

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

Л. В. Феськова

Государственный ВУЗ «Национальный горный университет»
просп. Карла Маркса, 19, г. Днепропетровск, 49000, Украина.

E-mail: persifona11@yandex.ru

Сейсмичность в регионах, ранее считавшихся асейсмичными, поставила новые задачи перед наукой и практикой в части сохранности объектов и людей. Их решение достаточно сложное и экономически затратное. В данной работе проанализированы проблемы техногенных землетрясений, причины их возникновения, конструктивные решения зданий и сооружений, а также возможные способы их защиты от сейсмических воздействий.

Ключевые слова: техногенная сейсмичность, землетрясение, сейсмозащита.

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТЕХНОГЕННОЇ СЕЙСМІЧНОСТІ

Л. В. Феськова

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
просп. Карла Маркса, 19, Дніпропетровськ, 49000, Україна.

E-mail: persifona11@yandex.ru

Сейсмічність в регіонах, що раніше вважалися асейсмічними, поставила нові завдання перед наукою і практикою в частині збереження об'єктів і людей. Їх вирішення досить складне і економічно затратне. У даній роботі проаналізовано проблеми техногенних землетрусів, причини їх виникнення, конструктивні рішення будівель і споруд, а також можливі способи їх захисту від сейсмічних впливів.

Ключові слова: техногенна сейсмічність, землетрус, сейсмозахист.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Техногенная деятельность в горнопромышленных регионах Украины достигла таких масштабов, что способна вызвать серьезные катастрофы искусственного происхождения – техногенные землетрясения. Технологическое оборудование, выполненное в несейсмическом исполнении, представляет собой большую потенциальную опасность.

Землетрясения, как подземные удары и колебания поверхности Земли могут возникать в результате естественных процессов, а также активной деятельности человека, прежде всего, связанной с извлечением природных ресурсов (рис. 1).

Виды техногенной сейсмичности:

- первичная сейсмичность – обусловлена проведение горных работ с использование мощных взрывов на осваиваемых месторождениях, особенно вблизи крупных гидротехнический сооружений.

- наведенная сейсмичность – появление поверхностных землетрясений непосредственно в области гидротермального поля. Наведенная сейсмичность свидетельствует об изменении свойств среды в области ее появления. Эти области приобретают исключительную чувствительность к внешним воздействиям. В частности, возможен непредсказуемый отклик таких участков среды на сейсмическое воздействие извне [5, 6].

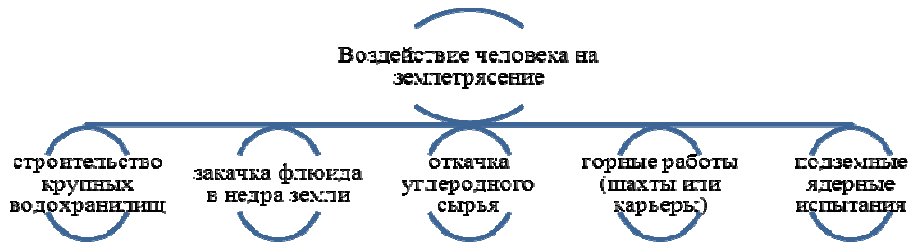


Рисунок 1 – Основные виды воздействия человека на природу, которые могут спровоцировать землетрясение

Серьёзность описанного явления вызывает необходимость организации и проведения постоянного геодинамического мониторинга, базирующегося на том факте, что при освоении месторождений происходят резкие нарушения геодинамического равновесия в литосфере, вызывающие развитие различных техногенных процессов, которые приводят к деформации земной поверхности и активизации разломов. Таким образом, задача повышения сейсмостойкости эксплуатируемых зданий является весьма актуальной и в настоящее время, не менее важной, чем новое сейсмостойкое строительство.

Одним из крупнейших и старейших мест, где ведутся горные выработки, является г. Кривой Рог. Из-за регулярных взрывов в выработках, в месторождениях в городе с недавних пор стала проявляться сейсмическая активность в виде землетрясений (рис. 2).

