

КОНЦЕПЦИЯ НОВЫХ НОРМ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Уздин Александр Михайлович

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ НОВЫХ НОРМ

- Унификация терминологии
- Использованию новой шкалы балльности
- Гибкое назначение расчетных ускорений в зависимости от сейсмической опасности и ответственности сооружений.
Использование энергетических характеристик воздействия
- Установление ответственности сооружения в зависимости от сейсмического риска (ожидаемого ущерба)
- Дополнение норм разделами по учету демпфирования, взаимодействия сооружения с основанием и расчету протяженных сооружений
- Унификация норм
- Деление юридической ответственности субъектов за принимаемые технические решения



УНИФИКАЦИЯ ТЕРМИНОЛОГИИ

Для строительных норм базовыми являются термины и понятия проектного землетрясения (ПЗ), максимального расчетного землетрясения (МРЗ), расчетного землетрясения (РЗ) и контрольного землетрясения (КЗ). Целесообразно также использовать понятие умеренного землетрясения (УЗ)

ПЗ, МРЗ и УЗ связаны с понятием предельного состояния.

После ПЗ сооружение работает в штатном режиме.

После МРЗ обеспечивается работоспособность основных несущих конструкций, т.е. исключается их прогрессирующее обрушение или малоцикловая усталость. Для сооружений со сложным оборудованием, например АЭС, необходимо безаварийное выключение реактора, для железных дорог необходима безаварийная остановка поездов и т.п.

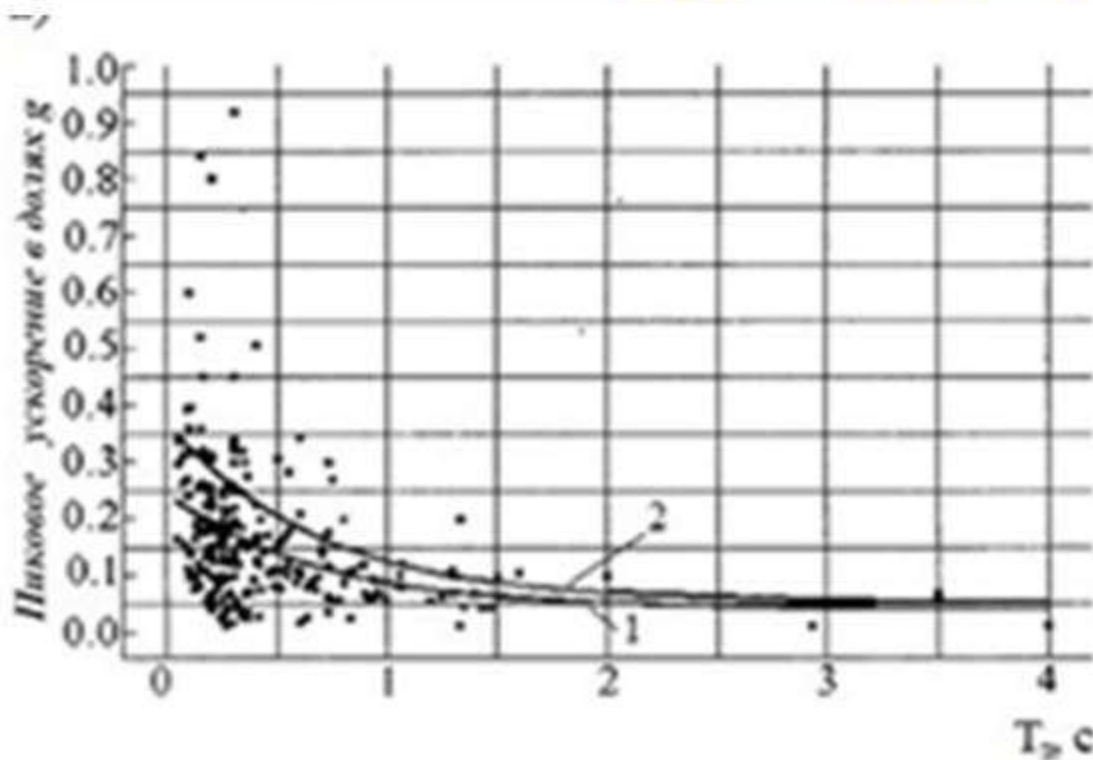
После УЗ ограничивается величина возможного ущерба вследствие накопления повреждений в элементах сооружения.

