналы, пропорциональные координатам сцинтилляций. Отдельно формируются импульсы по амплитуде, пропорциональные положительным и отрицательным значениям координат x и y . Формулы сбора импульсов следующие:

$$\left. \begin{aligned} +x &= \frac{1}{5} P_1 + \frac{2}{5} P_2 + \frac{2}{5} P_6 + \frac{3}{5} P_7 + \frac{4}{5} P_3 + \frac{4}{5} P_5 + P_4; \\ -x &= \frac{1}{5} P_4 + \frac{2}{5} P_3 + \frac{2}{5} P_5 + \frac{3}{5} P_7 + \frac{4}{5} P_2 + \frac{4}{5} P_6 + P_1; \\ +y &= P_2 + P_3 + \frac{1}{2} P_1 + \frac{1}{2} P_7 + \frac{1}{2} P_5; \\ -y &= P_6 + P_5 + \frac{1}{2} P_1 + \frac{1}{2} P_7 + \frac{1}{2} P_4. \end{aligned} \right\} (1)$$

где P_1 и P_2 — амплитуды импульсов на выходе соответствующих фотоумножителей.

При таком распределении сигнала все фотоумножители имеют одинаковую нагрузку и при этом обеспечивается линейная зависимость между величиной координатных сигналов и координатами сцинтилляций.

Фотоэлектронный преобразователь и схема формирования координатных сигналов конструктивно объединены в один блок, помещенный в свинцовый экран. Этот экран имеет ячеистый коллиматор со 124 коническими отверстиями и боковую защиту толщиной 50 мм. В целом этот блок носит название датчика сцинтилляционной камеры. Схема датчика представлена на рис. 3. Сформированные координатные сигналы усиливаются и подаются на отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки. Суммарный импульс, предварительно прошедший амплитудный анализатор, поступает на модулятор. Этот суммарный импульс пропорционален энергии гамма-кванта и используется для отпирания луча осциллоскопа при сцинтилляциях, соответствующих фотопоглощению гамма-квантов. Усилители координатных сигналов, амплитудный анализатор и осциллоскоп являются нор-

мализованными узлами электронно-физической аппаратуры, выпускаемой радиотехнической промышленностью.

Значительные затруднения при конструировании сцинтилляционной камеры были связаны с выбором и изготовлением изображающего кристалла. Наилучшим материалом для этих целей несомненно является монокристалл $NaI(Tl)$. Однако технология изготовления больших кристаллов йодистого натрия еще не освоена отечественной промышленностью, а имеющиеся опытные образцы стоят чрезвычайно дорого. Наиболее доступным материалом оказался йодистый цезий. Было проведено исследование сцинтилляционных свойств 10 кристаллов йодистого цезия с добавками различных активаторов (Cd , Cu , Br , Ba , Rb и Tl). Эти сцинтилляторы были изготовлены по нашей просьбе Лабораторией кристаллов Ленинградского объединения оптико-механических предприятий (ЛООМП). Для

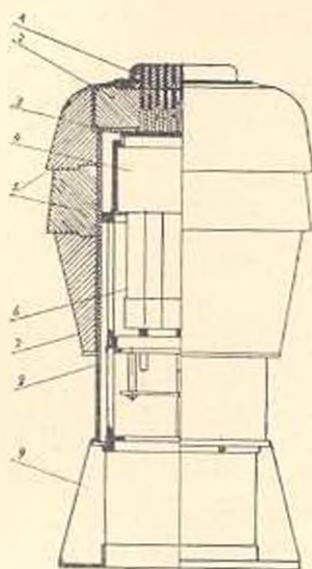


Рис. 3. Схема датчика.

сравнения сцинтилляционных свойств кристаллов йодистого цезия с каждого из них сняты спектры гамма-излучения йода-131. Полученные результаты сравнивались с гамма-спектром йода-131, снятым с помощью кристалла $NaI(Tl)$. Измерения проводились на одноканальном гамма-спектрометре при ширине канала 0,5 и 1 вольт. Оценка сцинтилляционных качеств кристаллов производилась по следующим параметрам в спектрах гамма-излучения: по амплитуде импульсов в фотопике U , по ширине фотопика на полувысоте W и по отношению K скоростей счета в фотопике N_p и во впадине перед фотопиком N_d . Принималось, что чем больше величины U , N_p и K и чем меньше величина W , тем лучше по своим сцинтилляционным свойствам исследуемый кристалл. В качестве окончательного критерия для отбора кристаллов было взято выражение

$$B = \frac{UN_pK}{W} \quad (2)$$

В результате проведенных исследований установлено, что наилучшими сцинтилляционными свойствами после кристалла $NaI(Tl)$ обладают кристаллы $CsI(Br)$ и $CsI(Rb)$.

В таблице приведены значения фактора B для этих кристаллов, а на рис. 4 — участки гамма-спектров йода-131, полученных с помощью кристаллов $NaI(Tl)$ — № 1, $CsI(Br)$ — № 2 и $CsI(Rb)$ — № 3. Кристалл $CsI(Br)$, показавший наилучшие свойства из всех испытанных образцов йодистого цезия, ввиду технологических трудностей не мог

быть изготовлен в нужных для нас размерах. Поэтому пришлось остановиться на $GI(Rb)$ с добавкой 1% рублидия. Монокристалл диаметром 155 мм и толщиной 14 мм из этого материала был изготовлен Лабораторией кристаллов ЛОМП.

Таблица		
Кристалла	Добавка активатора %	$B = \frac{UN_n K}{W}$
$NaI(Tl)$	1,0	917
$GI(Br)$	1,0	288
$GI(Rb)$	0,75	126
$GI(Rb)$	0,8	111
$GI(Rb)$	1,0	125

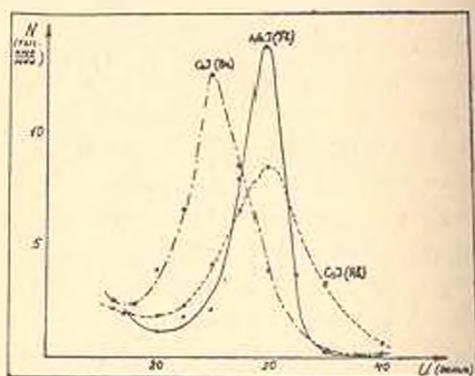


Рис. 4. Гамма-спектры йода—131.

Выбор диаметра и толщины изображающего кристалла произведен, исходя из следующих соображений. Многоканальный коллиматор с параллельными отверстиями просцирует на кристалл изображение объекта, равное по величине размерам самого объекта. Так как в качестве первых объектов исследования намечены щитовидная железа, почки и костные метастазы, имеющие в диаметре 80—120 мм, казалось бы можно было ограничиться кристаллом такого же диаметра. Однако влияние краевых эффектов уменьшает полезную площадь изображающего кристалла приблизительно на 30% [1]. В связи с этим диаметр кристалла выбран нами порядка 150 мм.

При определении необходимой толщины кристалла принимались во внимание два условия. С одной стороны, для повышения эффективности кристалла и упрощения технологии его обработки было желательно иметь кристалл толщиной 30—40 мм. С другой стороны, увеличение разрешающей способности датчика требовало уменьшить толщину кристалла по крайней мере до средней длины пробега вторичного гамма-кванта при комптон-эффекте. Для йода—131 средняя длина пробега составляет 6,3 мм [1]. Трудность изготовления большого кристалла такой толщины заставила принять компромиссное решение: мы остановились на толщине 12—14 мм. По-видимому, эта толщина является оптимальной, так как сконструированные и уже работающие за рубежом сцинтилляционные камеры имеют изображающие кристаллы толщиной 0,5 дюйма, т. е. около 12 мм [2, 3].

Основными характеристиками камеры, влияющими на качество получаемого изображения, являются чувствительность, эффективность счета и разрешающая способность. Чувствительность любого измерительного прибора оценивается отношением выходного сигнала к сиг-

являю на входе. В сцинтилляционной камере входным сигналом является гамма-квант определенной энергии, а в качестве выходного сигнала имеет смысл принять амплитуду импульса на выходе суммирующей схемы при возникновении сцинтилляции в центре кристалла.

Для сцинтилляционных датчиков величина чувствительности определяется общеизвестным выражением

$$\frac{V}{E} = \frac{qx^e}{C\varepsilon} \left(\frac{b}{M_{\text{эл}}} \right), \quad (3)$$

где V — амплитуда импульса на выходе (в вольтах), E — энергия гамма-кванта (в $M_{\text{эВ}}$), q — заряд электрона, x — коэффициент вторичной эмиссии динодов, e — количество динодов, C — выходная емкость, ε — средняя энергия кванта, затрачиваемая на один электрон, вырываемый из фотокатода.

Величина ε , характеризующая свойства кристалла и светопровода, зависит от расположения фотоумножителей относительно места сцинтилляции. При сцинтилляции, возникшей в центре кристалла, она может быть экспериментально определена для каждого положения ФЭУ с помощью фотоумножителя с точно установленным параметром x . Имея в виду, что половину энергии импульса необходимо использовать на формирование координатного сигнала, искомая чувствительность прибора определится как

$$\frac{V}{E} = \frac{qx^e}{2C} \cdot \sum_{n=1}^2 \frac{1}{\varepsilon^n}. \quad (4)$$

Формула (4) может быть использована для оценки чувствительности сцинтилляционной камеры.

