

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

### НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ НОРМ СЕЙСМОСТОЙКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Гусев А.А., д-р физ.-мат. наук (Институт вулканической геологии и геохимии (ИВГиГ) ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский)*

Задача настоящей статьи - указать на наличие существенных расхождений между свойствами сейсмических колебаний грунта, заложенными в российские строительные нормы СНИП-II-7-81\* (редакция 2000 г. или «пятая»), и сейсмологической реальностью, а также сформулировать предложения по исправлению сложившегося положения. Поясним, что последние сорок лет были годами лавинного роста числа зарегистрированных в мире сильных движений грунта. Быстрый рост объема наблюдений и развитие методов интерпретации вызывали и продолжают вызывать непрерывный пересмотр и уточнение самих сейсмологических представлений. Соответствующая модификация строительных норм - очевидная и насущная проблема. Данная статья опирается на достаточно уверенно установленные факты, в основном известные до 1990 г.

*Рассмотрим следующие конкретные вопросы:*

1. Является ли использование макросейсмической интенсивности в баллах адекватной основой для картирования и нормирования сейсмических нагрузок?
2. Приемлема ли принятая конкретная связь балла с амплитудой колебаний грунта?
3. Должна ли на карте общего сейсмического районирования (ОСР) отражаться расчетная нагрузка для среднего грунта (как принято сейчас), или картируемая нагрузка должна относиться к скальному грунту?
4. Приемлемо ли описание эффекта грунтовой толщи в терминах «приращения балльности» (то есть, в частотно-независимом виде)?
5. Целесообразно ли использование округленных до ближайшего целого значений расчетной балльности на карте ОСР, и приращения балльности?
6. Корректно ли введенное в редакции норм 2000 г. снижение (относительно норм 1981г.) нагрузок для сооружений на грунтах категории III.

Настоящая статья является сильно сокращенным и переработанным вариантом недавно опубликованной статьи автора [1]. Заинтересованного читателя просят обращаться к этому тексту за детальным обоснованием высказываемых утверждений и литературными ссылками.

*Хорош ли балл как средство нормирования сейсмических нагрузок?*

При создании шкал макросейсмической интенсивности в баллах изначально вовсе не имелось в виду их применение в целях нормирования сейсмических нагрузок. Позже, по мере накопления записей сильных движений были получены первые оценки взаимосвязей между баллом и параметрами колебаний. И хотя эти связи оказались не очень тесными, на их основе в ряде стран, включая СССР, были приняты двухступенчатые схемы нормирования нагрузок. А именно, карта ОСР составлялась в терминах нормативной расчетной интенсивности (расчетная балльность, или, в терминах СНиП, «сейсмичность»), а по снятому с карты баллу  $I_{p0}$  рассчитывали затем входной для инженерного расчета амплитудный параметр колебаний. Далее обозначаем наблюдаемую балльность  $I$ , расчетную балльность на эталонном для карты ОСР (конкретно, среднем) грунте как  $I_{p0}$ , и расчетную балльность на грунте площадки  $I_p = I_{p0} + \Delta I$ , где  $\Delta I$  - приращение балльности за грунт.

Эта схема имела вынужденный характер в условиях, когда и каталоги исторических землетрясений, и свойства индивидуальных очагов выражались на языке баллов. По мере роста изученности амплитуд и спектров, такие страны, как США, Япония, Италия, Греция, Мексика, а в последние годы и Китай, сразу или постепенно перешли к картам ОСР непосредственно в терминах амплитудных параметров (спектров реакции  $RA$  или максимальных ускорений). Встает вопрос, не целесообразно ли последовать этой тенденции? Или же картирование в терминах балла имеет определенные преимущества?

В чем, собственно, заключается проблема? Применительно к поведению зданий и сооружений, наблюдаемая макросейсмическая интенсивность  $I$  (в интервале значений балла 6-11) - это интегральный параметр; он отражает в первую очередь накопленные за время землетрясения повреждения застройки. Понятно, что его связь с максимальной амплитудой и даже со спектром реакции в принципе не является жесткой, и при прогнозе амплитуд по значениям  $I$  неизбежны большие ошибки. При заданном значении  $I$ , особенно велик разброс для наблюдаемых максимальных ускорений  $a_{\max}$ : стандартное отклонение - порядка 0,4 ед. десятичного логарифма, то есть в 2,5 раза вверх или вниз от среднего (точнее, медианного или среднего геометрического) значения.