РЗ - землетрясение, на которое допускается проводить расчеты, если не производится расчет на ПЗ и МРЗ. КЗ – уточненное РЗ используемое для расчета ответственных сооружений. В действующем СП РЗ и КЗ близки по смыслу к МРЗ.

Повторяемость ПЗ и МРЗ задается для каждого вида сооружений. Так для АЭС ПЗ имеет повторяемость 10^{-5} , а для скворечника – 10^{-1} . Эта величина должна прописываться в соответствующих разделах норм.

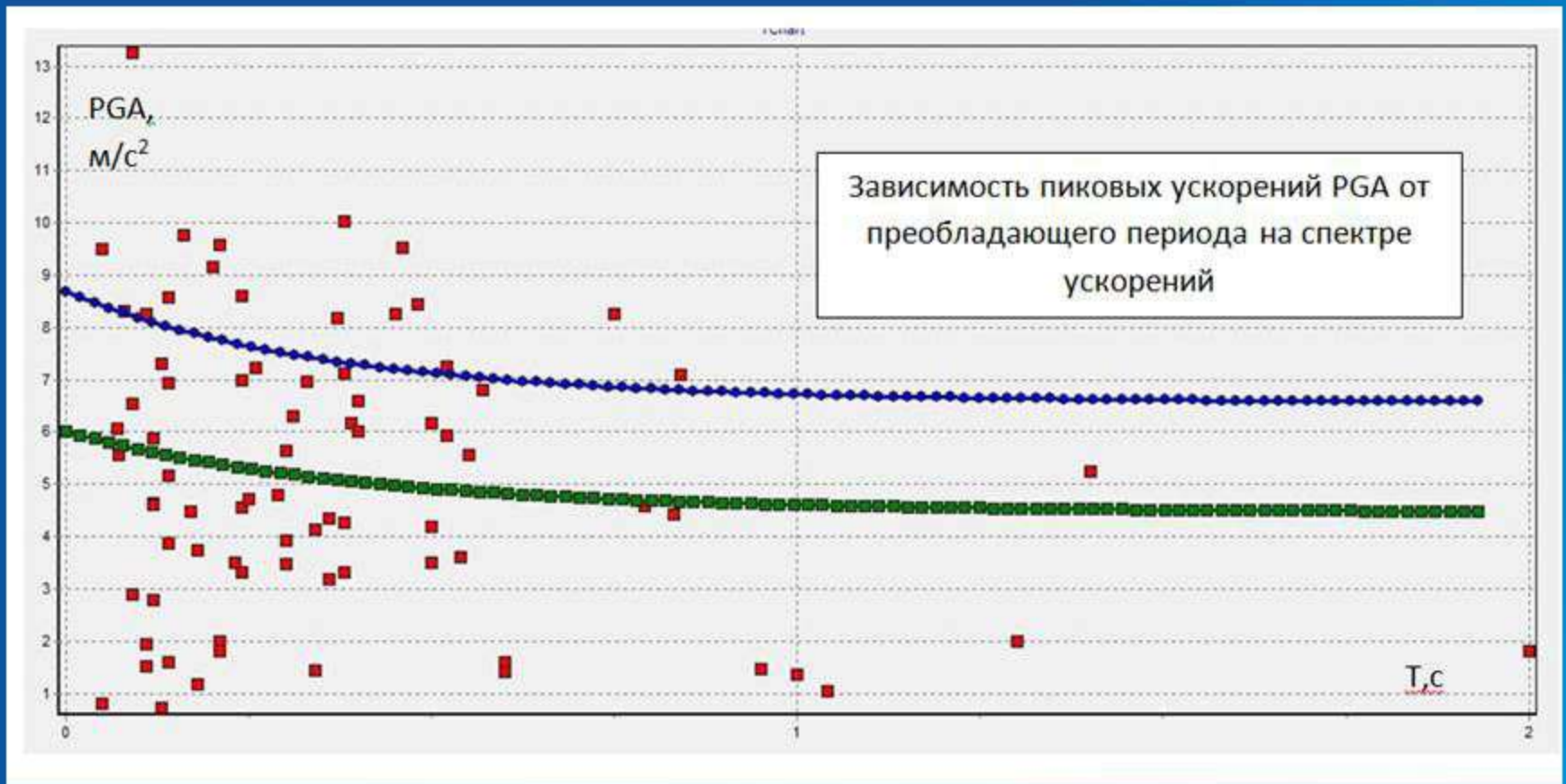
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НОВОЙ ШКАЛЫ БАЛЛЬНОСТИ

