



УПРУГОПЛАСТИЧЕСКАЯ РАБОТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ СВАИ В СИСТЕМЕ «СВАЯ В ТРУБЕ» ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Я. М. АЙЗЕНБЕРГ, д-р техн. наук, проф.
(ЦИСС ЦНИИСК им.В. А. Кучеренко, Москва),
С. К. ГАЙПОВ, соискатель
(ЦНИИСК им.В. А. Кучеренко, Москва)

Изложены некоторые результаты программы исследований по оптимизации систем сейсмоизоляции. Известно, что при учете принципиальной неопределенности информации о параметрах будущих землетрясений оптимальные системы сейсмозащиты относятся к классу адаптивных систем, способных к перестройке (самонастройке) динамических характеристик в процессе интенсивного землетрясения. Приводятся примеры сейсмоизолирующих систем такого вида. Представляются сведения о практическом использовании таких систем в построенных сооружениях.



Ключевые слова: сейсмические воздействия, сейсмоизоляция, железобетонные сваи, свая в трубе, землетрясение, адаптивные системы, сейсмозащита

В ЦНИИСКе еще в 1960-х гг. была сформулирована концепция сейсмоизоляции с перестраивающимися (самонастраивающимися) динамическими характеристиками [1], в последующие годы выполнена широкая программа теоретических и экспериментальных исследований, разработаны конструктивные системы адаптивной сейсмоизоляции, в том числе фундаментных систем [2].

Прогноз преобладающих периодов, амплитудно-частотных спектров, длительности и интенсивности сейсмического движения грунта принципиально неопределен и неполон [3].

Инструментальные записи землетрясений продемонстрировали значительное разнообразие преобладающих периодов сейсмических колебаний грунта и форм спектров. Иногда это разнообразие обусловлено грунтовыми условиями. Например, низкочастотный спектр обусловлен в значительной степени мощными слоями рыхлых грунтов в г. Мехико-Сити. Но, в некоторых случаях даже на скальном основании и даже близкими станциями регистрировались резко различные движения [3].

В работах [1, 2] предложена математическая модель сейсмических колебаний грунта, учитывающая возможное, физически реализуемое разнообразие спектрального состава различных землетрясений и позволяющая прогнозировать спектры вероятных, но не зарегистрированных землетрясений.

На основе решения задачи оптимального проектирования сооружения при сейсмическом воздействии показано, что оптимальная система сейсмозащиты лежит в классе адаптивных систем.

Для каждого фиксированного сочетания параметров сооружения отыскивается максимальная нагрузка, т. е. наиболее опасное воздействие, например, прямым перебором всех элементов множества, входящих в математическую

модель. Затем отыскивается сочетание параметров системы, обеспечивающее минимум из всех указанных максимумов. Если в качестве критерия оптимальности принимается инерционная сейсмическая сила, то учитываются ограничения по сейсмическим перемещениям. В последние годы в результате исследований многих авторов стало очевидно, что в общем случае, при неопределенности прогноза параметров будущего землетрясения, сейсмоизоляция особенно эффективна при сочетании следующих трех элементов:

1) большая гибкость сооружения, или (что то же самое) малая жесткость в предельном состоянии, когда резервные связи выключены;

2) большая начальная жесткость резервных элементов или «резервных линий обороны», как их иногда называют;

3) большое энергопоглощение, рассеяние энергии сейсмических колебаний, или, иначе говоря, демпфирование.

Система, представляющая собой комбинацию опоры типа «свая в трубе» в сочетании с неупругими выключающимися связями, в некоторых ситуациях, сейсмологических и инженерных, может оказаться весьма эффективной. Конструкция включает в себя сваи-стойки, полностью воспринимающие собственный вес сооружения и другие вертикальные нагрузки, трубы относительно большого диаметра и неупругие выключающиеся связи, которые до выключения связывают трубы и вышележащую часть сооружения.

С точки зрения снижения сейсмической нагрузки на сооружение можно указать несколько специфических эффектов опоры типа «свая в трубе».

Один эффект обусловлен гибкостью свай, создающей относительно большие периоды колебаний системы. Если пользоваться графиком β , то для средних грунтов расчетные сейсмические нагрузки могут быть снижены в три раза и более.

Другой эффект связан с тем, что опирание фундамента происходит не вблизи поверхности, а на некоторой глубине, примерно равной длине сваи. Известно, что амплитуды сейсмических ускорений с глубиной уменьшаются, иногда существенно.