Есть ряд подходов к снижению ошибки прогноза  $a_{\max}$  по  $I$ . Неясно, однако, нужно ли вообще стремиться улучшить такой прогноз. Дело в том, что в принципе неверно отождествлять сейсмологический параметр  $a_{\max}$  с расчетным значением максимального ускорения, обозначаемым, в терминах СНиП, как  $A_g$  ( $g=9,81\text{ м/с}^2$ ). Соотношение фактического значения  $a_{\max}$  для конкретного движения грунта с величиной  $A_g$ , которую следовало бы заложить в соответствующий расчет, нетривиально. Во-первых, сооружение не идеально хрупко и большой одиночный выброс ускорения обычно не ведет к разрушению. Во-вторых, считается, что очень короткий выброс (с длительностью менее 0,1 с) не слишком важен - важно, какое значение  $a_{\max}$  будет в «инженерном диапазоне периодов» 0,1-3 с. В третьих, помимо значения  $a_{\max}$ , на степень повреждений сильно влияет длительность колебаний. В силу этих факторов, инженеры нередко говорят, что предпочли бы иметь в своем распоряжении не истинное, наблюдаемое «сейсмологическое» максимальное ускорение, а некое «эффективное» максимальное ускорение; однако единства в определении такого параметра пока нет. В идеале, это эффективное значение и следовало бы использовать в расчете спектральным методом в качестве входного, расчетного значения максимального ускорения  $A_g$ .

В подобной ситуации вполне логично связать значение  $A_g$  (единственный параметр инженерного расчета, прямо отражающий масштаб нагрузки) непосредственно со значением интенсивности  $I_p$ , отражающей, в первую очередь, масштаб повреждения гипотетических зданий с определенной уязвимостью. Мы приходим, таким образом, к идее использования прямой связи расчетной балльности  $I_{p0}$  (на карте ОСР) с расчетным ускорением  $A_g$ . По существу это - удобный обходной способ получить «эффективное ускорение», не изучая реальных значений  $a_{\max}$ , и заодно во многом обходя перечисленные трудные проблемы связи  $I$  с  $a_{\max}$  и  $a_{\max}$  с  $A_g$ . Наиболее логичным и простым по форме было бы прямое отображение параметра  $A$  на карте ОСР. Но допустимо, отдавая дань традиции, продолжать использовать комбинацию из (1) карты ОСР, на которой представлена расчетная интенсивность  $I_{p0}$  в баллах, и (2) функциональной связи между  $I_{p0}$  и параметром  $A$ . Но при этом следует явно и четко специфицировать  $A_g$  как эффективное значение максимального ускорения. Для связи с сейсмологической реальностью в обоих

случаях следует потребовать, чтобы в среднем (или для типичных ситуаций, условно, при  $M=6,5-7,5$ , и расстоянии  $r=15-50$  км), значения  $a_{\max}$  и  $A_g$  были достаточно близки. Это важное требование обсуждается в следующем разделе