Сила землетрясения и расчетные ускорения											
Сила землетрясения, баллы		5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5
PGA, м/с ²	Шкала балльности	0.175	0.28	0.44	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11
	СП	0.25		0.5		1		2		4	



Можно задать пиковое ускорение с некоторой корректировкой расчетной формулы норм для сейсмических нагрузок. В частности, следует варьировать пиковое ускорение в зависимости от преобладающего периода сейсмического воздействия. Такой подход уже используется в ряде нормативных рекомендаций. При этом в рамках одного балла ускорения могут быть разными. Это, в частности, исключит дискуссию о применении дробных баллов

ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НОВОЙ ШКАЛЫ БАЛЛЬНОСТИ



ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НОВОЙ ШКАЛЫ БАЛЛЬНОСТИ

PGA определяют только расчет на ПЗ. А в этой части преимущество шкал сохраняется

Расчет на МРЗ определяется энергетическими характеристиками воздействия I_A , CAV, SED, PFW

- Интенсивность по Ариасу

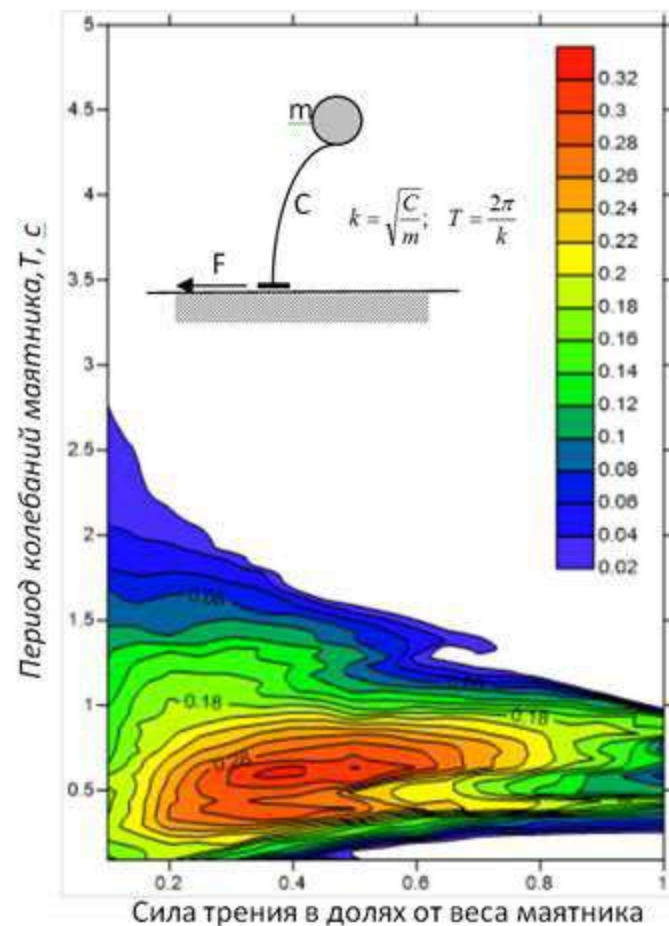
$$I_A = \frac{\pi}{2g} \cdot \int_0^{T_{ez}} (\ddot{y}_0(t))^2 dt$$