Оба указанных эффекта совместно снижают сейсмические нагрузки [2].

В настоящее время авторами исследуются разные варианты конструктивных решений системы сейсмоизоляции типа «свая в трубе». Выявить надежные и рациональные системы возможно на основе выбора адекватных физических и математических моделей упругого и неупругого поведения системы при сейсмических воздействиях и определения расчетных зависимостей между восстанавливающей силой и перемещением.

В статье представлена методика расчета зависимости «сейсмическая горизонтальная сила (далее в тексте — сила) — горизонтальные перемещения» с учетом упругопластической работы железобетонной сваи для применения их при численном решении дифференциального уравнения движения системы «свая в трубе» (стадия работы после выключения связей) при сейсмических воздействиях, заданных акселерограммами. Методика расчета зависимости «сила — перемещения» выключающихся связей из металлических балок (1-ая стадия работы) с учетом упругопластической работы системы «свая в трубе» в настоящее время разрабатывается.

Принимаем определенной длину сваи и расчетную схему сваи опертой нижним концом на несущее основание шарнирно [4, 5] с жестким сопряжением железобетонного ростверка со сваями. Варьируя длинами сваи, исследуем работу свай при сейсмических условиях.

Преобразуем уравнение (160) п.4.27 СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» в нелинейное уравнение с переменными параметрами, которое решается нами шаговым методом и позволяет получить кривизну железобетонной сваи вплоть до разрушения:

$$\left[\frac{1}{r} \right]_i = \frac{Mi}{h_0 zi} \left[\frac{\psi_{si}}{E_{si} A_s} + \frac{\psi_b}{(\varphi_f + \xi_i) b h_0 E_b v} \right] - \frac{N_{tot}}{h_0} \frac{\psi_{si}}{E_{si} A_s}, \quad (1)$$

где M_i — момент на i -ом шаге относительно оси, нормальной к плоскости действия момента и проходящей через центр тяжести площади сечения арматуры S , от всех внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого сечения;

z_i — расстояние от центра тяжести площади сечения арматуры S до точки приложения равнодействующей усилий в сжатой зоне сечения над трещиной, определяемое согласно указаниям п.4.28 СНиП 2.03.01-84;

ψ_{si} — коэффициент, учитывающий работу растянутого бетона на участке с трещинами и определяемый согласно указаниям п.4.29;

y_b — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения деформаций крайнего сжатого волокна бетона по длине участка с трещинами и принимаемый равным:

для тяжелого, мелкозернистого и легкого бетонов класса выше В7,5-0,9

для легкого, поризованного и ячеистого бетонов класса В7,5 и ниже — 0,7

для конструкций, рассчитываемых на действие многократ-

но повторяющейся нагрузки, независимо от вида и класса бетона — 1,0

j_f — коэффициент, определяемый по формуле (164);

x_i — относительная высота сжатой зоны бетона, определяемая согласно указаниям п. 4.28;

v — коэффициент, характеризующий упругопластическое состояние бетона сжатой зоны и принимаемый по табл.35;

N_{tot} — равнодействующая продольной силы N (при внецентренном растяжении сила N принимается со знаком «минус»).

Переменными величинами являются: M_i , E_{si} , ψ_{si} , x_i , z_i . Из них M_i является задаваемой величиной. Кривизна $[1/r]$ i принимается от 0 до M_{crs} (изгибающий момент при котором образуются трещины) меняющейся линейно, а далее вплоть до разрушения вычисляется по формуле (1).

Условиями разрушения сечения железобетонной сваи приняты: предельные относительные деформации бетона $[e_{bi}]$ и предельные относительные деформации арматуры $[e_{si}]$.