Эффективность счета определяется, как отношение

$$S = \frac{N}{N_0}, \quad (5)$$

где N — число гамма-квантов, участвующих в формировании изображения, N_0 — общее число квантов, изотропно испускаемых объектом.

Для равномерно распределенной активности без учета поглощения [4]

$$N = 3,7 \cdot 10^4 A_1 \gamma \rho n, \quad (6)$$

где A_1 — активность в поле зрения одного отверстия коллиматора (в мкюри), γ — геометрический фактор, τ — эффективность поглощения, ρ — доля фотопоглощений, попадающих в окно амплитудного анализатора, n — число отверстий коллиматора в пределах проекции активной зоны

$$N_0 = 3,7 \cdot 10^4 A, \quad (7)$$

где A — активность исследуемого объекта.

Для тонких слоев активности A_1 и A относятся как площади отверстия коллиматора и активной зоны. В этом случае

$$S = 0,785 n_0 d^2 \gamma \tau \rho, \quad (8)$$

где n_0 — плотность отверстий.

В случае, когда $H \gg h$, t мало, а $d \ll H$ (рис. 5)

$$\gamma = \frac{d^2}{16H^2} \quad (9)$$

и следовательно

$$S \ll 0,06 \frac{d^4}{H^2} n_0 \tau \rho. \quad (10)$$

С помощью формулы (10), учитывая глубину залегания исследуемого объекта и поглощение излучения в окружающих тканях, можно вычислить те количества активности, которые необходимы для получения удовлетворительного изображения объекта на экране осциллоскопа.

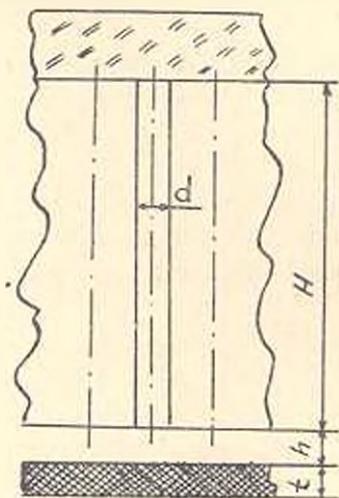


Рис. 5. К выводу формулы (10).

Общая разрешающая способность складывается из разрешающих способностей коллиматора $W_{кол}$, кристалла $W_{кр}$ и электронных устройств $W_{эу}$, т. е.

$$W = f(W_{кол}, W_{кр}, W_{эу}). \quad (11)$$

$W_{кол}$ зависит от параметров отверстия коллиматора и от его материала. Она может быть оценена, как ширина кривой скорости счета от точечного источника на половине высоты этой кривой. $W_{кр}$ связана со средним отклонением места возникновения сцинтилляции от точки входа гамма-кванта в кристалл.

Разрешающая способность электронных устройств $W_{эу}$ определяется, как произведение ширины окна дискриминации на чувствительность системы отклонения луча осциллоскопа. Таким образом, любой точечный источник на экране электронно-лучевой трубки будет изображаться светящимся пятном с определенным законом распределения яркости. Очевидно, что расстояние между соседними отверстиями коллиматора h должно быть таким, чтобы выполнялось условие его численного равенства разрешающей способности W .

Практический выбор параметров коллимационной решетки может быть сделан по характеристике пятна, полученного от равномерно распределенной активности под единичным отверстием коллиматора. В этом случае $h = 2r$, где r — радиус окружности, на которой яркость I подчиняется требованию

$$2I = I_m. \quad (12)$$

где I_m — максимальная яркость пятна (в центре).

Соблюдение данного условия обеспечивает наилучшую равномерность свечения экрана от распределенного на поверхности источника активности. При этом выполняется равенство $b = W$.

ШИРРИ

Поступило 22.VII.1966.

Ի. Ս. ՍՄԻՂՈՎ, Ա. Մ. ՕՎԵՆՆՎՈՎ, Է. Մ. ՇԵՐՐԱՎՈՎ

ՍՑԻՆՏԻԼԼՅԱՑԻՈՆ ԴԱՍՄԱ-ԿԱՄԵՐԱ ՀԻ (Rb) ՊԱՏԿԵՐՈՂ ԲՅՈՒՐԵՂՈՎ

Ա մ փ ո փ ու մ

Նկարագրված է ՀԻ (Rb) պատկերող բյուրեղով սցինտիլյացիոն դամբակամերայի բլուկ-սխեման, որը նախատեսված է կենդանի օրգանիզմների վրա ազդիտակտիվ իզոտոպների միջոցով ֆունկցիոնալ և սեղազրական հետազոտություններ կատարելու համար: Կամերայի հիմնական քաղկացուցիչ հանդույցներն են՝ տվիչը, ուժեղարարները, դիֆերենցիալ դիսկրիմինատորը, իմպուլսների ձևավորման և կասեցման սխեման, դածրահաճախաչին օսցիլոսկոպը և սնման բլուկը: Շարադրված են սցինտիլյացիոն միարյուրեղին ներկայացվող պահանջները: Բերված են սցինտիլյացիոն կամերայի զղայունակության, էֆեկտիվության և լուծիչ ընդունակության սեստիան հիմնավորումները: Արտածված են բանաձևեր կամերայի նշված պարամետրերի էքսպերիմենտալ որոշման համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Anger H. O. Rev. Sci. Instr., 29, 27, 1958.
2. Anger H. O. Nucl. Instr., vol. 21, № 10, 56—59, 1963.
3. Каталог фирмы Nuclear Enterprises (G. B.) 85—86, Sept. 1965.
4. Mullard J. R., Myers M. J. Phys. Med. Biol., 8, n 2, 165—182, 1963.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Լ. Տ ՏԱԿԱՐՅԱՆ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ
СЦЕПЛЕНИЯ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ С ЛЕГКИМИ
НИЗКОПРОЧНЫМИ БЕТОНАМИ НА ЕСТЕСТВЕННЫХ
ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

Возможность применения легких бетонов низкой прочности на природных заполнителях в ограждающих стеновых конструкциях в значительной степени лимитируется прочностью сцепления арматуры с бетоном. В 1966 г. в лаборатории сопротивления железобетона Армянского НИИ стройматериалов и сооружений было проведено экспериментальное исследование прочности сцепления стержневой арматуры классов А-I и А-II диаметром 12 мм с легкими бетонами марки 75. В качестве заполнителей была применена литондкая пемза Лусаванского и Джраберского месторождений, ирландская пемза и кармрашенский шлак. Часть образцов была изготовлена на смешанных заполнителях с щебнем из кармрашенского шлака и ирландской пемзы и песком из вспученного перлита. В качестве вяжущего применялся портландцемент Араратского цементного завода активностью 520 кг/см². Для сопоставления результатов исследований были изготовлены эталонные образцы из тяжелого бетона на базальтовом щебне и кварцевом песке.

Составы бетонов приведены в табл. 1. Образцы изготовлялись сериями с соблюдением одинаковых условий укладки бетона и режима твердения образцов. Каждый образец состоял из шести близнецов. Ввиду того, что в низкомарочных бетонах возможно возникновение коррозии арматуры, в части образцов арматура была покрыта антикоррозийной полистиролевой мастикой, состоящей из: 20 весовых частей блочного полистироля, 80 весовых частей бензола, 100 весовых частей цемента, 20 весовых частей молотого туфа крупностью зерен 0,03* мм.

Укладка бетона в формы проводилась на виброплощадке с вибрированием в течение 30—40 сек. Через сутки после бетонирования образцы были пропарены, а затем испытаны на 100 т гидравлическом прессе ГРМ-2. Испытание образцов производилось выдергиванием арматурных стержней из бетонных призм размером 10×10×30 см, опирающихся торцом (см. фото). При испытании замерялись смещения стержней на загруженном и свободном концах при помощи инди-

* Состав мастики был предложен В. М. Худавердяном.

Таблица 1

Серия образцов	Вид заполнителей	Объемный вес заполнителей кг/см ³		Расход материалов на 1 м ³ бетонной смеси* кг				Объемный вес смеси-уложенного бетона кг/м ³	Объемный вес пещу-шенного бетона кг/м ³	Прочность бетона на сжатие кг/см ²
		щебня	песка	цемента	щебня	песка	воды			
1	Литонидная пемза Лусаваиского месторождения	782	1060	148	782	532	158	1620	1480	93
2	Литонидная пемза Джаберско-го месторождения	812	1110	151	812	555	152	1670	1540	98
3	Ириндская пемза	354	762	306	318	456	324	1400	1120	77
4	Карырашенский шпак	458	716	310	436	430	320	1500	1230	68
5	Щебень—ириндская пемза песок—вспученный перлит	354	123	360	372	87	391	1210	874	73
6	Щебень—карырашенский шпак, песок—вспученный перлит	458	123	350	550	80	365	1340	1030	104
7	Щебень—базальтовый, песок кварцевый	1350	1610	152	1305	780	151	2400	2260	7

* Составы бетонов были предложены Р. Р. Саркисян.

каторов часового типа с ценой деления 0,01 мм. Нагрузка на арматуру передавалась ступенями по 100 кг для образцов с гладкими стержнями и по 250 кг для образцов со стержнями периодического профиля. По полученным результатам испытаний строились кривые зависимости между нагрузкой и смещением загруженных и свободных концов стержней. На основании полученных кривых, следуя [1] и [2], были определены критические усилия в стержнях, соответствующие началу скольжения стержня в заделке ($\sigma_{ссл}$) и полному разрушению заделки ($\sigma_{разр}$) (табл. 2).

