

Баранов Николай Николаевич, канд. техн. наук, доц., Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

Сейсмичность территории Беларуси и сейсмостойкость зданий и сооружений

Seismicity of the territory of Belarus and seismic stability of buildings and constructions

В работе приводятся сведения о проявлении сейсмотектонических процессов северо-восточной части территории Беларуси. Инструментальные наблюдения последних десятилетий свидетельствуют о продолжающейся динамике сейсмических событий. Для сооружений, расположенных над разломами или вблизи их актуален учет особенностей сейсмостойкого строительства.

Дана краткая характеристика существующих методов активной сейсмозащиты зданий и сооружений. Анализируется возможность снижения фоновой сейсмичности районов методом глубинного демпфирования оснований, сложенных водонасыщенными крупно-обломочными и песчаными грунтами.

This paper brings information about seismotectonic processes development in north-west part of Belarus. Instrumental observations of last ten-years periods shows the continuous dynamics of seismic events. Accounting of antiseismic building is actual for constructions situated upon breaks and near them.

Here is given a small characteristic of existing methods of active antiseismic protection of buildings and constructions. The possibility of decrease of background seismicity of districts by method of intratelluric damping of bases which are set by wide-clastic and sandy soils is analyzed.

«Там, где землетрясения имели место в прошлом, они почти наверняка произойдут и в будущем».
Дж.А. Эйби. Землетрясения. – М, 1982. – С. 182.

Территория Беларуси расположена на западе древней Восточно-Европейской платформы и в соответствии с сеймотектоническим районированием относится к слабоактивной зоне [1, 2]. Сейсмичность Беларуси, изученная наиболее детально в последние годы, получила освещение в работах многих видных белорусских геологов (Э.А. Левков, А.К.Карабанов, А.В. Матвеев, Г.Р. Гарецкий, Р.Е. Айзберг и др.). В частности выявлена основная особенность сети активных разломов на территории Беларуси. Она заключается в том, что разрывные нарушения группируются в флексурно-разрывные зоны, которые прослеживаются на многие десятки и сотни километров. Карты основных разрывных нарушений и проявления сеймотектонических процессов на территории Беларуси составлены Т.И. Ароновой [1].

На рубеже XIX–XX столетий на территории Беларуси произошли землетрясения, имевшие весьма ощутимый характер. Это Борисовское землетрясение 1887 г. (магнитуда $M=3,7$; балльность $J=6$). По сохранившейся информации «... был слышен подземный гул, подобный грому, во многих домах разбились стекла». Спустя небольшое время произошли два землетрясения вблизи г. Могилева в 1893 г. ($M=3,5$) и в 1896 г. ($M=4$). Самое сильное землетрясение произошло в 1908 г. ($M=4,5$; $J=7$) в пос. Гудогай Островецкого района. Согласно его описанию «... был слышен страшный гром (гул), звенели стекла, создавалось впечатление, что падает дом, земля дрожала, животные падали на колени, недалеко образовался глубокий ров с версту в длину, направленный с северо-запада на юго-восток».

Сопоставление распределения эпицентров землетрясений с разломной тектоникой региона показывает, что очаги толчков расположены в зоне разломов различного направления (рис 1). Ощутимые сотрясения 1887 г. Приурочены к Борисовскому разлому, события 1883 и 1895 гг. – к Могилевскому, а наиболее сильное в 1908 г. – к Ошмянскому.

Название разломов: 1 – Ошмянский; 2 – Налибоксий; 7 – Северо-Припятский; 23 – Кореличский; 24 – Выжевско-Минский; 25 –

Борисовский; 26 – Чашникский; 27 – Бешенковичский; 28 – Стоходско-Могилевский; 29 – Кричевский; 32 – Витебский.

Сейсмичность территории Беларуси в последние годы изучена наиболее детально. Непрерывными инструментальными наблюдениями в период 1965–2005 гг. получены кинематические и динамические параметры ряда землетрясений: 8 июля 1980 г., 27 февраля 1987 г., 29 августа 1990 г. Происходящие в Беларуси слабые и средней силы землетрясения несут информацию о динамике разломов. Они происходят, прежде всего, в пределах пересечений разрывных нарушений. Так, например, землетрясение 1980 г. с $M=2,5$, произошедшее в 30 км к востоку от имевшего место исторического в 1887г., приурочено к Чашникскому разлому.