Относительные деформации бетона e_{bi} (%) и относительные деформации арматуры e_{si} (%) определяются из составляющих формулы (1), которые более подробно показаны в работе [7]:

$$e_{si} = \left[\frac{Mi}{zi} \left[\frac{\psi_{si}}{E_{si} A_s} \right] - \frac{N_{tot} \psi_{si}}{E_{si} A_s} \right] 100, \quad (2)$$

$$e_{bi} = \left[\frac{Mi}{zi} \left[\frac{\psi_b}{(\varphi_f + \xi_i) b h_0 E_b v} \right] \right] 100, \quad (3)$$

Напряжения в арматуре σ_{si} и в бетоне σ_{bi} определены по известным формулам, которые более подробно показаны в работах Залесова [7] и Байкова [8]:

$$\sigma_{si} = (M_i - N_{tot} z_i) / A S z_i, \quad (4)$$

$$\sigma_{bi} = M_i / [(y_b + x_i) b h_0 z_i]. \quad (5)$$

После определения кривизны железобетонной сваи определяем перемещения, применяя интегралы Мора, которые решены перемножением эпюр — способом Верещагина. А из заданных изгибающих моментов M перейдем на силы P определяя ее из отношения изгибающего момента M к расчетной длине $ж/б$ сваи по формуле: $P=M/L_{св}$.

Так как, в расчетах учитываются нормативные статические свойства железобетона, то необходимо произвести переход полученных результатов на сейсмические (динамические) условия. Такой переход считается возможным, увеличивая величины перемещений на основании результатов исследования Абаканова Т. под руководством Айзенберга Я.М. [9].

Полученную таким путем зависимость «сила — перемещения» можно применить при численном решении дифференциального уравнения движения во 2-ой стадии работы системы «свая в трубе» (после выключения связей — металлических балок в 1-ой стадии работы системы) на сейсмические воздействия, заданные акселерограммами.

Ниже в табл.1 даны принятые исходные данные и расчеты прогибов от заданных односторонних статических нагрузок для железобетонной сваи квадратного сечения 60х60 см с расчетной длиной 8 м. Расчеты производились с помощью программы Microsoft Excel. Все формулы расчета запрограммированы и дают возможность ускорить расчеты без ручного счета.

Таблица 1.

Программа расчета нелинейных деформации ж/б сваи при переменных изг. моментах по нормам СНиП 2.03.01-84*

Исх. данные

Действующие усилия:		Изг. момент от ед. силы:		Расч. длина:		Нач. модуль упр. бет.:		Начальн. модуль упр. арм.:		Еб-йб, [т·см²].	
N, [т].	M0, [т·см].	Mпред, [т·см].	Med, [т·см].	L, [см].	Eб, [т·см ²].	Eс, [т·см ²].	2000	330480000			
160	2500	13305	800	800	306						
Класс бетона:		Норм. сопр. арм.:		Площ. арм.:		Размеры сечения:		Норм. сопр. бет.:		Коэфф. а	
B25	Rspн, [т·см ²].	es,lim, [%].	h, [см].	Rb,ser [т·см ²]	b, [см].	h, [см].	0.189	6.535	0.45		
	4	14	60	0.189	60	60					
a', [см].	Коэфф. β	Пред. отн. удлин. бет.:		Коэфф. арм.		h0, [см].		Rbt,ser [т·см²].		Коэфф γ	
5	1.8	εb,lim, [%].		(6Ø28A-III)		55		13.33		1.75	
		0.4		0.0112		0.0163					

Решение:

	$\xi_{\leq 1}$	φ_f	e_s, tot, j [см].	δ_i	λ	$z_i, [cm] \leq e_s, tot.$	$\psi_{s \leq 1}$	$\varphi_{m \leq 1}$	$e_{oi}, [cm].$	$r_i, [cm].$	$M_{ri}, [т·см].$	$e_s, tot, i / h_{o \geq 1,1}$	$M_{i, [т·см].}$	$1/r_i, [1/см].$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	0.6531195	0.016466	40.625	0.1895	0.015	37.35793905	0.1846644	1.141	15.625	10	900	1.1	2500	1.157E-06
B	0.4479		53.322531	0.2487		42.94221444	0.5827328	0.3541	28.125		2900	1.1	4500	2.266E-05
C	0.356579		66.367983	0.3096		45.40621023	0.7388601	0.23339	37.5		4400	1.2066906	6000	3.851E-05
D	0.3300949		72.116288	0.3364		46.11613027	0.7853422	0.21013	40.544		4887	1.31120523	6487	4.632E-05
E	0.3131825		76.49234	0.3568		46.56792941	0.8202983	0.19109	43.588		5374	1.39076981	6974	5.265E-05
F	0.2992035		80.616874	0.376		46.94028977	0.8496174	0.17521	46.631		5861	1.46576134	7461	5.883E-05
G	0.2868358		84.714491	0.3951		47.26880362	0.8750207	0.16177	49.675		6348	1.54026348	7948	6.512E-05
H	0.2756663		88.831797	0.4143		47.56464622	0.8973495	0.15024	52.719		6835	1.61512358	8435	7.157E-05
I	0.2654834		92.97794	0.4337		47.83357433	0.9171605	0.14025	55.763		7322	1.69050801	8922	7.821E-05
J	0.2561405		97.154031	0.4532		48.07959071	0.9348692	0.1315	58.806		7809	1.76643692	9409	8.265E-05
K	0.2483189		100.95597	0.4709		48.2849565	0.9501489	0.12378	61.85		8296	1.83556313	9896	9.004E-05
L	0.2401427		105.26134	0.491		48.49899687	0.9647211	0.11692	64.894		8783	1.91384252	10383	0.0001024
M	0.2311743		110.41693	0.515		48.73295621	0.9790821	0.11078	67.938		9270	2.00758062	10870	0.0001233
N	0.220783		117.03014	0.5459		49.00283668	0.9938408	0.10525	70.981		9757	2.12782073	11357	0.0001612
O	0.2076462		126.53083	0.5902		49.34191512	1	0.10024	74.025		10244	2.3005606	11844	0.0002371
P	0.1891769		142.52583	0.6648		49.81383914	1	0.09569	77.069		10731	2.59137868	12331	0.0004191
Q	0.1598774		176.63826	0.8239		50.54703164	1	0.09154	80.113		11218	3.21160472	12818	0.0010181
R	0.1575641		179.93263	0.8393		50.60387979	1	0.08773	83.156		11705	3.27150234	13305	0.0025965