- Абсолютная кумулятивная скорость

$$CAV = \int_0^{T_{ez}} |\ddot{y}_0(t)| dt$$

- Плотность сейсмической энергии

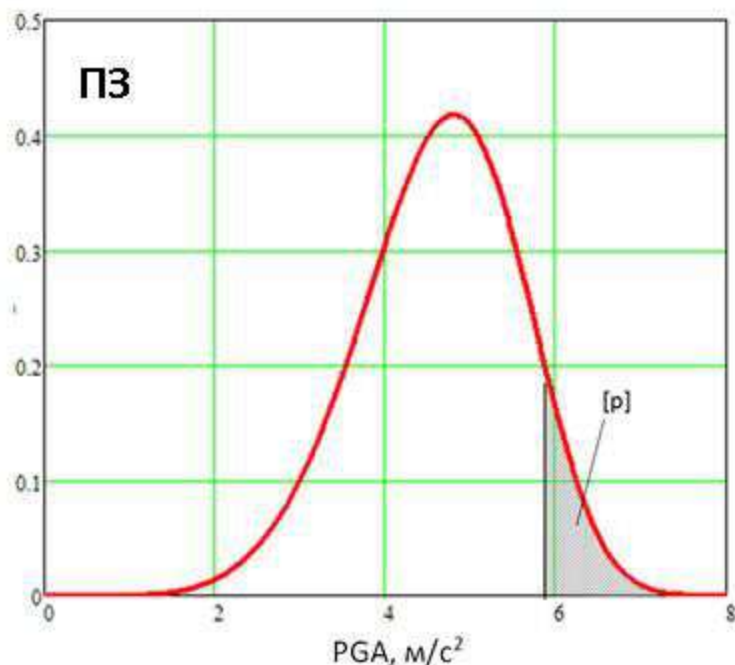
$$SED = \int_0^{T_{ez}} (\dot{y}_0(t))^2 dt$$



- Гибкое назначение расчетных ускорений в зависимости от сейсмической опасности и ответственности сооружений.
- Использование энергетических характеристик воздействия

Пиковые ускорения (PGA) характеризуют только ПЗ.

МРЗ следует характеризовать энергетическими характеристиками



МРЗ

$$m\ddot{y} + Q(y, \dot{y}) + Cy = -m\ddot{y}_0$$

$$m \int_0^T \ddot{y} \dot{y} dt + \int_0^T Q(y, \dot{y}) dt + C \int_0^T y \dot{y} dt = -m \int_0^T \ddot{y}_0 \dot{y} dt$$

Энергоемкость
сооружения

Энергетические
возможности
землетрясения

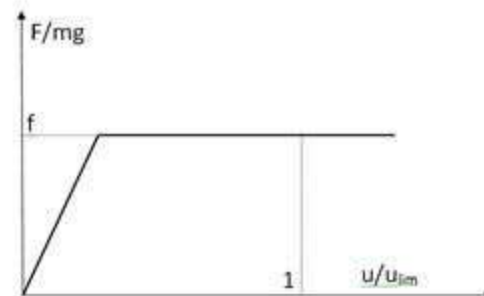
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДЕЙСТВИЯ

Спектры работы сил пластического деформирования

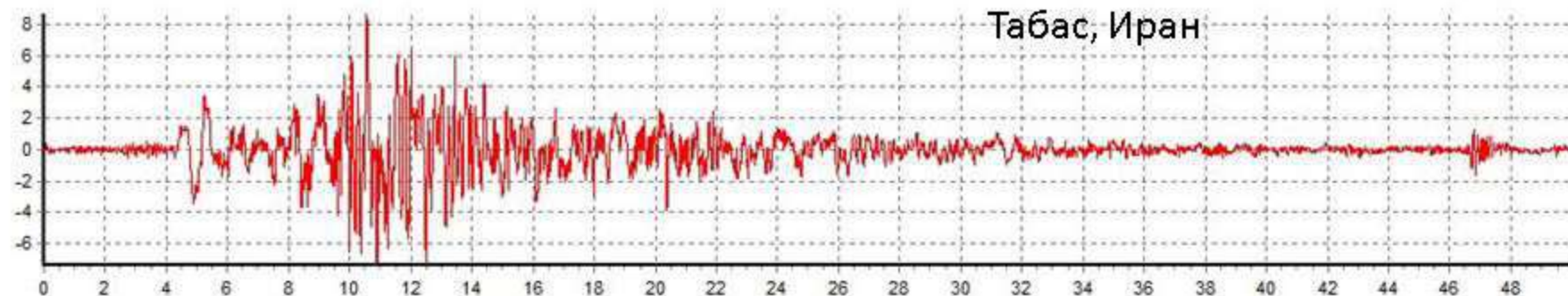
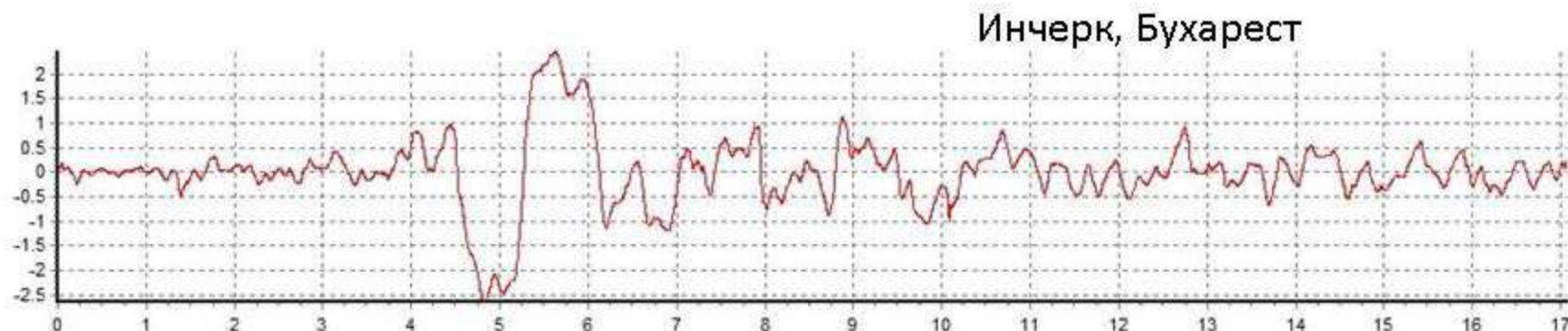
- | | |
|---|---|
| 1. Коэффициент затухания 0.05 (γ_1)
максимальное значение работы сил 0.0456113 при периоде 0.85 | 2. Коэффициент затухания 0.10 (γ_2)
максимальное значение работы сил 0.0369596 при периоде 0.85 |
| 3. Коэффициент затухания 0.15 (γ_3)
максимальное значение работы сил 0.0304419 при периоде 0.50 | 4. Коэффициент затухания 0.20 (γ_4)
максимальное значение работы сил 0.0265074 при периоде 0.50 |



Сооружение характеризуется энергоемкостью (работой монотонного разрушения) и начальным периодом