Анализ данных табл. 2 показывает, что независимо от вида заполнителей для образцов, армированных гладкими стержнями и не покрытых полистиролевой мастикой, отношение $\sigma_{разр}/\sigma_{ссл}$ находится в пределах 1,1—1,2. Для образцов, покрытых полистиролевой мастикой, отношение $\sigma_{разр}/\sigma_{ссл}$ несколько увеличивается и колеблется в пределах 1,30—1,50. Для образцов, армированных стержнями периодического профиля, увеличения прочности сцепления от покрытия стержней полистиролевой мастикой не обнаружено. При этом для образцов на легких природных заполнителях средние значения отношения $\sigma_{разр}/\sigma_{ссл}$ находятся в пределах 1,6—2,3.

В табл. 3 приводятся данные, характеризующие влияние полистиролевой мастики на прочность сцепления с бетоном.

Для образцов со стержнями периодического профиля влияние обмазки на прочность сцепления с бетоном незначительно. Для об-

разцов, армированных гладкими стержнями, наблюдается увеличение прочности сцепления на 50%, что, по-видимому, может быть объяснено увеличением механического зацепления из-за возрастания шерохо-

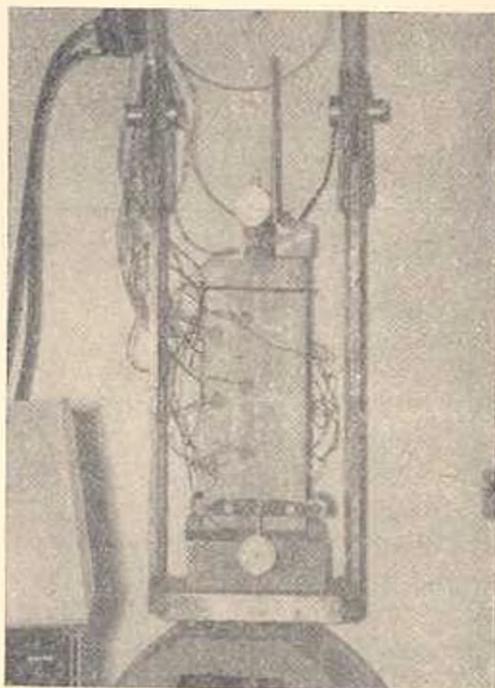


Рис. 1.

ватости, а также за счет физико-химических процессов, возникающих на контактных поверхностях металла, обмазки и бетона. Следовательно, обмазка стержней полистиролевой мастикой, предохраняя армату-

Таблица 2

Серия образцов	Диаметр бетонизируемых стержней мм	Стержни, покрытые полистиролевой мастикой			Стержни, не покрытые полистиролевой мастикой		
		$T_{св}$ кг/см ²	$T_{тр}$ кг/см ²	$\sigma_{разр}$ % с/в	$\sigma_{св}$ кг/см ²	$T_{тр}$ кг/см ²	$\sigma_{разр}$ % с/в
1	12п	1520	3220	2,12	1410	2950	2,09
	12	845	1275	1,51	680	750	1,10
2	12п	1485	3040	2,05	1315	2810	2,14
	12	840	1150	1,37	745	825	1,11
3	12п	1740	3030	1,74	1630	2630	1,65
	12	1465	1975	1,35	960	1130	1,18
4	12п	1300	2200	1,69	1060	1870	1,76
	12	750	1100	1,47	540	655	1,21
5	12п	—	—	—	1140	2020	1,77
	12	1010	1375	1,36	770	870	1,13
6	12п	1660	3020	1,82	1560	2830	1,81
	12	1400	1825	1,30	800	960	1,22
7	12п	735	2250	3,06	735	2010	2,74
	12	610	890	1,46	540	610	1,13

Таблица 3

Серия образцов	Диаметр бетонированных стержней, мм	Стержни, без полистироловой обмазки, в %	Стержни, покрытые полистироловой обмазкой	
			при начале скольжения, в %	при полном разрушении заделки, в %
1	12п	100	108	109
	12		124	171
2	12п	100	113	108
	12		113	140
3	12п	100	109	115
	12		152	175
4	12п	100	123	117
	12		138	165
5	12п	100	—	—
	12		131	158
6	12п	100	106	106
	12		175	186
7	12п	100	100	112
	12		113	146

ру от коррозии, является одновременно средством, увеличивающим сцепление гладкой арматуры с бетоном.

В табл. 4 приводятся данные, характеризующие влияние вида заполнителей на величину $\tau_{сш}/R_b$, ($\tau_{сш}$ — средняя условная величина сцепления арматуры с бетоном, представляющая собой отношение приложенного к стержню усилия к средней условной поверхности заделки, R_b — прочность бетона на сжатие).

Таблица 4

Серия образцов	Диаметр бетонированных стержней, мм	Стержни, покрытые полистироловой обмазкой, в %	Стержни, без полистироловой обмазки, в %	Средние значения для данной серии, в %
1	12п	113	104	107
	12		99	
2	12п	102	106	102
	12		98	
3	12п	129	126	162
	12		212	
4	12п	106	101	114
	12		135	
5	12п	156	116	135
	12		102	
6	12п	95	146	114
	12		100	
7	12п	146	114	100
	12		100	

Анализ данных табл. 4 показывает, что при одинаковых прочностях бетона вид заполнителя играет существенную роль в увеличении прочности сцепления арматуры с бетоном. Наилучшие результаты получены для образцов, изготовленных на криндской немзе (образцы серии 3). Для образцов, изготовленных на кармрашенском шла-

ке (образцы серии 4) при почти равных расходах цемента и воды на 1 м³ бетонной смеси, прочность сцепления оказалась значительно ниже, чем для образцов, изготовленных на приндской пемзе. Аналогичные результаты наблюдаются и для случая со смешанными составами заполнителей (образцы серий 5 и 6). Это, в основном, может быть объяснено прочностными характеристиками самих заполнителей. Для образцов, изготовленных на литондной пемзе, при близких расходах цемента и воды прочность сцепления оказалась примерно равной (с небольшим запасом) прочности сцепления арматуры с тяжелым бетоном (образцы серий 1, 2, 7). При этом несколько лучшие результаты получены для образцов, изготовленных на литондной пемзе Лусавинского месторождения, отличающейся от литондной пемзы Джрабердского месторождения более лучшими прочностными характеристиками и меньшей примесью обсидиана.

В ы в о д ы

1. Прочность сцепления стержневой арматуры с бетонами марки 75 на легких природных заполнителях Армянской ССР несколько выше, чем с бетонами той же марки на тяжелых заполнителях.

2. Обмазка стержней полистиролевой мастикой, предохраняя арматуру от коррозии, является одновременно средством, увеличивающим сцепление гладкой арматуры с бетоном марки 75 примерно на 50%.

ЛИСМ

Поступило 3.1.1966

Լ. Ս. ՇԱԿԱՐՅԱՆ

ՔՆԱԿԱՆ ԼՅԻՋՆԵՐՈՎ ՑԱՄՐԱՎՈՒՐ ԹԵԹԵՎ ԲՅՏՈՆԻ ՀԵՏ ԶՈՂԱՅԻՆ ԱՄՐԱՆԻ
ՇԱՂԱՅՄՄԱՆ ԱՄՐՈՒԹՅԱՆ ՓՈՐՁՆԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ու լ մ

Հոդվածում բերված են 75 ամրանիչ ունեցող թեթե րեաոնը և Ա-1 և Ա-11 գոտի ձողային ամրանի հարակցման ամրության հետազոտության արդյունքները:

Բետոնում ինչպես լցիչ օգտագործված է եղել Լուսավանի և Ջրաբերի հանքավայրերի լիտոիդային պեմզաները և Կարմրաշենի շլարը: Փորձերի արդյունքների համեմատության համար ծանր բետոնից պատրաստված են եղել կտալոնային նմուշներ: Բետոնների կազմության վերաբերյալ տվյալները բերված են աղյուսակ 1-ում: Հաշվի առնելով, որ ցածր ամրանիչի բետոններում ամրանը կարող է կորոզիայի ենթարկվել, ապա փորձարկվող նմուշների մեջ հարթ և պարբերական կտրվածքի ամրանների կեսը ծածկված են եղել հակակորոզիոն ցեմենտապոլիստիրոլային մածուկով:

Նմուշների փորձարկումը իրականացվել է ամրանի ձողը 10×10×30 սմ չափեր ունեցող խորանարդից դուրս բաշելու միջոցով: Փորձարկման արդյունքները բերված են 2, 3 և 4 աղյուսակներում: Ստացված արդյունքները

Վերլուծումը ցույց է տալիս, որ Հայկական ՍՍՀ թեթև բնական լցիչների վրա 75 ամրանիչ ունեցող բետոնի և ձողալին ամրանի միջև հարակցման ամրութիւնը համեմատաբար ավելի բարձր է քան ծանր լցիչներով բետոնի նետ:

Ամրանների ձողերը պոլիստիրոլային մածուկով պատելը, ամրանը կորոզիայից պաշտպանելով հանդերձ, հանդիսանում է մեկ նոր լրացուցիչ եղանակով ամրանի մակերևույթին հարակցումը բետոնի հետ ավելացնելու դործում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Астрова Г. И., Дмитриев С. А., Мулик Н. М. Анкеровка стержневой арматуры периодического профиля в обычном и предварительно напряженном железобетоне. Сб. тр. НИИЖБ, вып. 23, под ред. А. А. Гвоздева. М., 1962.
2. Шакарян Л. С. Экспериментальное исследование прочности сцепления арматуры классов А-I и А-III с легкими бетонами на литондной немзе. Научные сообщения Армянского НИИ строительных материалов и сооружений, вып. 8, Ереван, 1966.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