Рис. 1. Схематическое расположение разломов северо-восточной части Беларуси и эпицентров землетрясений.

Согласно сеймотектонической карте запада Белорусско-Прибалтийского региона землетрясение приурочено к Минской сейсмогенной зоне, в пределах которой могут возникать землетрясения с $M_{max}=3,7$. Произшедшее в 1987г. землетрясение с $M=2,5$ в 20 км к востоку от имевшего место в 1908г. тяготеет к Ошмянскому разлому (Ошмянская сейсмогенная зона с $M_{max}=4,5$). В 1990г. произошло землетрясение с $M=2,1$ вблизи зоны пересечения Полоцкого и Кореличского разломов (Даугавпилская сейсмогенная зона с $M_{max}=4,5$). В 1998г. ощущалось землетрясение на пересечении

Ляховичского и Могилевского разломов (Северо-Припятская сейсмогенная зона с Любанской подзоной с $M_{max}=4,0$). В 2005г. зафиксировано землетрясение западнее зоны сочленения Чашникского и Могилевского разломов (приурочено к Минской сейсмогенной зоне).

Некоторые разломы не проявляют или почти не проявляют активности. Однако возникновение очагов землетрясений на одних участках разлома и отсутствие их на других не может свидетельствовать о том, что в последних сильные толчки когда-либо не произойдут. Поэтому выявление активных разломов (или их звеньев), которые могут быть зонами потенциальных очагов землетрясений следует отнести к важнейшим задачам сейсмического районирования. Все проявления динамики сейсмичности следует рассматривать как базу для создания общей картины региона в будущем.

Сейсмотектоника Минска включает Выжевско-Минский с существующими в регионе Ошмянским, Борисовским и Могилевским разломами (см. рис. 1). Произшедшие на рубеже XIX–XX столетий ощутимые землетрясения и зарегистрированные в последние десятилетия землетрясения свидетельствуют о продолжающейся динамике сейсмических событий. В сложившейся ситуации в сейсмогенных зонах (Минская, Ошмянская, Северо-Припятская) возможны землетрясения с $M=3,7$ ($I=6$). Таким образом, становится актуальным учет особенностей сейсмостойкого строительства для сооружений, расположенных на разломах или вблизи их.

Одним из направлений сейсмостойкого строительства явилось создание необрушающихся конструкций за счет увеличения размеров сечений элементов и прочности применяемых материалов. Однако уже с 30-х годов XX столетия в поле зрения исследователей и практиков оказалась идея сейсмоизоляции. Чтобы ограничить колебания зданий при землетрясениях применяют различного рода устройства – упругие, вязкие, пластичные. Они поглощают энергию ударных волн, а располагают их в самом сооружении 1 (графа 1 таблицы), между сооружением 1 и фундаментом 2 (графа 2), между фундаментом 2 и основанием 3 (графа 3). Демпфирование осуществляется искусственным изменением в глубине толщи основания 3 физического состояния грунтовой среды (графа 4).

Таблица 1

1	2	3	4
<p>Сооружения из кладки на эластичном (гашающем, сморозобразном) растворе</p> <p>Гибкие колонны с шарнирным опиранием (деревянные стойки на камешках, опоры)</p> <p>Гибкий первый (или подвалный) этаж</p> <p>Адаптивные (самонастраивающиеся) системы с выходящими, выходящими или резервными связями</p> <p>Предусматриваются условия, обеспечивающие развитие в элементах конструкции и их соединительных элементах деформации</p>	<p>Шов из тощего песчаного раствора (скользящий шов)</p> <p>Камышовый пояс</p> <p>Современная техника</p> <p>Многослойные трено-металлические скользящие пояса</p> <p>Кинематические фундаменты (катковые опоры, шаровые опоры, шарнирные опоры)</p> <p>Катковые катки</p>	<p>Пласт гофрированной стали</p> <p>Пластичная конструкция из смеси древесного угля (с $\mu=0,6 \dots 0,8$)</p> <p>В песчаный</p> <p>Песчаный слой</p> <p>Песчаный слой</p>	<p>Многометровая подушка из смеси древесного угля и шпери (храм Артемиды Эфесской, IV в. до н.э.)</p> <p>Искусственное изменение физического состояния грунтовой среды в основании</p>