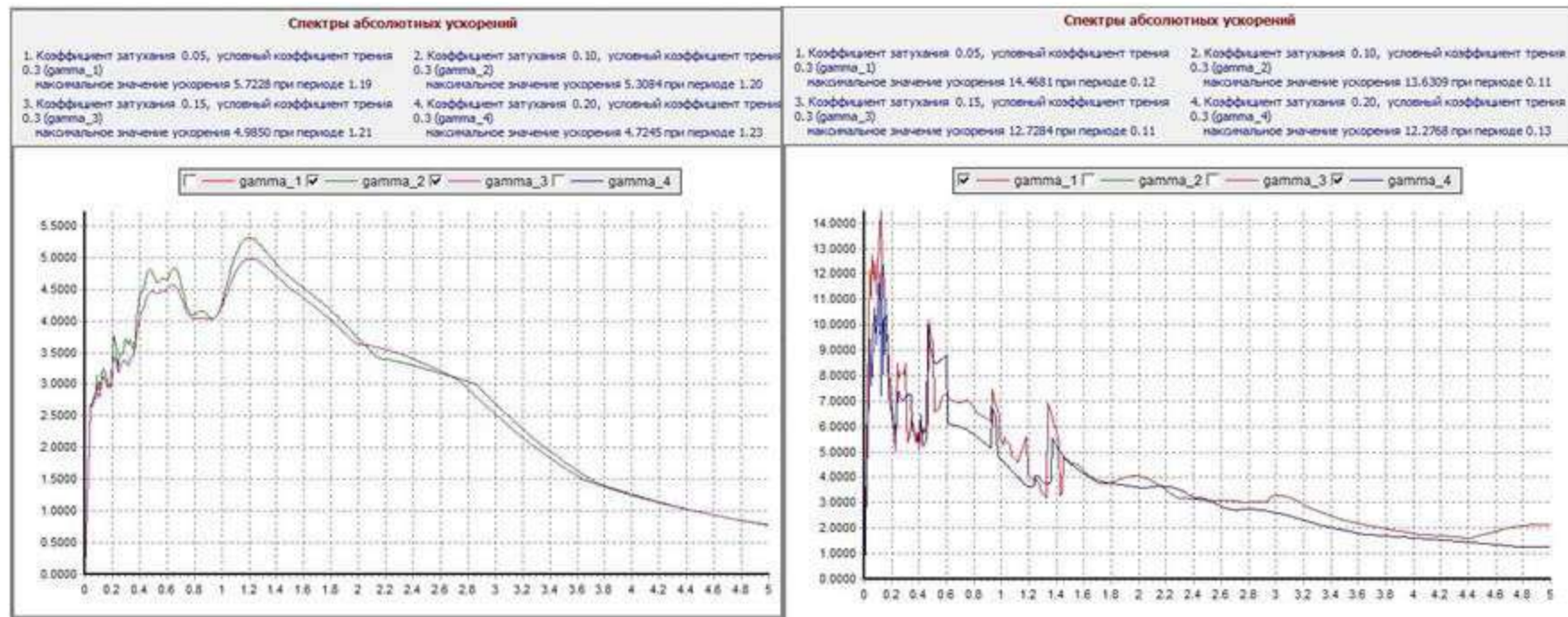


ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДЕЙСТВИЯ



PGA отличаются более, чем в 3 раза

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДЕЙСТВИЯ



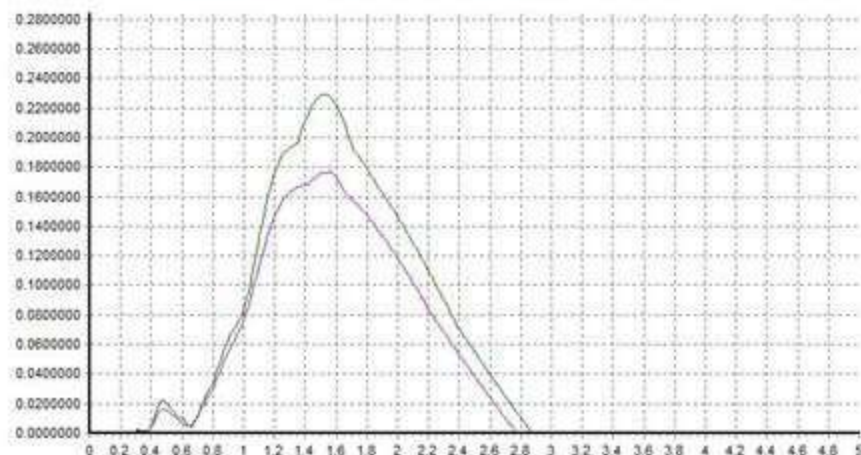
Спектры ускорений отличаются почти в 3 раза

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДЕЙСТВИЯ

Спектры работы сил пластического деформирования

- | | |
|--|--|
| 1. Коэффициент затухания 0.05, условный коэффициент трения 0.3 (gamma_1)
накопительное значение работы сил 0.2840157 при периоде 1.52 | 2. Коэффициент затухания 0.10, условный коэффициент трения 0.3 (gamma_2)
накопительное значение работы сил 0.2291751 при периоде 1.53 |
| 3. Коэффициент затухания 0.15, условный коэффициент трения 0.3 (gamma_3)
накопительное значение работы сил 0.1773770 при периоде 1.56 | 4. Коэффициент затухания 0.20, условный коэффициент трения 0.3 (gamma_4)
накопительное значение работы сил 0.1427833 при периоде 1.45 |