А. М. ГАСПАРЯН, Р. М. МИРЗАХАНИЯН

ПНЕВМОТРАНСПОРТ КРУПНОЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ
В ПЛОТНОМ СЛОЕ

Под „крупнозернистыми“ подразумеваются материалы, частицы которых имеют размер более одного *мм*, падение которых в воздухе происходит в турбулентной области. Обычный способ пневмотранспорта (в разбавленном слое) таких материалов широко применяется в технике, но он имеет, по крайней мере, два крупных недостатка, вытекающих из применения неизбежных больших линейных скоростей транспорта. Этими недостатками являются большой удельный расход воздуха, а также повреждение, износ и распыление частиц. Последнее обстоятельство особо вредно, что делает невозможным применение пневмотранспорта для сравнительно хрупких материалов. В нефтеперерабатывающей промышленности широко применяется обычный способ пневмотранспорта для алюмосиликатного катализатора, который является достаточно крепким и труднораспыляемым материалом. Но, тем не менее, при многократной циркуляции, частицы этого катализатора изнашиваются и образовавшаяся пыль теряется. На одном из заводов, где ежедневно транспортируется 100 *т* катализатора, суточные потери из-за распыления составляют 5 *т*, стоимостью около 3500 *руб.* При пневмотранспорте семенного зерна значительный его процент теряет схожимость. Осуществление пневмотранспорта в плотном слое с любыми малыми скоростями перемещения материала приведет к резкому уменьшению этих недостатков и расширит область применения этого весьма удобного способа транспорта. Над этой проблемой работали ряд авторов [1—5], однако задача осталась пока нерешенной, и такой способ пневмотранспорта еще не получил промышленного осуществления. Нам кажется, что отсутствие успеха объясняется тем, что механизм псевдооживления слоя и поведение псевдооживленного слоя в транспортном трубопроводе недостаточно выяснены. Наши исследования привели к некоторым новым результатам в этой области. В этой статье изложены результаты исследования концентрации неподвижного слоя, как первого шага в решении рассматриваемой проблемы.

1. Слой, состоящий из моодисперсных сфер теоретически [6], может иметь объемную концентрацию φ от 0,523 (при параллельной упаковке) до 0,741 (при шахматной упаковке). Практически же частицы всегда располагаются так, что концентрация слоя всегда боль-

ше 0,523 и меньше 0,741. Наши эксперименты показали, что наиболее рыхлый слой имеет концентрацию $\varphi_0 = 0,563$ (когда диаметр слоя D превышает диаметр частицы d более чем в 20 раз), а наиболее плотный — $\varphi_1 = 0,630$. Степень плотности упаковки зависит в указанных пределах от условий образования слоя. Исследовалось влияние условий образования неподвижного слоя на φ по следующей методике. В стеклянную колонку 1 (рис. 1) с сетчатым дном засыпалась навеска G сферических частиц, образующих слой высотой h , диаметром D и концентрацией φ . Затем этот слой (после тщательной промывки с целью удаления пузырьков воздуха) расширялся потоком воды до некоторой высоты H и выдерживался в течение нескольких минут в стационарном состоянии. После этого, путем прекращения подачи воды, частицы вновь осаждались с образованием неподвижного слоя, концентрация φ которого, как показали эксперименты, зависит от соотношения H/h .

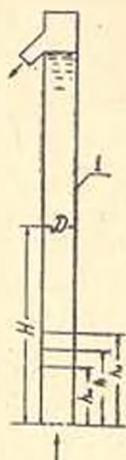


Рис. 1.

Как видно из рис. 2, в определенной области значений H/h образуется осадок с минимальной концентрацией φ_0 . Неподвижный слой с концентрацией φ_0 очень неустойчив и при еле заметных внешних воздействиях немедленно несколько уплотняется, придя в более устойчивое состояние. Для фракции

0,4—0,42 мм помолы стекла (кривая 1) $\varphi_0 = 0,417$, но эта минимальная и неустойчивая концентрация очень легко, часто при самом производстве опыта, переходит в более плотное состояние с концентрацией φ_0 , около 0,42 (пунктирный участок кривой 1), отличающийся от φ_2 примерно на 0,5%. Кривые 2—4 показывают зависимость φ от H/h для сферических частиц стекла ($d = 0,09$ мм, $\rho = 2,29 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$, $Re = 0,638$), алюмосиликата ($d = 1,3$ мм, $\rho = 1,65 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$, $Re = 183$) и свинца ($d = 1,22$ мм, $\rho = 11 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$, $Re = 565$).

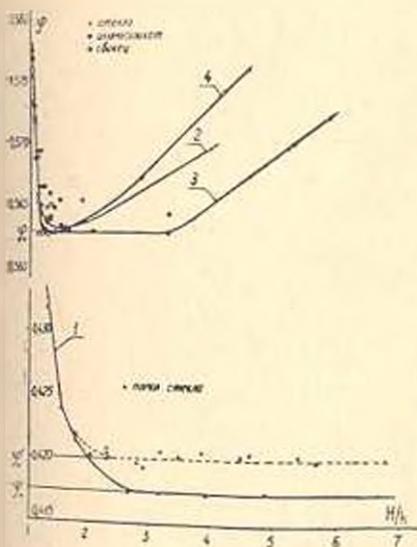


Рис. 2.

Приведенные данные получены на стеклянных колонках с диаметром D , превышающим диаметр частиц d более чем в 20 раз. Высота H определялась по шкале с точностью в 1 мм, а высота h при помощи катетометра с точностью тысячной доли миллиметра.

Этими и многочисленными другими экспериментами установлено наличие такой области отношений H/h , когда данные частицы образуют неподвижный слой максимальной высоты h_0 и соответствующей ему минимальной концентрацией φ_0 . Результаты опытов сведены в табл. 1 и 2, где δ — диаметр частиц, ρ — их плотность, D — диаметр колонки, φ_m — максимальная концентрация слоя.

Таблица 1

Экспериментальные значения φ_0 и φ_m для сферических частиц

Материал	δ мм	ρ г/см ³	D/δ	В среде воды		В среде воздуха	
				φ_0	φ_m	φ_0	φ_m
Свинец	3,5	11,0	10	0,552	0,596	0,555	0,605
.	1,22	11,0	12,5	0,545	0,599	0,553	0,605
Чугун	2,0	7,54	17	0,557	0,610	0,570	0,625
Сталь	1,0	7,76	15	0,556	0,603	—	—
Алюмосиликат	3,0	1,65	11,4	0,541	0,605	0,511	0,610
.	2,45	1,65	14	0,558	0,611	0,562	0,615
.	2,0	1,65	17	0,561	0,613	0,565	0,630
.	1,3	1,65	26	0,563	0,621	0,568	0,628
.	1,3	1,65	11,7	0,526	0,604	0,540	0,610
.	1,0	1,65	15	0,533	0,603	—	—
Стекло	0,178	2,52	56	0,566	0,628	—	—
.	0,126	2,52	79	0,565	0,632	—	—
.	0,090	2,52	110	0,563	0,628	—	—
.	0,063	2,52	158	0,568	0,624	—	—

Таблица 2

Экспериментальные значения φ_0 и φ_m для бесформенных частиц

Материал	δ мм	ρ г/см ³	D/δ	Водная среда		Воздушная среда	
				φ_0	φ_m	φ_0	φ_m
Стекло	0,15—0,20	2,52	50—67	0,395	0,505	0,389	0,500
Уголь	0,15—0,20	1,53	50—67	0,440	0,560	0,442	0,565
Базальт	0,15—0,20	3,00	50—67	0,410	0,498	0,405	0,492
Известняк	0,15—0,20	2,70	50—67	0,451	0,548	0,455	0,545
Галениг	0,15—0,20	7,73	50—67	0,453	0,552	0,448	0,555
Кварцевый песок	—	2,64	50—67	0,527	0,595	0,530	0,600
Полиэтилен	0,15—0,20	0,91	—	—	—	0,091	0,151
Нефелиновый снегит	0,15—0,20	2,67	46—158	0,440	0,585	—	—
Кварцит	—	2,63	46—158	0,439	0,568	—	—
Булакижрит	—	6,20	46—158	0,318	0,452	—	—

Степень монодисперсности испытанных частиц была такова: стальные частицы — шарики — практически были монодисперсны. Остальные, за исключением стеклянных, были выделены из большого количества материала особо тщательно, и соотношение диаметров наиболее крупной и самой мелкой частиц в данной фракции не превышало 1,1. Стеклянные шарики, изготовленные по ранее описанному методу [7], представляли из себя обычную ситовую фракцию.

На основании данных табл. 1 можно сделать следующие выводы для монодисперсных сферических частиц.

Объемная концентрация неподвижного слоя в среде воды, при $D/\delta > 20$, может колебаться в пределах от $\varphi_0 = 0,563$ до $\varphi_m = 0,630$. В среде воздуха φ_0 и φ_m на 1–2% больше по сравнению с их значением в воде. Концентрация φ слоя в других средах нами не изучалась, однако на основании данных таблицы 1 и 2 можно заключить, что влияние плотности среды на φ слоя незначительно. При этом имеется в виду, что плотности частиц и среды не очень близки и вязкость среды не очень велика.