Снижение уровня инерционных сил, развивающихся в зданиях и сооружениях при землетрясениях, обеспечивается на современном этапе методами активной сейсмозащиты. К их числу относятся следующие основные группы [4, 5, 6, 7].

- системы, реализующие принципы сейсмоизоляции;
- адаптивные системы с изменяющимися характеристиками;
- системы с повышенным демпфированием;
- системы с гасителями колебаний.

На территории Беларуси во многих случаях грунтовая толща территории застройки представлена водонасыщенными песчаными грунтами, или же в инженерно-геологическом разрезе просматриваются их отдельные пласты. В таких условиях становится возможным снижение фоновой сейсмичности района [8]. При подземном ударе в водонасыщенном грунте нагрузка передается на твердые частицы и воду. В связи с перераспределением ударной нагрузки между компонентами в грунтовой массе вместо одной продольной ударной P – волны возникают две – P_w в воде и P_z в скелете. Они распространяются в двухфазной среде раздельно, причём впереди P_w -волна и за ней P_z -волна.

В природных условиях в водонасыщенных, крупнообломочных и песчаных грунтах доминирует упругие состояние и волны P_w и P_z распространяются со скоростью $C=1500$ м/с с малозаметными поте-

рями энергии. Однако упругое поведение двухкомпонентной грунтовой среды можно скорректировать в направлении увеличения количественной меры внутреннего трения на фронте Рw-волны. Это изменение может быть доступно за счёт принудительного добавления в грунтовую массу объёмов защемлённого воздуха. Присутствие газообразной компоненты в виде рассеянных в объёмах пор газовых пузырьков при прохождении фронта Рw-волны создаёт эффект Ньютонова тела – вязкого элемента. Изменения физического состояния в объёмах газонасыщенной грунтовой массы в направлении от упругого к вязкому при распространении сферической Рw-волны обуславливают на её фронте количественные потери энергии. Часть энергии импульса ударной волны затрачивается на работу по сжатию и растворению содержащегося в пузырьках газа в мгновенно протекающем адиабатическом процессе «выделение тепла – его обратное поглощение». Эффективная вязкость (неидеальная упругость водогазонасыщенного грунта) в момент прохождения фронта Рw-волны вызывает гашение давления на её фронте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аронова, Т.И. Особенности проявления сейсмотектонических процессов на территории Беларуси «Литосфера» / Т.И. Аронова. – 2006. – №2(25). – С. 103–110.
2. Разломы земной коры Беларуси: монография / Р.Е. Айзберг [и др.]; под редакцией Р.Е. Айзберга. – Минск: Красико-Принт, 2007. – С. 331–340.
3. Эйби, Дж.А. Землетрясения / Дж.А. Эйби. – М: Недра, 1982. – 264 с.
4. Жунусов, Т.Ж. Основы сейсмостойкости сооружений / Т.Ж. Жунусов. – Алма-Ата: Изд. Руан, 1990. – С. 191–220.
5. Кириков, В.А. Древнейшие и новейшие сейсмостойкие конструкции / В.А. Кириков. – М: Наука, 1990. – 69 с.
6. Современные методы сейсмозащиты зданий / В.С. Поляков [и др.]. – М.: Стройиздат, 1988. – 310 с.
7. Сейсмоизоляция и адаптивные системы сейсмозащиты. – М.: Наука, 1983. – 140 с.
8. Баранов, Н.Н. Способ защиты оснований, сложенных водонасыщенными грунтами, от сейсмических воздействий. АС №1786226, кл. E02D 27/34 Бюлл. изобрет. №1, 1993.