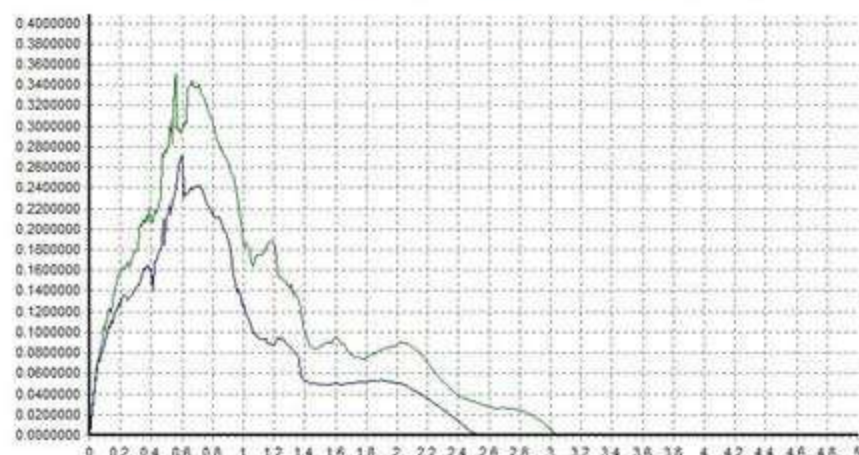
gamma_1 gamma_2 gamma_3 gamma_4



Спектры работы сил пластического деформирования

- | | |
|--|--|
| 1. Коэффициент затухания 0.05, условный коэффициент трения 0.3 (gamma_1)
накопительное значение работы сил 0.4081222 при периоде 0.66 | 2. Коэффициент затухания 0.10, условный коэффициент трения 0.3 (gamma_2)
накопительное значение работы сил 0.3507908 при периоде 0.56 |
| 3. Коэффициент затухания 0.15, условный коэффициент трения 0.3 (gamma_3)
накопительное значение работы сил 0.2989946 при периоде 0.58 | 4. Коэффициент затухания 0.20, условный коэффициент трения 0.3 (gamma_4)
накопительное значение работы сил 0.2708953 при периоде 0.60 |

gamma_1 gamma_2 gamma_3 gamma_4



Спектры работы сил пластического деформирования отличаются на 30%

• УСТАНОВЛЕНИЕ ОТВЕТСТВЕННОСТИ СООРУЖЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА (ОЖИДАЕМОГО УЩЕРБА)

При обсуждении норм много вопросов возникало о назначении степени ответственности сооружения. Например, в нормах ответственность моста связывают с его длиной, причем в разных нормативных документах по-разному. По нашему мнению существует универсальная мера ответственности сооружения. Эта мера - сейсмический риск (математическое ожидание ущерба). В настоящее время методика оценки сейсмического риска достаточно проработана. За рубежом правительственные организации и страховые компании имеют базы данных и программные комплексы для оценки риска. В СССР методические указания по расчету сейсмического риска выпущены под руководством лауреата Нобелевской премии, академика Л.В.Канторовича еще в 1960 г.

Степень ответственности в зависимости от величины риска и его дисперсии будет более дифференцированной. Например, для оценки степени ответственности моста нужно использовать не только величину пролета, но и высоту опор и интенсивность движения и стоимость строительства; для высотных зданий объекты высотой 75 м и 175 м будут иметь разные показатели ответственности.

• ДОПОЛНЕНИЕ НОРМ РАЗДЕЛАМИ ПО УЧЕТУ ДЕМПФИРОВАНИЯ, ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СООРУЖЕНИЯ С ОСНОВАНИЕМ И РАСЧЕТУ ПРОТЯЖЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Учет демпфирования достаточно полно проработан специалистами. Большинство современных программных средств (ANSYS, MIDAS, ABAQUS, Microfe и др.) позволяют задать демпфирование в элементах и выдают модальное демпфирование (по формам колебаний). В соответствии с ним к сейсмическим силам вводятся поправки к сейсмическим нагрузкам.

$$K_{\Psi_j} = \sqrt{\frac{\gamma_{et}}{\gamma_j}}$$

$$K_{\Psi_j} = \left(\frac{\gamma_{et}}{\gamma_j} \right)^\mu$$

Учет взаимодействия сооружения с основанием так же детально проработан, прежде всего, применительно к расчету АЭС. По вопросу имеется обширная литература.

Не вызывает принципиальных вопросов и **учет протяженности сооружений**. При использовании традиционного линейно-спектрального метода (ЛСМ) строится столько матриц сейсмических усилий, сколько опор в сооружении. Далее ведется их суммирование с учетом корреляции форм колебаний и возмущений под опорами.