Диаметр частиц δ и их плотность ρ не имеют ощутимого влияния на φ . Соотношение φ_m/φ_0 для сферических частиц постоянно, равно $\sim 1,12$ и практически не зависит от среды.

2. Из данных табл. 2 следует, что φ_0 и φ_m для слоя, состоящего из несферических частиц, в большой степени зависят от степени сферичности формы частиц [8]. Округлый кварцевый песок имеет почти такие же φ_0 и φ_m , как сферические частицы. Помол буланжерита имеет $\varphi_0 = 0,318$, а порошок полиэтилена — 0,091 или в 6,2 раза меньше, чем сферы. В отличие от слоев сферических частиц, в слоях, указанных в табл. 2, отношение φ_m/φ_0 не является постоянным и колеблется в широком диапазоне. Влияние же водной и воздушной сред на плотность упаковки слоя практически незаметно.

3. Отношение D/δ , когда оно небольшое, имеет сильное влияние на φ . На рис. 3 приведена кривая $\varphi = f(D/\delta)$. Если $D/\delta = 1$, то сферические монодисперсные частицы упаковываются практически наиболее плотно, с концентрацией

$$\varphi = \frac{\pi}{6} \delta^3 : \frac{\pi}{4} \delta^3 = 0,66.$$

Наиболее рыхлый слой, согласно экспериментам, получается при $D/\delta = 1,4 - 1,7$, когда концентрация φ снижается до 0,37. Дальнейший рост D/δ приводит к росту φ , но это влияние после $D/\delta \approx 20$ практически перестает иметь место.

4. Сильно полидисперсные ча-

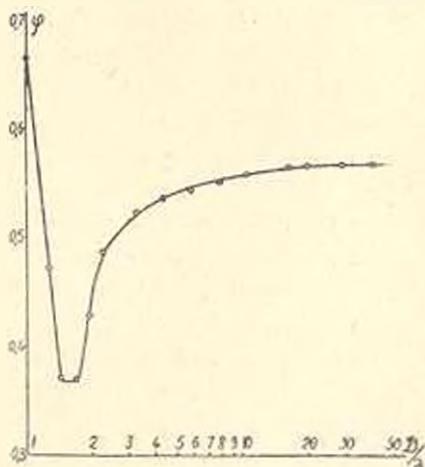


Рис. 3.

стицы образуют более плотные слои. Так, из пяти узких фракций алюмосиликатных шариков (средние диаметры фракций 1,3, 2,0, 2,27, 2,5 и 3,0 мкм) была составлена смесь, которая образует слой с $\varphi_0 = 0,577$ и $\varphi_m = 0,635$. Для составления смеси брались равные навески фракций, тщательно перемешивались и загружались в колонку. Опыт проводился с учетом того, чтобы сепарация частиц по величине была ми-

нимальной. Когда же слой из смеси расширяться в большой степени и выдерживался во взвеси в течение длительного времени, то, в силу возникшей значительной сепарации, осадок такой взвеси имел такие же φ_0 и φ_{∞} , как и монденерсные частицы.

НИИ органической химии
АН АрмССР

Получено 12.I.1966

Ա. Մ. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ, Բ. Մ. ՄԻՐԶԱԽԱՆՅԱՆ

ԽՈՇՈՐԱԶՍԻԿ ԵՅՈՒԹԵՐԻ ՊՆԵՎՄՈՏԲԱՆՍՊՈՐՏ՝ ԽՆՏ ՇԵՐՏՈՎ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողորդման մեջ ցույց են արված խոշորահատիկ նյութերի (կատալիզատորներ, հացահատիկ և այլն) խիտ շերտով պենմտարանսպորտի առավելությունները նոսր շերտով պենմտարանսպորտի գործող եզանակների նկատմամբ: Չնայած առավելություններին խիտ շերտով պենմտարանսպորտը դեռևս արտադրական կիրառություն չունի, որովհետև տրանսպորտային խողովակում պեղոհեցողությամբ շերտի մխանիդմն ու վարքը լրիվ պարզված չեն: Այդ բնագավառում մեր հետազոտությունները բերել են մի քանի նոր արդյունքների: Ներկա հաղորդման մեջ արված են միայն անշարժ շերտի կոնցենտրացիայի վերաբերյալ հետազոտությունների արդյունքները:

Նշված է, որ մսնոդիսպրես դեդիկներից կազմված անշարժ շերտի ծավալային կոնցենտրացիան φ տեսականորեն կարող է լինել 0,523-ից մինչև 0,741: Փորձերը ցույց են տվել, որ իրականում φ -ն կախված է շերտի առաջացման պայմաններից: Կատարվել են տարբեր նյութերի մասնիկների բնորոշակման և նստեցման բազմաթիվ փորձեր նկ. 1 սարքով և որոշված են H/h հարաբերության այնպիսի սահմաններ, որոնց դեպքում մասնիկները առաջացնում են անշարժ շերտ ամենափոքր կոնցենտրացիայով՝ φ_0 (տես նկ. 2): Նույն սարքում որոշվել են շերտի փորձնականորեն հնարավոր ամենախիտ կոնցենտրացիաները՝ φ_{∞} : Փորձերի արդյունքները բերված են 1 և 2 աղյուսակներում:

Կատարված փորձերից պարզվել է, որ մսնոդիսպրես դեդաձև մասնիկների համար

ա) Անշարժ շերտի կոնցենտրացիան կարող է տատանվել φ_0 0,563-ից մինչև φ_{∞} 0,630 (երբ խողովակի և մասնիկների տրամագծերի հարաբերությունը՝ $D/d > 20$): $\varphi_{\infty}/\varphi_0 = 1,12$:

բ) Միջավայրի խտության ազդեցությունը φ -ի վրա աննշան է և կարելի է արհամարհել:

գ) Մասնիկների տրամագիծը՝ δ և խտությունը ρ չեն ազդում առաջացած շերտի կոնցենտրացիայի վրա:

Տձև մասնիկների դեպքում որքան մասնիկի ձևը հեռու է դեդից, այնքան շերտի φ_0 -ն և φ_{∞} -ը ավելի փոքր են, քան նույն մեծությունները գնդիկներից կազմված շերտում: Այստեղ նույնպես միջավայրի ազդեցությունը φ -ի վրա աննշան է: $\varphi_{\infty}/\varphi_0$ հարաբերությունը հաստատուն չէ:

Նկ. 3-ում տրված է D/d հարաբերության ազդեցությունը կոնցենտրացիայի վրա, մսնոդիսպրես դեդիկների համար:

Պոլիդիսպրես մասնիկներից կազմված շերտում, եթե սեպարացիա չի կատարվել Σ_0 ան և Σ_1 ար ալելի մեծ են, քան մոնոդիսպրես մասնիկների շերտում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Разумов И. М., Чефранов О. А., Бушин А. И., Баранова П. С. Химия в технология топлива и масел, № 5, 1961.
2. Фадеев И. Г., Разумов М. М., Скобло А. И., Чефранов О. А. Известия высших учебных заведений (Нефть и газ)*, № 11, 1960.
3. Тодес О. П., Резникович К. И. Химические машиностроение*, № 1, 1963.
4. Григорян Х. А., Алиев Э. Э., Кулиев А. М. Сборник трудов по вопросам нефти и нефтепродуктов, вып. 3, Баку, 1958.
5. David S. Koons and C. E. Lauer. „Industrial and Engineering Chemistry“, vol. 53, № 12, 1961.
6. Лейбензон Л. С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде. М. — Л., 1947.
7. Гаспарян А. М. и Заминян А. А. ДАН АрмССР, т. XXIII, № 2, 1956.
8. Гаспарян А. М. и Икарин Н. С. ДАН АрмССР, т. XXXVIII, № 3, 1964.

С. С. ДЖАНАЗЯН

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТЕНДОВОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДО ОБЖАТИЯ БЕТОНА

Работа посвящена исследованию напряженного состояния железобетонных изделий стендового изготовления. Экспериментальная часть данной работы проводилась в НИИЖБ в лаборатории, руководимой проф. А. А. Глюзеным. Эксперимент проводился на стенде, оборудованном пропарочной камерой длиной 7,4 м (рис. 1).

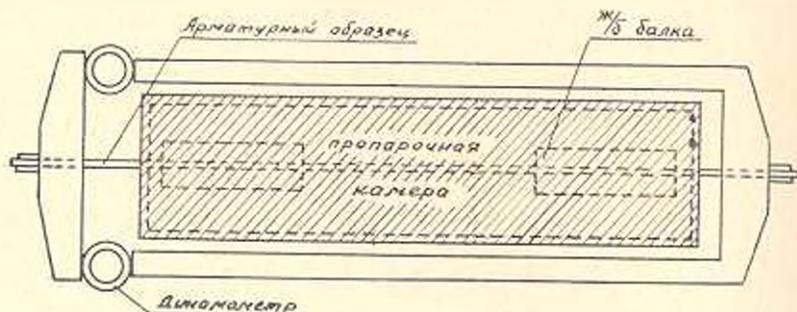


Рис. 1.