Правая часть табл.1

	Esi+1, [Г/см ²].	esi, [%].	ebi, [%].	σsi, [Г/см ²].	obi, [Г/см ²].	Msi, [Г·см].	Mcr, [Г·см].	P, [Г].	fm, [см].	(2/3)Med.-L/2h	1/rконтр, [1/см].	fmконтр, [см].
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
A	2000	0.003496	0.057184	0	0.07874271	6500	1026.9	3.125	0.197531	170666.6667	7.56475E-06	1.2910514
B	2000	0.030498	0.094154	1.04672283	0.12964978	8531.605		5.625	3.867983		1.36166E-05	2.32389252
C	2000	0.07385	0.13796	1.9902529	0.18997132	10618.88		7.5	6.572538	Медв.-L	1.81554E-05	3.09852336
D	2000	0.095864	0.158881	2.44134221	0.21877962	11538.61		8.10875	7.90484	64000	1.9629E-05	3.350020173
E	2000	0.114126	0.175449	2.7825579	0.24159382	12238.77		8.7175	8.985624		2.11026E-05	3.601516985
F	2000	0.131972	0.191566	3.10661767	0.26378703	12898.7		9.32625	10.03949		2.25763E-05	3.853013798
G	2000	0.150079	0.208056	3.43030502	0.28649299	13554.32		9.935	11.11305		2.40499E-05	4.104510611
H	2000	0.168561	0.225101	3.75686642	0.30996345	14213.09		10.54375	12.21544		2.55233E-05	4.356007424
I	2000	0.187409	0.242744	4.08673299	0.33425792	14876.47		11.1525	13.34778		2.69971E-05	4.607504236
J	2134.363536	0.19359	0.260997	4.41977468	0.35939306	15544.64		11.76125	14.10597		2.84707E-05	4.859001049
K	2066.223964	0.21721	0.278035	4.72351597	0.38285369	16152.96		12.37	15.36759		2.99443E-05	5.110497862
L	1841.536562	0.265494	0.297808	5.06795893	0.41008189	16841.81		12.97875	17.47943		3.14179E-05	5.361994674
M	1506.626017	0.356179	0.322154	5.48094138	0.44360602	17666.71		13.5875	21.04889		3.28916E-05	5.613491487
N	1123.029572	0.531977	0.354441	6.01128854	0.48806529	18724.82		14.19625	27.50583		3.43652E-05	5.8649883
O	751.9116037	0.900902	0.40289	6.77398907	0.55477983	20244.93		14.805	40.45708		3.58388E-05	6.116485113
P	443.9993015	1.815136	0.489894	8.0591905	0.67458336	22804.13		15.41375	71.52576		3.73124E-05	6.367981925
Q	220.3691806	4.901668	0.697753	10.8017658	0.96080586	28262.12		16.0225	71.77638		3.8786E-05	6.619478738
R	81.60487267	13.56128	0.719405	11.0666659	0.99062095	28789.22		16.63125	173.0462		4.02596E-05	6.870975551

На рис.1-3 представлены следующие графики:

— рис.1 — зависимость «сила P (τ) — перемещения f (см)» с учетом трещин и с переменным модулем упругости арматуры, то есть с учетом упругопластической работы железобетонной сваи;

— рис.2 — зависимость «сила P (τ) — перемещения f (см)» в упругой стадии. Эта зависимость показана для сравнения с перемещениями при учете упругопластической работы железобетона (рис.1). Это сравнение показывает, что жесткость элементов в упругой стадии намного завышается.