**К выбору конкретного варианта связи расчетного ускорения  $A$  с расчетным баллом  $I_p$**

К обсужденному выше вопросу о том, не устарел ли балл как инструмент нормирования, примыкает не менее важный вопрос о том, пригоден ли принятый в действующих нормах конкретный вариант связи  $A(I_p)$ . Чтобы исключить систематические ошибки в расчетных нагрузках, принятая в нормах связь  $A(I_p)$  должна, как отмечено выше, соответствовать типичной, средней зависимости между наблюдаемыми значениями  $a_{\max}$  и  $I$ . Реалистична ли принятая в СНиП II-7-81\* нормативная зависимость  $A = 0,1 \cdot 2^{I_p - 7}$ ? Фактически в течение всех последних десятилетий, по мере роста количества зарегистрированных акселерограмм, быстро росло значение наблюдаемого среднего  $a_{\max}$  (а также максимальной скорости  $v_{\max}$ ), соответствующего некоторому определенному баллу. Так, для  $I=9$  баллов, рост составляет от 0,25-0,35 g в 1940-50гг до 0,5-0,7 g в 1990-2000 гг. для  $a_{\max}$  (от 20-25 м/с в 50гг до 70-90 м/с в 1990-2000 гг. для  $v_{\max}$ ). При этом, по причинам, связанным с нелинейностью поведения грунта, рост оценочного  $v_{\max}$  является определяющим. Принятое в СНиП II-7-81\* для 9 баллов значение  $A=0,4$  явно занижено относительно реальности (более чем в два раза, если опираться на оценки, полученные в США по массовым данным о последних землетрясениях). Корректное значение  $a_{\max}$  и  $A$  для  $I=9$ , по-видимому, близко к 0,65-0,75 g.

**К какому грунту следует относить балл на карте ОСР**

Традиционно, данные карты ОСР относят к «среднему» грунту (категория II по СНиП). Целесообразность такой практики, становится, однако, сомнительной, если осознать, что при высоких баллах влияние грунтовых условий на степень повреждения сооружений формируется качественно иначе, чем при низких баллах. Вообразим участок поверхности Земли, на котором имеются площадки с грунтами всех трех категорий, и допустим, что этот участок подвергается действию землетрясений различной силы. При переходе от грунтов категории I к категории III макросейсмические эффекты (в первую очередь повреждения зданий), и тем самым наблюдаемый балл, будут нарастать в согласии с номером категории. Однако механизм такого возрастания при низких и высоких баллах различен. При низких баллах с ростом номера категории грунта падает акустическая жесткость  $\rho V$ , верхнего слоя грунтовой толщи, отчего растут амплитуды колебаний грунта и с ними повреждения. При высоких же баллах ( $I=8-9$  и более на скальном грунте) нескальный грунт начинает разрушаться сейсмической волной, возникают пластическое поведение и псевдооживление грунта, трещины, и т. п., и в результате начинают действовать принципиально иные закономерности. С одной стороны, разрушающийся грунт теряет несущую способность: он не может более служить опорой для зданий и сооружений.

С другой стороны, по низкопрочному грунту не может распространяться высокоамплитудная волна, так что чем слабее грунт, тем *ниже* предельно высокая амплитуда волн, которая может наблюдаться на его поверхности. Таким образом, при высоких баллах, с одной стороны, амплитуда волны на его поверхности не только не нарастает, а, напротив, падает с ростом номера категории грунта, в радикальном отличии от поведения при низких баллах. С другой стороны, разрушительный эффект землетрясения продолжает нарастать с ростом номера категории грунта. Однако этот рост связан не с ростом амплитуды сейсмической волны, а с нарастанием эффектов деградации несущей способности грунта. Если при малых амплитудах типичным является механизм разрушения от боковой силы, то при больших амплитудах повреждение зданий и сооружений над землей связано в первую очередь с неравномерной осадкой основания. Сваи, фундаменты, трубопроводы и пр. разрушаются в этом случае непосредственно, неравномерно увлекаемые неупруго деформирующимся грунтом. Нельзя в этой связи не заметить, что возможность разрушения сооружения за счет неравномерных остаточных деформаций основания вообще не предусмотрена строительными нормами как важный род расчетной нагрузки.

В последние 15 лет получены прямые сейсмологические наблюдения выражено нелинейного поведения грунтов, в первую очередь для горизонтальных компонент колебаний. Ориентировочно, по мере роста амплитуд падающей волны этот эффект проявляется сначала (при  $a_{\max, \text{кат. I}} = 0,15-0,25 \text{ g}$ ) в грунтах категории III, а затем (при  $a_{\max, \text{кат. I}} = 0,4-0,7 \text{ g}$ ) и на средних грунтах. Предельное  $a_{\max}$  на грунте категории III может быть  $0,25-0,4 \text{ g}$ , а на грунте категории II –  $0,5-1,0 \text{ g}$ , в то время как для категории I,  $a_{\max}$  может достигать  $1,5-2,5 \text{ g}$ .