Упоры, воспринимающие усилие натяжения арматуры, были осуществлены из двутавров и находились на некотором расстоянии от пропарочной камеры, поэтому в процессе эксперимента температура упоров практически не менялась. Натяжение арматуры производилось гидравлическим домкратом, а усилие контролировалось динамометрами, установленными между неподвижными упорами и подвижной траверсой. В пропарочной камере одновременно изготавливались три балки таврового сечения длиной по 210 см каждая. Для приготовления бетона балок применялся портландцемент Белгородского завода активностью 600 кг/см^3 . В качестве заполнителей использовались речной песок средней крупности и гранитный щебень крупностью 10–25 мм. Прочность бетона к моменту спуска натяжения определялась по испытаниям трех бетонных кубков, изготовленных одновременно с балками. В качестве напрягаемой арматуры служил один стержень диаметром 14 мм из горячекатаной стали класса А—IV марки 20Х12Ф, с временным сопротивлением разрыву $\sigma_0 = 99,7 \text{ кг/мм}^2$ и условным пределом текучести $\sigma_{0,2} = 65,0 \text{ кг/мм}^2$. Процент армирования балок $\mu = 0,53\%$. Контролируемое натяжение арматуры 60 кг/мм^2 .

Эксперимент проводился в следующей последовательности: натягивался арматурный образец до контролируемого напряжения при температуре 20°C, а затем пропаривался. В процессе пропарки напряжения в арматуре снижались как за счет температурного перепада, так и вследствие процесса релаксации. После многократных подтяжек, пропарок и длительной выдержки арматурного образца под напряжением удалось практически ликвидировать потери напряжений от релаксации. Затем устанавливались арматурные каркасы, опалубка балок и производилось бетонирование. Тепловой обработке балки подвергались спустя 0,5-2 часа после бетонирования. Пропарка производилась по режиму 4+4+4 часа при максимальной температуре 80°C. В процессе всего эксперимента замерялись температура в камере и напряжения в свободных от бетона участках напряженной арматуры.

После остывания балок кольцевые динамометры, установленные на стенде, показали, что начальное напряжение σ_0 в арматуре несколько увеличилось и оказалось равным

$$\sigma_0 + \Delta\sigma,$$

где $\Delta\sigma$ — увеличение напряжения в свободных от бетона участках арматуры за счет укорочения железобетонного элемента вследствие объемного деформирования бетона.

После спуска натяжения в свободных от бетона участках арматуры натяжения будут равны нулю, а железобетонное сечение должно быть сжато усилием

$$N_1 = F_n (\sigma_0 + \Delta\sigma).$$

С другой стороны, напряжение в бетонированной арматуре после пропарки при температурном перепаде Δt ,

$$\sigma_0 - 20 \Delta t \frac{L_n}{L_y}.$$

где L_n — нагретый участок напрягаемой арматуры; L_y — вся длина напрягаемой арматуры.

Усилие обжатия будет

$$N_2 = F_n \left(\sigma_0 - 20 \Delta t \frac{L_n}{L_y} \right).$$

Таким образом разница

$$N_1 - N_2 = F_n \left(20 \Delta t \frac{L_n}{L_y} + \Delta\sigma \right)$$

представляет из себя растягивающее усилие, действующее в железобетонном элементе после его остывания на стенде до спуска натяжения. Отсюда для элементов с симметричной напрягаемой арматурой растягивающие напряжения в бетоне будут равны:

$$\sigma_{\text{бет}} = \frac{F_n \left(20 \Delta t \frac{L_n}{L_y} + \Delta\sigma \right)}{F_{\text{бет}}}.$$

а для элементов с несимметричной арматурой

$$\sigma_0 = F_n \left(20\Delta t \frac{L_n}{L_y} + \Delta \sigma \right) \left(\frac{l_0 J}{J_n} + \frac{1}{F_n} \right).$$

В результате предельных автором экспериментов было установлено, что

$$N_1 - N_2 = 2000 - 2100 \text{ кг}.$$

Предварительно напряженные элементы стендового изготовления, подвергавшиеся пропарке (спустя 0,5—2 часа после бетонирования) после их остывания на стенде (до спуска натяжения) оказываются растянутыми с усилием примерно равным $20\Delta t \frac{L_n}{L_y} F_n$ без учета влияния объемных деформаций бетона в процессе пропаривания изделия. Поэтому при большом проценте армирования и отношении $\frac{L_n}{L_y}$ близким к единице могут наблюдаться случаи растрескивания бетона, а при малом проценте армирования возможен обрыв арматуры в свободных от бетона участках. Учет растягивающего усилия позволяет достаточно точно вычислить напряжения в бетоне после его обжатия.

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 14.IV.1966

СОДЕРЖАНИЕ

XIX тома „Известий АН Армянской ССР“
(серия технических наук)

Стр.

Сейсмостойкость сооружений

- С. С. Дарбинян.* К определению сейсмических сил в сооружениях за пределом упругости 3—23
- М. Г. Хачиян.* Аналитическое изучение поведения жесткостного датчика ускорения 3—3

Инженерная сейсмология

- Ж. В. Захарян.* Способ моделирования гравитационных сил при динамическом подобии 2—50
- А. А. Мкртчян.* О применении вальцмассы для моделирования динамических процессов в грунтах и сооружениях 2—5

Энергетика

- Г. Т. Адоци, П. А. Матевосян, С. Г. Аюлян.* Исследование формулы роторного угла синхронной машины в режиме трехфазного короткого замыкания с помощью цифровой машины 3—3
- Г. Т. Адоци.* Вопросы математического моделирования энергосистем 4—3
- А. А. Асламян.* Исследование величины инерционного момента гидроагрегатов в переходных режимах его работы 1—3
- Д. М. Бабаян.* Методика расчета динамических характеристик относительных приростов котлоагрегатов тепловых электростанций 6—21
- Ф. А. Григорян, Т. П. Асатрян.* Расчет режима параметрона на индуктивностях с двухступенчатыми зависимостями от тока 5—15
- Н. К. Ионнисян.* О достаточных условиях устойчивости в „большом“ регулировании гидроагрегата 3—10
- Е. А. Нерсесян.* Вероятностный метод расчета мощности трансформаторов городских электрических сетей 4—13
- Р. В. Оганян.* Некоторые методы практического учета насыщения стали при определении поперечного синхронного реактенса 5—9
- В. И. Сваков, Д. С. Мелконян, А. Ф. Аб.* Экспериментальное определение частотных характеристик синхронной машины методом вынужденных гармонических колебаний 5—22
- И. Г. Таранян.* Гидродинамическое сопротивление в цельнокатаной трубе 5—3

Электротехника

- С. К. Бояк.* Применение уравнения Матье к исследованию самовозбуждения индукционного генератора 1—21
- П. А. Кялян.* Определение оптимальных границ диапазона изменения скоростей вращения бесконтактной машины двоякого питания 1—16
- Э. Л. Оганесян.* Расчет характеристики дросселя насыщения 2—23

- Э. Л. Оганесян. Расчет характеристики дросселей насыщения (ДН) с обратной связью и амплистатов 6—29

Гидравлика

- В. М. Овсепян. Метод непосредственного определения максимальной производительности таранной установки 2—3
- В. М. Овсепян. Установление режима работы тарана на максимальный коэффициент полезного действия 3—17
- В. О. Тукмаджян. Гидравлический удар в трубах при движении трехфазной жидкости 4—19

Гидротехника

- В. К. Брутин. Влияние гидравлического удара в системе разветвленных грубопроводов на оптимальное управление гидротурбины 2—10
- И. Г. Кристостурян. Расчет неустановившегося бурного течения на расширяющемся участке канала 1—10
- О. П. Шербикова. Оптимальное соотношение между подводимыми мощностями пиковых и базисных электростанций 2—17

Гидрология

- Р. Г. Запорожная. Приближенный расчет нормы минимального стока притоков среднего течения р. Аракс 4—47
- А. И. Зак. К вопросу о расчете минимального стока рек Армянской ССР . . . 4—55

Вычислительная техника

- К. Г. Абовяни, Г. Л. Арешян, А. С. Паркяни, Р. С. Рафаелян. Цифровой вычислительный автомат для стабилизации теплового режима контактного аппарата 1—35

Измерительная техника

- Г. С. Акопян, М. Г. Тер-Мартirosян. Анализ погрешностей в приборах экспресс-контроля электротехнических изделий 5—36
- Э. А. Дастакян. Об одном методе расшифровки записи при измерениях электроакустическим трактом 2—30
- Ю. С. Манукян. К расчету индукционной преобразовательной системы с автогенератором для гальванометрических усилителей 4—33
- К. Х. Овсепян, Р. Е. Адымян. Полуавтоматический лоток для тарнировки датчиков малых скоростей полого потока 2—35
- И. С. Осипов, А. М. Овчинников, Л. М. Шербиков. Сцинтилляционная гаммакамера с изображающим кристаллом $Gl(Rh)$ 6—35
- И. П. Русских. О флуктуациях амплитуды и фазы емкостного параметрона, работающего в стационарном режиме 5—28

Машиностроение

- Г. С. Минаев. О некоторых преимуществах безвершинного реза БРМ-1 3—39

Металловедение

- В. Х. Оганесян. О некоторой закономерности электрических свойств халькогенидов переходных металлов 1—30
- Д. А. Саркисян. Корреляция физико-механических характеристик мазоуглеродистой стали, наклепанной внедрением равнобедренного клина 4—41

Химическая технология

- А. М. Гаспарян, Р. М. Мирзахания.* Приемотранспорт крупнозернистых материалов в плотном слое 6—18
- С. М. Исаакян, А. М. Гаспарян.* О механизме взаимодействия твердых тел с вязкой жидкостью при ламинарном режиме 5—41

Бальнеотехника

- Б. П. Татаринюв, И. А. Педдойминога.* К вопросу солеотложения и коррозии в трубопроводах минеральной воды 3—46