— рис.3 — зависимость «сила P (τ) — относительная деформация сжатой зоны бетона ϵ_b (%)». Эта зависимость показывает, что предельной относительной деформации бетона ($\epsilon_{bi} = 0,4\%$) соответствует сила меньшая, чем предельной относительной деформации арматуры ($\epsilon_{si} = 14\%$). Это свидетельствует, о том, что раздробление (разрушение) бетона происходит раньше, чем разрыв арматуры (табл.1).

При исследовании зависимости «сила P — перемещения f » с учетом упругопластической работы железобетонной сваи были приняты следующие предположения:

— физическая нелинейность учтена как при оценке работы арматуры на растяжение, так и при оценке работы бетона на сжатие. Работа железобетона рассмотрена с учетом трещин согласно методике, принятой в нормах проектирования. Нелинейность работы арматуры на растяжение учтена с использованием секущего модуля упругости арматуры (на основании модели Прандтля) шаговым методом:

$$\text{при } \sigma_i \leq R_s \quad E_{i+1} = E = \text{const},$$

$$\text{при } \sigma_i > R_s \quad E_{i+1} = R \cdot \sigma_i / \epsilon_{si},$$

где i — номер шага заданных нагрузок, равного отношению изгибающего момента M к расчетной длине сваи $L_{св}$: $P = M/L_{св}$, σ_i — напряжения в растянутой арматуре при i -ом шаге, R_s — нормативное сопротивление арматуры.

Принятые формулы секущих модулей упругости с опережающим шагом является широко распространенным способом шагового метода и при малом шаге заданных нагрузок M является приемлемым способом учета нелинейности работы арматуры:

— предельная относительная деформация арматуры ϵ_{si} принята согласно ГОСТ 5781-82* и ГОСТ 12004-81 равной 14%. Предельная относительная деформация бетона ϵ_{bi} принята согласно работам [6, 7] как средняя из указанных величин: $(0,2+0,6)/2 = 0,4\%$ с условием усиления оголовка сваи спиральной поперечной арматурой — косвенным армированием.



Рис.1. Зависимость сила P (по ординате) ~ перемещения f (по абсциссе) с учетом упругопластической работы ж/б сваи. (Значения силы приняты из столбца №22 табл.1, значения перемещений из столбца №23 табл.1).



Рис.2. Зависимость сила P (по ординате) ~ перемещения f (по абсциссе) в упругой стадии. (Значения силы приняты из столбца №22 табл.1, значения перемещений из столбца №26 табл.1).



Рис.3. Зависимость сила P (по ординате) ~ относительная деформация сжатой зоны бетона ϵ_b (по абсциссе). (Значения силы приняты из столбца №22 табл.1, значения относительной деформации бетона из столбца №17 табл.1).

— учтена формула (160) норм по определению кризисы железобетонной сваи с учетом трещин. Эта формула модифицирована авторами для исследования работы железобетонной сваи вплоть до разрушения. Работа сжатой зоны бетона в нормах учтена принятием прямоугольной эпюры, что учитывает ее физически-нелинейную работу.

— при расчетах учтен эффект « $P \sim f$ » — дополнительный продольный изгиб силой P_{i+1} на перемещениях f_i .

Сравнивая прогибы при упругой стадии с прогибами при учете упругопластической работы, видим существенное снижение жесткости свай в неупругой области деформирования.

Выводы:

Разработанная методика расчета зависимости «сейсмическая горизонтальная сила P — горизонтальное перемещение f » с учетом упругопластической работы железобетона позволяет исследовать жесткость железобетонных свай, варьируя их геометрические характеристики, площади арматуры и вертикальные нагрузки. В расчетах учитывается эффект геометрической нелинейности « $P \sim f$ ».