Таким образом, при предельно больших амплитудах зависимость  $a_{\max}$  от категории грунта «обращенная» (падение с ростом номера категории). Но и в линейной области ( $I_{\text{кат. I}}=5-6$  баллов) зависимость  $a_{\max}$  от категории грунта не соответствует принятой в нормах закономерности двукратного роста на балл. Обычно наблюдаемое  $a_{\max}$  почти стабильно или растет гораздо медленнее (1,1-1,3 раза на категорию грунта). Это связано с фактическими спектральными свойствами грунтовых толщ.

Рост расчетного ускорения  $A$  отражает тем не менее реальный рост повреждений с категорией грунта; но этот рост определяется не ростом  $a_{\max}$ , а иными факторами. Так, с ростом номера категории грунта устойчиво растут  $v_{\max}$  и значения спектров реакции  $RA$  в области периодов  $0,5-2 \text{ c}$ . Однако для периодов  $0,25 \text{ c}$  и короче  $RA$  почти не зависит от типа грунта. Таким образом, эффект грунта существенно зависит от частоты колебаний. Если, как это сделано в действующих нормах, он искусственно принимается частотно-независимым, ценой такого упрощения является возникновение определенных ошибок, вплоть до иногда существенного снижения расчетной сейсмостойкости (см. ниже).

Описанные факты важны по ряду причин; в частности, из них следует, что только для скального

грунта, с высокой прочностью и малыми нелинейными эффектами, сохраняется прямая связь балл - амплитуда и при низких, и при высоких баллах. Это значит, что именно к скальному грунту, как к наиболее простому и ясному случаю, должны относиться нормативные параметры карты ОСР.

*Следует ли выражать влияние грунтов в единицах балльности*

Устоялась традиция выражать влияние грунтов в единицах баллов, в виде приращения балльности  $\Delta I$ . При этом связывают влияние грунта с ростом амплитуд колебаний в сейсмической волне. Часто исходят из гипотезы постоянства (вдоль луча) плотности энергии волны  $P=c\rho V^2$ , где  $V$  - амплитуда скорости частиц и  $c\rho$  - акустическая жесткость. Тогда  $V_1=V_0(c_0\rho_0/c_1\rho_1)^{0,5}$  и поэтому  $\Delta I_{01}=1,66 \lg(c_0\rho_0/c_1\rho_1)$ , где индексы 0 и 1 относятся к «эталонному» (например, к среднему) грунту и к грунту площадки, соответственно. Эффекты толщины слоя и резонанса в слое при таком подходе игнорируются. Амплитуда ускорения в синусоидальной волне ведет себя так же, как и амплитуда скорости. Именно такова логика СНиП для «бедного» проектировщика: он использует данные о литологии грунтов и определяет  $\Delta I_{01}$  по таблице (например,  $\Delta I_{01}=-1$  для скального грунта с высокими  $c\rho$ ). При этом принимается, что параметр  $c\rho$  относится к верхнему 10-метровому слою грунта. Если же проектировщик может и хочет оплатить сейсмическое микрорайонирование (СМР), то используется так называемое «инструментальное приращение балльности»  $\Delta I_{01}=1,66 \lg(x_0/x_1)$ , где через  $x$  обозначен один из амплитудных параметров: максимальное ускорение, скорость или даже смещение, либо спектр реакции, либо спектр Фурье, причем значение параметра определяется, например, как среднее по ряду измерений для слабых землетрясений (Республиканские строительные нормы РСН60-86, РСН65-87).

Надо сказать, что указанные нормы отражают в основном эпоху «до ЭВМ», когда широкополосный характер колебаний грунта еще не был ясно осознан. Спектральный подход в этих документах проводится не четко, и не без причины: ведь спектральный подход, грубо говоря, дает для каждой полосы частот свое  $\Delta I$ . Что делать практику, у которого отношение спектров на целевом и эталонном грунте, как правило, весьма существенно изменяется с частотой, эти нормативные документы не говорят. (Упомянем в скобках о еще одной непоследовательности РСН60-86, РСН65-87: декларируя необходимость учета при СМР эффектов рельефа и близлежащих разломов, они не дают никаких практических рекомендаций по данным вопросам)

Сегодня в СМР спектральный подход на основе цифровой обработки колебаний малых амплитуд - это не новость, а классика, начинающая быстро устаревать. Поэтому опираться при СМР далее на противоречащую наблюдениям идею единого коэффициента (2 раза на балл) для смещений, скоростей и ускорений, (или, что примерно то же самое, для различных периодов колебаний) является совершенно неприемлемым.