Строительная механика

- С. С. Дарбиничи.* О спектре перемещений при расчете сооружений на сейсмостойкость с учетом пластических деформаций 6—11
- А. С. Созоян.* О связи между деформациями и напряжениями для разносопротивляющегося на растяжение и сжатие композиционного материала строго однонаправленной структуры 6—3

Строительные конструкции

- С. А. Багдасарян.* Исследование несущей способности внецентренно сжатых стержней II-образного сечения из алюминиевого сплава Д-16-Г 2—40
- А. О. Елоян.* Прочность и деформации легких бетонов на вулканических заполнителях при многократно повторной нагрузке (сообщение 2) 4—24
- С. Г. Ионнисян.* Исследование деформацийгибаемых элементов из легких бетонов на природных заполнителях, армированных стержневой арматурой класса А-IV 1—43
- Э. С. Шакарян.* Экспериментальное исследование прочности сцепления стержневой арматуры с легкими высокопрочными бетонами на естественных заполнителях 6—42

Строительные материалы

- А. М. Асирян.* О вакуумировании высокомарочных легких бетонов 3—53
- Г. А. Рашид, Р. В. Акопян.* К вопросу о роли Na_2O в формировании фазового состава базальтового литья 3—58

Научные заметки

- Р. С. Аветисян, А. Б. Пирадова, В. Г. Асатрян.* О коэффициенте линейного расширения легких бетонов на естественных заполнителях 4—61
- М. А. Валюсян.* Способ расчета объема газохранилища для многолетнего регулирования и энергетической системе 3—65
- А. М. Гаспарян, Н. С. Икарян.* О влиянии способа измельчения на форму частиц помола 4—63
- Н. А. Давтян.* О некоторых методах удлинения гидрологических рядов 5—51
- С. С. Джиназян.* Напряженное состояние предварительно напряженных элементов стенового изготовления до обжатия бетона 6—54
- А. И. Корчагин.* Влияние скопления дислокаций на характер разрушения у границ зерен 1—56
- С. Л. Сардарян.* Определение полных капитальных вложений подоходоляственного комплекса с учетом срока строительства 2—64
- И. Т. Хачатрян.* Приближенный метод исследования нелинейных систем, близких к гармоническому осциллятору 1—52
- И. Т. Хачатрян.* Приближенный способ исследования установившихся колебаний в ламповых генераторах 2—62

Ր Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

«Հայկական ՍՍՀ ԳԱ Տեղեկագրի» (տեխնիկական գիտությունների սերիա)
XIX հատորի

ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՍԵՏՄԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ս. Ս. Գարրիելյան. Առաջադեմության սահմանից դուրս գտնվող կառուցվածքներում սեյսմիկ ուժերի որոշման մասին	3—23
Մ. Գ. Խաչիյան. Արագացման հեղուկային տվիչի վարքի անայտնի ուսումնասիրությունը	3—24

ԻՆՏԵՆՏԻՎՅՈՒՆ ՍԵՅՍՄՈՒՂՈՒԹՅԱՆ

Ժ. Վ. Զախարյան. Դինամիկական նմանության դեպքում զրափոխացիոն ուժի մոդելացման եղանակ	2—30
Ա. Ս. Մկրտչյան. Վայցմասսայի կիրառումը զրուևտների և կառուցվածքների դինամիկ պրոցեսների մոդելացման համար	5—26

ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ

Ս. Ալյոնգ, Պ. Ա. Մարեոսյան, Ս. Հ. Հակոբյան. Սինխրոն մեքենայի ոտտորի տեղյան ֆորմուլայի ուսումնասիրությունը հոսանքի կարգի միացման ռեժիմում էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենայի օգնությամբ	3—3
Հ. Տ. Ալյոնգ. Էներգոստեմենների մաթեմատիկական մոդելացման հարցերը	4—3
Հ. Ա. Ասլամալյան. Հիդրոադրեզատի ինեյցիան մասնատի ուսումնասիրումը նրա աշխատանքի անցողիկ օժեմներում	1—3
Չ. Մ. Բարայան. Ջերմային էլեկտրականների կախայական ադրեզատների հարաբերական աճերի դինամիկ բնութագրերի կառուցման մեթոդ	6—21
Ֆ. Հ. Գրիգորյան, Տ. Պ. Ասատրյան. Պարամետրոնի ռեժիմի հաշվումը, երբ ինդուկտիվությունների կապը հոսանքից նրկաստիճան է	5—13
Ի. Պ. Խառնայան. Հիդրոդինամիկական դիմադրությունը կողմոք խողովակում	3—3
Ն. Կ. Իսաևեհյան. Հիդրոադրեզատների կարգավորման մեծ կալուսնության բավարար պայմանների մասին	3—10
Ս. Ա. Նևսիսյան. Քաղաքային էլեկտրական ջանքերի տրանսֆորմատորների հզորության հաշվումը հավանականության մեթոդով	4—13
Վ. Ի. Ստակով, Գ. Ս. Սելիֆոնյան, Ա. Յ. Ար. Հարկադայից Գարմոնիկ ստատեստիկների մեթոդով սինխրոն մեքենայի համախառն բնութագրերի սահմանումը	3—22
Ռ. Վ. Սեյսյան. Պողոսյանի հարցման գործնական հաշվարկման որոշ մեթոդներ՝ բնդայնական սինխրոն ռեակտանսի որոշման ղեկարում	5—9

ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱ

Ս. Կ. Բոխյան. Մասյերի հավասարման կիրառումը ինդուկցիոն դեներատորի իներնազրգրման հետազոտման մեջ	1—24
---	------

Ե. Լ. Հովհաննիսյան. Հազնցման գրասենյակի բնութագրի հաշվարկ 2—23

Է. Լ. Հովհաննիսյան. Հնապարհ կապ ունեցող հազնցման գրասենյակի և ամբողջատու-
նների բնութագրի հաշվարկի մեթոդ 6—29

Պ. Զ. Վլայան. Առանց կոնտակտի կրկնակի սեման մեքենայի պատման արագության
փոփոխման դիսպոզիտի օպտիմալ սահմանների որոշումը 1—14

ՀՌԳՐԱՎՂԿԱՆ

Վ. Զ. Թոբմաչյան. Հիդրավիկական հարվածը խողովակներում հոսքից հեղուկի շարժ-
ման դեպքում 4—19

Վ. Մ. Հովսեփյան. Տարանային կայանքի մասքիմալ արտադրողականության որոշման
անմիջական մեթոդ 2—3

Վ. Մ. Հովսեփյան. Տարակի աշխատանքի սեփիմի որոշվող մասքիմալ պտակար գործու-
ղության գործակցի համար 2—17

ՀՌԳՐՈՏՆՆԵՆԿԱՆ

Վ. Կ. Երուսյան. Ելուցավորված խողովակատարներում հիդրավիկական հարվածի ազ-
դեցությունը հիդրոտուրբինների լավացույթի զեկավորման վրա 2—19

Ո. Պ. Ելևիրակովա. Ըներգոտիկական սի-տեմների զարգացման պրակտիկական մասնակ
պիկային և բազիսային հզորությունների օպտիմալ հարաբերությունը 2—17

Ի. Գ. Թիստոստուրյան. Չհաստատված բուռն հոսանքի հաշվարկը ջրատարի լայնացող
մասում 1—10

ՀԽՐՈՂՈՂԻԱ

Ո. Գ. Զալսերմեաչա. Արաքս գետի միջին հոսանքի վտակների միևիմալ հոսքի մո-
տապոր որոշումը 4—47

Ա. Ի. Զակ. Հայկական ՍՍՀ գետերի եվազոզույն հոսքի հաշվման հարցի շուրջը 4—52

ՀԱՆՎՈՎԱԿԱՆ ՏՆՆԵԿԱՆ

Կ. Զ. Արաբամյան. Գ. Լ. Արեշյան. Զ. Ս. Պարսամյան. Ռ. Ս. Ռաֆայելյան. ԽՎանչային
հաշվի: ավտոմատ՝ կոնտակտային օպերատի ջերմային սեփիմի կալուսեացման
համար 1—35

ՉԱՓՈՂԱԿԱՆ ՏՆՆԵԿԱՆ

Է. Ա. Պաստակյան. Էլեկտրասկուստիկ արեկտով լավումների զեկայում գրանցման վեր-
ծանման մի եզանակի մասին 2—30

Զ. Ս. Հակոբյան. Մ. Գ. Տեր-Մաբաբաբաչյան. Էլեկտրաստիստիկական արտադրանքի էքս-
պրես-հոկիչ սարքերի անհշուտությունների անայիզը 5—36

Կ. Խ. Հոգևեփյան. Ռ. Ս. Աղամյան. Զրի փոքր արագությունների ավիշներ աստիճանա-
վորող կիոսավտոմատ վաք 2—35

Յու. Ս. Մանուկյան. Պայմանամարիկ օւժեղացուցիչներ ունեցող ավտոզեններատորի ին-
դուկցիան վերափոխի: սխեմիմի հաշվարկը 4—33

Ն. Պ. Ռուսկիի. Ստացիոնար սեփիմում աշխատող ունակային պարամետրների ամպլի-
տուդայի և ֆազայի ֆուկտուացիաների մասին 5—28

Ի. Ս. Սաֆարով. Ա. Մ. Օվիսնիկով. Լ. Մ. Ելևիրակով. Աքիստիլյացիոն զամմա-կամերա՝
ՇԻ ԲԻՆ՝ պատկերող բյուրեղով 6—33