Результаты данного исследования показывают, что предельной относительной деформации бетона ($\epsilon_{bi} = 0,4\%$) соответствует сила, меньшая, чем сила, отвечающая предельной относительной деформации арматуры ($\epsilon_{si} = 14\%$). Это свидетельствует, о том, что раздробление (разрушение) бетона происходит раньше, чем разрыв арматуры.

Максимальные перемещения верха сваи в трубе можно определять вплоть до стадии разрушения. Это позволяет назначать определенный деформационный зазор между сваей и трубой.

Полученные зависимости «сила — перемещение» можно применять при численном решении дифференциального уравнения движения и исследовании работы системы «свая в трубе» на сейсмические воздействия, заданные акселерограммами.

Литература

1. Айзенберг Я. М. Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов. — М.: Стройиздат. 1976. 246 с.
2. Айзенберг Я. М. Системы сейсмоизоляции «свая в трубе» с неупругими выключающимися связями. // Архитектура и строительство Узбекистана. 1988. № 11. С.29-31.
3. Айзенберг Я. М., Денисов Б. Е., Дорофеев В. М., Назаров Ю. П., Смирнов В. И., Складнев Н. Н. Землетрясение в Лома-Приета, Калифорния, 17 октября 1989 г. // Строительная механика и расчет сооружений. 1990. № 1. С.15-21.
4. Ильичев В. А., Монголов Ю. В., Шаевич В. М. Свайные фундаменты в сейсмических районах. — М.: Стройиздат. 1983. 143 с.
5. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты.
6. Голышев А. Б., Бачинский В. Я., Полищук В. П., Харченко А. В., Руденко И. В. Проектирование железобетонных конструкций. Справочное пособие. — Киев.: Будивельник. 1990. 543 с.
7. Залесов А. С., Кодыш Э. Н., Лемыш Л. Л., Никитин И. К.. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям. — М.: Стройиздат. 1988. 320 с.
8. Байков В. Н., Сигалов Э. Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. — М.: Стройиздат. 1985. 727 с.
9. Айзенберг Я. М. и др. Сейсмоизоляция и адаптивные системы сейсмозащиты. — М.: Наука. 1983. 141 с.

Материалы хранятся в ЦИСС ЦНИИСК им.В.А. Кучеренко по адресу: 109428, Москва, ул.2-я Институтская, д.6, корп.37. Тел/факс: (499) 174-70-64. E-mail: eisenberg@raee.su, serd-78@mail.ru.

Котляревский В.А., Ларионов В.И., Суцев С.П.
ЭНЦИКЛОПЕДИЯ БЕЗОПАСНОСТИ: СТРОИТЕЛЬСТВО, ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ.
Т.3: Сейсмостойкость и теплозащита сооружений

Издательство: АСВ (Ассоциация строительных вузов). 2010. 640 с.
 ISBN: 978-5-93093-588-2
 Формат: 60x90/16
 Переплет: Твердый

Приведены основные понятия сейсмологии, параметры разрушительных землетрясений и рекомендовано оснащение методов статистического моделирования сейсмической информацией. Рассмотрены методы мониторинга сейсмической активности и объектов, прогнозирования и реагирования на последствия землетрясений. Приведены методы оценки сейсмостойкости инженерных сооружений, магистральных трубопроводов и зонирования территорий по уровню сейсмического риска, а также по затоплению при разрушении гидротехнических сооружений.

Приведены методы динамического расчета наземных, подземных, гидротехнических сооружений, резервуаров и специальных подвесных энергетических систем на сейсмические воздействия землетрясений и сейсмозрывных волн, в частности — инфильтрующих в подземные сооружения через неплотности. Методы расчетной оценки теплозащиты сооружений от пожарных нагрузок и теплового удара вследствие дефлаграционных и детонационных взрывных процессов при аварийных выбросах топлив рассмотрены на основе задач численного решения уравнения теплопроводности для многослойных преград. Приведена информация по комплексу программ задач гражданской обороны и защиты населения в чрезвычайных ситуациях. В составе комплекса программы, реализующие математическое моделирование с оценкой последствий природных катастроф и техногенных аварий.

Для студентов вузов, слушателей военных академий и университетов, работников штабов гражданской обороны, страховых организаций, инженерно-технического персонала и научных сотрудников проектных и научно-исследовательских организаций.

http://www.infra-e.ru/books/Pojarnaya_bezopasnost/P592.html

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