•УНИФИКАЦИЯ НОРМ

Нормы должны распространяться на все сооружения. При этом для отдельных типов сооружений должны быть описаны общие принципы проектирования. Например, повторяемость ПЗ и МРЗ. Требования к сочетаниям нагрузок и т.п. Детали расчета приводятся в пособиях к нормам. Сразу видятся пособия по транспортным сооружениям, гидротехническим сооружениям, эксплуатируемым сооружениям, трубопроводам, подземным сооружениям, резервуарам, высотным сооружениям. В том числе должны быть пособия по проектированию и расчету зданий и сооружений со специальными системами сейсмозащиты (сейсмоизоляция, демпфирующие устройства, динамические гасители колебаний, и др.). Все эти пособия должны соответствовать главному документу, расширяя и дополняя его. В общей части можно оставить особенности расчета зданий массовой постройки и требования к конструктивным решениям, которые традиционно входили во все действующие до настоящего времени СНиПы и СП.

•ДЕЛЕНИЕ ЮРИДИЧЕСКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ СУБЪЕКТОВ ЗА ПРИНИМАЕМЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Кто отвечает за все наши безобразия, и кого будут сажать, когда что-нибудь упадет

Если нормы отработаны, то их соблюдение должно обеспечивать качественное проектирование. Тогда экспертиза должна следить за соблюдением нормативных требований. За несоблюдение норм ГИП (или его подрядчик) может быть привлечен к дисциплинарной, имущественной, административной или уголовной ответственности, что регламентировано в статье 58 Градостроительного Кодекса РФ. При этом уголовную ответственность несет физическое лицо, подписавшее принятые технические решения. В частности, за уточнение балльности и расчетные акселерограммы ответственность несет организация, проводившая микросейсморайонирование.

Однако неверное решение может быть принято и при соблюдении норм проектирования в силу ограниченности информации о воздействии. Если ошибки можно было избежать, то принявшие решение или представившие неточную информацию **тоже должны нести уголовную и финансовую ответственность**. Такие примеры имеются в мировой практике сейсмостойкого строительства. **Шесть итальянских ученых и бывший правительственный чиновник предстали перед судом по обвинению в гибели людей в результате разрушительного землетрясения в 2009 году в Аквиле. Все подсудимые в 2007 г. входили в созданную правительством группу по оценке рисков возможных подземных толчков. Прокуратура считает, что именно они дали неверное заключение об опасности**

•ДЕЛЕНИЕ ЮРИДИЧЕСКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ СУБЪЕКТОВ ЗА ПРИНИМАЕМЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Кто отвечает за все наши безобразия, и кого будут сажать, когда что-нибудь упадет

Наконец, проект может полностью соответствовать нормам, но нормы содержат ошибки или неточности. В настоящее время нормативная база представляет юристам большое поле для творчества. Наши нормативные документы обезличены. Есть руководитель подготовки норм и эксперт, дающий заключение. Но нет лица, подписавшего и, тем самым, отвечающего за отдельные пункты или разделы норм, ошибка в которых приводит к аварии.

Выписка из СП

где K_1 – коэффициент, учитывающий влияние на сейсмическую нагрузку снижения жесткости сооружения и увеличение рассеяния энергии колебаний из-за появления трещин и пластических деформаций в конструкциях моста, значения которого следует принимать равным 0,25; 0,37; 0,50 для мостов уровней ответственности 1а, 1б, 2 соответственно;

Должно быть 0,5; 0,37; 0,25

Как быть проектировщику: соблюдать или нарушать СП?

•ДЕЛЕНИЕ ЮРИДИЧЕСКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ СУБЪЕКТОВ ЗА ПРИНИМАЕМЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Кто отвечает за все наши безобразия, и кого будут сажать, когда что-нибудь упадет

По-видимому, настало время прописать юридическую ответственность авторов норм.

Кроме того, представляется не совсем правильно возлагать всю ответственность на субподрядчика. Мне представляется логичным в договорах подряда прописывать разделение ответственности между ГИПом и подрядчиком. Не всякий подрядчик может нести необходимую ответственность. В свое время в СП фигурировала запись о привлечении к решению сложных задач компетентных организаций. Можно было бы вернуться к такой записи, указав, что компетентная организация – это организация, способная нести юридическую и экономическую ответственность за принятые решения в рамках заключенного договора. Естественно, что в такой организации должны быть специалисты, которые будут вести непосредственные работы и нести за ошибки уголовную ответственность.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!