Одно из следствий идеи единого коэффициента – возникающая в определенных случаях автоматическая и притом существенная недооценка расчетных нагрузок. В самом деле, принятое сегодня в СНиП значение  $\Delta I_{\text{кат. I}} = -1$  означает снижение расчетной нагрузки примерно вдвое относительно опорного в ОСР среднего грунта (потому что принятые кривые  $\beta_{\Delta I}(T)$  слабо зависят от типа грунта). В то же время, как отмечалось выше, фактическое движение грунта имеет на скальном грунте при 8-9 баллах значение  $a_{\text{max}}$ , сопоставимое с таковым на среднем грунте. Это справедливо и для значений спектра реакции при периодах сооружений 0,1-0,25 с. Таким образом, для сооружений с такими периодами возникает существенная недооценка нагрузок – около двух раз. Собственные частоты около 4 Гц соответствуют обычным одноэтажным зданиям. Расчетная нагрузка для этих зданий будет искусственно занижена примерно вдвое.

Поясним, что приблизительное постоянство  $a_{\text{max}}$  для разных грунтов не противоречит зависимости от типа грунта для осредненного уровня поврежденных, обобщенного по разнотипной застройке. Дело в том, что форма спектра реакции на разных грунтах обычно достаточно радикально различается и обеспечивает существенное различие как для  $v_{\text{max}}$  (около двух раз на балл), так и для нагрузок для всех сооружений с  $T=0,3-0,4$  с и более. В этой ситуации принятая в СНиП II-781\* схема учета грунтовых условий путем варьирования параметра  $A$  дает для скального грунта вполне корректный результат в области частот ниже 3 Гц. Такой хороший результат может показаться странным; он получается из-за того, что принятая в СНиП II-781\* форма графиков  $\beta_{\Delta I}(T)$  искусственно принята почти не зависящей от категории грунта, в противоречии с сейсмологической реальностью.

**Выводы и рекомендации следующие:**

1. Поскольку эффект грунтов в существенной мере частотно-зависим, пользоваться понятием приращения балльности  $\Delta I$  не следует. Для учета эффекта грунтов в рамках инженерного спектрального метода целесообразно использовать как основу частотно-зависимое приращение логарифма спектра реакции (ПЛСР) -  $\Delta \lg RA(f)$ . Основной задачей СМР следует считать определение частотно-зависимого ПЛСР относительно скального/плотного (категория I) грунта.

2. Допустим условно, что будущие нормы, как и сегодня, станут различать всего три уровня эффектов грунта в виде категорий I, II и III (далее индексы КатI, КатII и КатIII). Предлагается, чтобы расчетный спектр реакции включал тогда, вообще говоря, следующие три множителя:

а) значение эффективного ускорения  $A$  для эталонного скального грунта (реального или гипотетического) в районе расположения площадки;

б)  $\beta(T)$  для того же скального грунта (обозначим его  $\beta_{\text{КатI}}(T)$ ) и

в) ПЛСР( $T$ ) для фактического грунта относительно этого эталонного грунта.

Рассмотрим два основных варианта расчетов.

2.1. Расчетчику известна только литология. Для этого случая должны быть нормативно заданы либо стандартные функции

$\beta^*(T \text{ КатII, КатIII}) = \beta_{\text{КатI}}(T) 10^{\text{ПЛСР}(T \text{ КатII, КатIII})}$ , определяющие суммарный эффект двух последних сомножителей («б»+«в»), либо, что то же самое, сами стандартные грунтовые поправки ПЛСР( $T$  КатII, КатIII). Подразумевается, что ПЛСР( $T$  КатI) = 1 и  $\beta^*(T \text{ КатI}) = \beta_{\text{КатI}}(T)$ . В идеале, функции  $\beta^*(T \text{ КатI, КатII, КатIII})$  должны характеризовать типичные или обобщенные комбинации спектральных свойств землетрясений и преобладающих грунтов конкретного региона, но в простейшем случае могли бы быть едиными для всей страны.