ՄԵՄՆԱՇԵՆՈՒԹՅՈՒՆ

Գ. Ս. Միևայան. Անգագաթ կարի: ԱԿՄ. 1 3—39

ՄԻՏԱՂԱԳՈՒՅՈՒԹՅՈՒՆ

Վ. Խ. Հովհաննիսյան. Անցումային մտազենքի խայկոզենիաների էլեկտրական հատ-
կությունների մի քանի արիևալուստիկությունների մասին 1—30

Գ. Ա. Սարգսյան. Համասարակողմ սեպի ներդրման հետևանքով մակակոփված սակավածխածնային պողպատի ֆիզիկա-մեխանիկական բնութագրերի կորելացիան . . . 4—41

ՔՐՄԻԱԿԱՆ ՏՆԵՆՈՂՈՒԿԱՆ

Ա. Մ. Գապայեյան, Թ. Մ. Միրզախանյան. Խոշորահատիկ նյութների պենմոտրանսպորտի խիս չերտով 6—48

Ա. Մ. Իսախանյան, Ա. Մ. Գապայեյան. Համինարոլիայի պայմաններում պինդ մարմնի և մածուցիկ հեղուկի փոխազդեցության մեխանիզմի մասին 5—54

ՔԱՂՆԻՈՏՆԵՆՆԻԿԱՆ

Թ. Պ. Տատարինով, Լ. Ա. Նեզլովսկի. Հանքաչքատար խողովակներում աղակուտակման և կորոզիայի հարցի մասին 3—46

ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ԼՐԵՆՈՂՈՒԿԱՆ

Ս. Ա. Գարբիջան. Կառուցվածքների սեյսմակայունության հաշվարկի ժամանակ տեղափոխումների սպեկտրի մասին, պլաստիկ դեֆորմացիաների հաշվառումով . . . 6—11

Ա. Ո. Մուլլյան, Լիխտ միաուղղված ստրուկտուրայի և ծրման ու սեղմման տարրեր դիմադրողականության կոմպոզիցիոն ելուծի ղեկգործացիաների և լարումների կապի վերաբերյալ 6—3

ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՑԻԱՆԵՐ

Ո. Ա. Քողզասարյան. Այլումինի ԾՆԵ—Մ համաձուլվածքից պատրաստված Ի—ձևի կարծածք ունեցող ապակենտրոն սեղմված ձողերի կրողունակության հետազոտությունը 2—40

Ա. Շ. Նիկոլյան. Հրարիային լցիչներով թվթն բետոնների ամրությունը և ղեկգործացիաները բազմակի կրկնվող բեռնվածքի դեպքում 4—24

Ա. Գ. Հովհաննիսյան. Ա Մ զատի ձողային ամրանով բնական լցիչներով թվթն բետոնե ծովող էլեմենտների ղեկգործացիաների հետազոտումը 1—43

Լ. Ա. Թախարյան. Բեական լծիչներով ցածրամուր թվթն բետոնի հետ ձողային ամրանի շաղկապման ամրության փորձնական ուսումնասիրությունը 6—42

ՇՐՆԱՆՅՈՒԹՆԵՐ

Ա. Մ. Ասիբյան. Բարձր ամրության թեթև բետոնների վակուումացման մասին . . . 3—53

Գ. Ա. Ռոյչին, Թ. Վ. Հակոբյան. ՆԱԶՕԻ դերը բաղադրային ձուլվածքի ֆազային կազմի ձևավորման բնագրում 3—56

ԳԻՏԱԿԱՆ ՆՈՒԹԵՐ

Թ. Ա. Ավետիսյան, Ա. Բ. Պիրադով, Վ. Գ. Ասատրյան. Բեական լցիչներով թվթն բետոնների գծային բեղաբաժանման գործակցի մասին 4—61

Ա. Մ. Գապայեյան, Լ. Ա. Սիլարյան. Մանրացման եղանակի ազդեցությունը աղացվածքի մասնիկների ձևի վրա 4—63

Ն. Ա. Գավրյան. Հիդրոլոգիական շարքերի երկարացման որոշ մեխոլոգների մասին . . . 5—51

Ի. Ք. Խաչատրյան. Հարմոնիկ օսցիլյատորին մոտ եղյու սյ գծային սխտանների հետազոտման մատավոր եղանակ 1—52

Ի. Թ. Խաչատրյան. Համալային պեննրատրներում կայունացած տատանումների հետազոտման մատավոր եղանակ 2—62

Ա. Ե. Կուշալին. Տեղափոխությունների կուտակումների ազդեցությունը քայքայման բնույթի վրա՝ հատիկների սահմանի մոտ 1—59

Ա. Ո. Ղախաչյան. Ստենդային եղանակով պատրաստվող նախնական լարումով երկաթբետոնե էլեմենտների լարվածային վիճակը, միևն բետոնի սեղմումը 6—54

Ա. Լ. Սարգսյան. Զրա-տեսեսական կոմպլեքսում լրիվ կապիտալ ներդրումների որոշումը՝ շինարարության մամկնոտի հաշվառումով 2—64

Մ. Շ. Վալիսյան. Հնքերգեոտիկական սխտանի բազմամյա կարգավորման զաղամարրի ձևավորման հաշվման մեթոդների մասին 3—65

Ր Ո Վ Ա Ն Գ Ա Կ Ո Ւ Ք Յ Ո Ւ Ն

ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄՆԵԱՆԻԿԱ

Ա. Ա. Սողոյան, Խիստ միատուգղված ստրուկտուրայի և ձգման ու սեղմման տարբեր դիմադրողականության կոմպոզիցիոն նյութի դեֆորմացիաների և լարումների կապի վերաբերյալ	3
Ա. Ս. Գաբրիելյան, Կասուցվածքների սեյսմակայունության հաշվարկի ժամանակ տեղափոխումների սպեկտրի մասին, պլաստիկ դեֆորմացիաների հաշվառումով	11

ՀՆՆՐԳԵՏԻԿԱ

Չ. Մ. Քաբայան, Ջերմային էլեկտրականների կաթսայական ազրեզատների հարարերական աճերի դինամիկ բնութագրերի կառուցման մեթոդ	21
---	----

ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱ

Է. Լ. Հովհաննիսյան, Հետադարձ կապ ունեցող հազեցման զրոսելների և ամպլիտուտաների բնութագրի հաշվարկի մեթոդ	39
--	----

ՉԱՓՈՂԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ

Ի. Ա. Օսլոյով, Ա. Մ. Օվչինիկով, Լ. Մ. Երբուկով, Սցինտիլյացիոն զածմա-կամերա՝ GI (ՂԵ) պատկերող բյուրեղով	35
--	----

ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՑԻԱՆԵՐ

Լ. Ա. Շախարյան, Քնական լցիչներով ցածրամուր թեթև բետոնի հետ ձողային ամրանի շաղկապման ամրության փորձնական ուսումնասիրությունը	42
---	----

ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱ

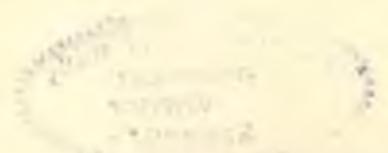
Ա. Մ. Գասպարյան, Թ. Մ. Միրզախանյան, Խոշորահատիկ նյութերի սինտետիկացումը՝ խիտ շերտով	48
---	----

ԳԻՏԱԿԱՆ ԿՈՔԵՐ

Ա. Ս. Զաւենյան, Ստենդային եղանակով պատրաստվող նախնական լարումով նրկաթ-բետոնե կոմպոզիցիոն լարվածային զիճակը, մինչև բետոնի սեղմումը	54
ԻԻՊ հատորի բովանդակությունը	60

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
Строительная механика	
<i>А. С. Согоян.</i> О связи между деформациями и напряжениями для разносопротивляющегося на растяжение и сжатие композиционного материала строго однонаправленной структуры	3
<i>С. С. Дарбинян.</i> О спектре перемещений при расчете сооружений на сейсмостойкость с учетом пластических деформаций	11
Энергетика	
<i>Д. М. Бабаян.</i> Методика построения динамических характеристик относительных приростов котлоагрегатов тепловых электростанций	21
Электротехника	
<i>Э. Л. Оганесян.</i> Расчет характеристики дросселей насыщения (ДН) с обратной связью и амплистатов	29
Измерительная техника	
<i>И. С. Осипов, А. М. Овчинников, Л. М. Шурбаков.</i> Сцинтилляционная гамма-камера с изображающим кристаллом GJ (Rb)	35
Строительные конструкции	
<i>Л. С. Шакарян.</i> Экспериментальное исследование прочности сцепления стержневой арматуры с легкими низкопрочными бетонами из естественных заполнителях	42
Химическая технология	
<i>А. М. Гиспарян, Р. М. Мирзаханян.</i> Пневмотранспорт крупнозернистых материалов в плотном слое	48
Научные заметки	
<i>С. С. Джаназян.</i> Напряженное состояние предварительно напряженных элементов стенового изготовления до обжатия бетона	54
Содержание XIX тома	57



Технический редактор Л. А. АЗИЗБЕКЯН

ВФ 08335. Подписано к печати 19/XII 1966 г. Тираж 600 экз. Изд. 2766. Заказ 414.
Формат бумаги № 2, 70 × 108^{1/16}. Печ. л. 4. Бум. л. 2. Усл. печ. л. 5,65.
Уч. изд. лист. 4,18

Типография Издательства АН Армянской ССР, Ереван, Барекамутян, 24