2.2. Проводилось СМР сейсмологическим или другим подобным методом, так что известно экспериментальное значение ПЛСР( $T$ эксп). Тогда используются все три сомножителя по отдельности. При этом произведение  $A\beta_{\text{КатI}}(T)$  дает расчетное  $RA(T)$  на эталонном грунте категории I, а коэффициент  $10^{\text{ПЛСР}(T \text{эксп})}$  подправляет результат для грунта конкретной площадки. Для нескального эталонного грунта эта схема требует небольших дополнений. В методике должна быть предусмотрена важная деталь, отсутствующая в действующих нормативах – переход от функции ПЛСР( $T$ эксп), наблюдаемой по слабым землетрясениям, к ее аналогу для колебаний большой амплитуды.

Описанный путь качественно отличен от сегодняшнего, когда расчет идет на основе значения  $A$ , относящегося к данной площадке, а не к гипотетической площадке со скальным грунтом, а учет влияния грунта идет через параметр  $\Delta I$ , от которого мы и предлагаем отказаться.

3) При оценке эффекта грунтов по литологии, без сейсмологических работ, использование значений акустической жесткости, осредненных в пределах слоя мощностью всего 10 м нежелательно, так как его толщина, как правило, существенно меньше четверти длины волны. Можно последовать современной практике США, где используются параметры для слоя толщиной 30 м;

4) Использование принципа учета влияния грунта через приращение балльности, в комбинации с нормативными кривыми  $\beta(T)$ , порождает примерно двукратное искусственное занижение оценок расчетных нагрузок для сооружений малого размера на грунтах категории I. Это ведет к существенному относительному снижению безопасности для жителей одно-двухэтажных зданий, построенных на таких грунтах в соответствии с действующими нормами.

**О «круглых» баллах**

Принятая традиция использовать для величины  $I_{\text{p0}}$  и  $\Delta I$  только «круглые», целочисленные значения баллов, очевидно, искажает реальность. На самом деле как расчет сотрясаемости, так и оценка эффекта грунтовых условий дают непрерывно изменяющиеся численные результаты. В контексте норм балл – величина условная, функционально связанная с расчетным ускорением, и нет никаких глубинных причин считать его изменяющимся дискретными шагами. Процедура округления величины  $I_{\text{p0}}$  порождает ошибку, достигающую  $\pm 0,5$  балла. Тот же размер имеет ошибка округления величины  $\Delta I$ . Ошибка их суммы достигает  $\pm 1$  балла, или двух раз по амплитуде

де. Причем эта ошибка выглядит как «случайная» только при взгляде «из Москвы»; для жителей конкретного населенного пункта (или участка в нем) она означает постоянную недооценку или переоценку расчетной нагрузки до двух раз. Почему данный принцип сохраняется в современной практике - понять трудно, особенно если вспомнить общий принцип численных расчетов: удерживать дополнительную значащую цифру в промежуточных выкладках. Следует либо просто вести интерполяцию карты ОСР, либо вводить на ней зоны дробного балла (например 7,0; 7,25; 7,5 и т.д.). Расчет  $\Delta I$  и по литологии, и тем более на сейсмологической основе, вполне позволяет оценивать  $\Delta I$  с точностью 0,2-0,4 балла.

Целочисленность ведет и к дискретности величины различия между значениями расчетного балла на картах ОСР-97 А и ОСР-97 В. Значения разности между двумя картами в одном и том же пункте равны либо 0 либо 1. Такая дискретность запутывает пользователя, создавая у него неверное впечатление, что ответственность сооружения то учитывается, то нет. Реальные вариации точного, неокругленного значения обсуждаемой разности не очень велики. Поэтому предлагается в будущем использовать только одну карту типа ОСР-97 А, а фактор ответственности сооружений учитывать с помощью единого повышающего коэффициента.

#### **О нагрузках и расчетных схемах в условиях потери устойчивости грунта**

Как отмечалось выше, повреждения зданий при высоких баллах на мягких грунтах связаны в первую очередь с эффектами потери устойчивости грунтов под зданиями. Действующие СНиП II-7-81\* не предусматривают расчета на подобные нагрузки. Ранее, однако, нормы требовали от проектировщика увеличивать вдвое расчетную боковую нагрузку на здание на грунте категории III (относительно категории II), в согласии с макросейсмическими данными и в противоречии с сейсмологическими данными об амплитудах. Искусственно завышенная вдвое боковая нагрузка на грунте категории III вынуждала проектировщика усиливать здание в целом, и это, пусть не вполне эффективно, увеличивало его сопротивляемость неравномерной просадке грунта под зданием. Такая линия соответствует общей идеологии увеличения запаса прочности в условиях неопределенности. В новой редакции норм СНиП II-7-81\* для описанных условий (по-видимому, с учетом сейсмологических данных об относительном снижении амплитуд) расчетная нагрузка снижена до 70% от первоначальной: вместо двух раз предлагается использовать коэффициент 1,4 (см. СНиП II-7-81\* п. 2.5 примечание 2). Теперь упомянутый резерв безопасности существенно снижен, и это снижение ничем не компенсировано в смысле реалистического учета неравномерных просадок грунта.

С точки зрения автора, расхождение между ростом балла и стабилизацией или падением амплитуды ускорения на грунте категории III при балльности 8 и более должно учитываться явно и прямо. А именно, при расчете на действие боковой инерционной нагрузки на грунте категории III при балльности 8 и более должно учитываться явно и прямо. А именно, при расчете на действие боковой инерционной

силы надо, действительно, принять во внимание ее замедленный или даже нулевой рост с категорией грунта, но одновременно следует непременно добавить требование дополнительного расчета здания на неравномерную осадку грунта под ним. В качестве временной меры можно предложить вернуть применявшийся до 2000 г. коэффициент 2,0 к нагрузке на грунте категории III (относительно категории II) вместо нового пониженного коэффициента 1,4.

#### **Выводы**

1. Использование балла как инструмента нормирования в принципе не хуже, чем использование максимального ускорения, и даже может иметь определенные преимущества.

2. Принятая сегодня в СНиП II-7-81\* конкретная связь балл-ускорение не соответствует средней связи наблюдаемых баллов и ускорений, что неизбежно занижает (в полтора-два раза) фактические расчетные нагрузки в России относительно грамотно-го сейсмологического прогноза.

3. В качестве меры сейсмоопасности территории или площадки целесообразно использование расчетного балла или максимального ускорения на грунте категории I (скальном), а не на грунте категории II (среднем). При этом нормы должны бы давать переход от картируемого параметра к расчетному спектру реакции  $RA(T)$  на каждом из выделяемых типов грунтов.

4. Последовательное использование традиционного частотно-независимого приращения балльности в спектральном подходе к нормированию сейсмических нагрузок невозможно. Из-за этого, в частности, действующие нормы, занижают примерно вдвое корректную расчетную нагрузку для одноэтажной застройки на скальном грунте. Учет грунта в терминах приращения балльности следует заменить на использование частотно-зависимых грунтовых поправок к амплитудам.

5. Принцип использования только целочисленных, «круглых» баллов ведет для отдельных пунктов и площадок к искусственным систематическим ошибкам расчетных нагрузок, достигающим 1,0 балла. Следует переходить к непрерывной шкале и для карты ОСР, и для грунтовых поправок к амплитудам.

6. Имеет место кажущееся противоречие между ростом повреждений (макросейсмического балла) и отсутствием роста амплитуды наблюдаемого ускорения на грунте категории III (мягком) при 8-9 и более баллах (относительно грунта категории II). Это расхождение нельзя считать основанием для простого снижения (относительно норм 1981г.) расчетной инерционной нагрузки (боковой силы) для таких грунтов. Подобное снижение расчетной нагрузки станет оправданным только при условии, что дополнительно проводится расчет сооружения на разрушение от неравномерной просадки грунта под ним.

#### **Литература**

1. Гусев А.А. О сейсмологической основе норм сейсмостойкого строительства в России. // Физика Земли, 2002 №9.