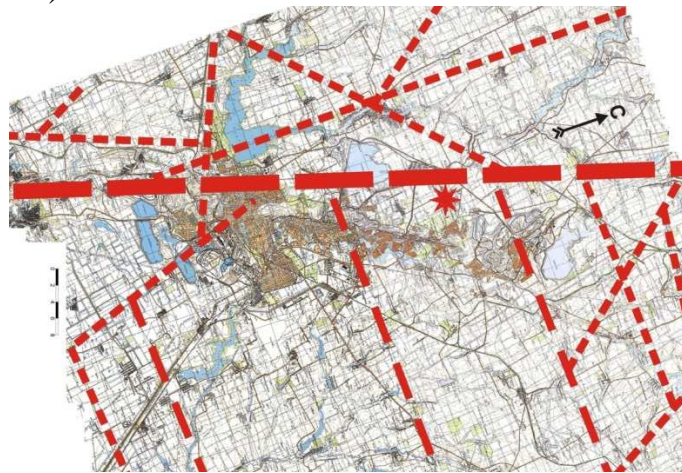


Рисунок 2 – Схема расположения Криворожского железорудного бассейна по отношению к геологическому разлому I-го порядка

Криворожский железорудный бассейн является основной сырьевой базой горной металлургии Украины, которая дает более 40 % валютных поступлений государству. Поэтому нормальное функционирование этого региона является важной задачей государственного уровня [4].

Нигде в мире нет такой концентрации подземных и открытых горных работ. Подземным способом руду добывают на самых глубоких в мире железорудных шахтах. Разработка Криворожского месторождения осуществляется 129 лет. Все

ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

горные работы ведутся в черте города. За это время вынут из недр 17 млн. т горной массы. За год горно - добывающие предприятия Кривбасса откачивают до 80 млн. м³ воды, проникающая в грунтовые водоносные системы, солит грунтовые воды, подтапливает значительные массивы на поверхности. В отвалах накопилось более 9,0 млрд. т вскрышных пород, в хвостохранилищах заскладировано больше 3 млрд. т. Во время массовых взрывов одновременно подрываются до 800 тонн взрывчатки. Из 500 км² площадей, занятых регионом 40 км² занято карьерами и зонами обрушения, 79 км² занимают хранилища отходов обогащения, более 70 км² находятся под отвалами вскрышных пород.

В последнее время в регионе наблюдаются такие явления, как провалы и оползни земной поверхности, имеют место техногенные землетрясения.

В результате ведения горных работ и извлечение из недр миллиардов тонн горной массы в Криворожском регионе сформирован значительное техногенное нарушение геологической структуры недр, по площади превышает размеры блоков, которые составляют эту структуру. Эти нарушения проявляются на земной поверхности. Зона нарушений простирается на 80 км вдоль бассейна и представляет непрерывное чередование карьеров, шахт, зон смещения пород, зон обрушения пород, локальных зон подделки пород без обвала поверхности шламохранилищ, отвалов пустых пород. Все это можно сравнить с масштабами крупных природных тектонических нарушений.

Основными причинами возникновения проблем, которые могут привести к природно-техногенным катастрофам, являются:

- значительное нарушение земной поверхности и развитие эндогенных и экзогенных геологических процессов и оползней, провалов, просадок земной поверхности и неотектонических процессов (разломов земной коры и движений блоков);
- складирование огромных объемов твердых и жидких отходов;
- образование пустот при подземной отработке запасов руды;
- нарушение естественного гидрогеологического режима региона вследствие откачки шахтных и карьерных вод из горных выработок и эксплуатации гидротехнических сооружений предприятиями горнодобывающего комплекса.

Проблема может быть решена путем организации мониторинга и предупреждения чрезвычайных ситуаций в Криворожском бассейне. Система мониторинга обеспечит получение информации о состоянии геологической среды в регионе и процессах, происходящих в результате ведения хозяйственной деятельности горных предприятий.

Целью работы – анализ проблемы влияния техногенной сейсмичности на здания и сооружения, конструктивные решения и возможности их сейсмозащиты.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Ранее построенные предприятия с применением технологического оборудования, разработанного и использованного без учета сейсмических воздействий, представляет собой огромную потенциальную опасность [3]. При эксплуатации необходимо постоянно осуществлять контроль за несущими строительными конструкциями. В случае изменения сейсмичности территории в сторону её увеличения следует

ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

провести комплекс заходів по відновленню і посиленню експлуатаційних якостей сейсмостійких будівель і споруд. Так же немаловажну роль грає можливість модернізації методів розрахунку і посилення конструкцій в залежності від терміну служби в районах з техногенною сейсмічністю.

Наземні будівельні споруди, частково поглинені в дві субстанції (грунтову і повітряну), різко відрізняються одне від одного по фізико-механічним властивостям, тому при дії тільки пружних хвиль деформацій в ґрунті вони піддаються особливому виду збудження коливань - кінематичний: від примусового переміщення в просторі системи кріплення захищеної будівельної споруди до енергонесущої середовища.

Грунтової середовищі властива анізотропність (неоднорідна шаровість, розломи різної орієнтації, дискретна водонасиченість, різні кути падіння шарів, неоднорідність рельєфу і т.п.). Це призводить до того, що при проходженні через неї силові потоки трансформуються в результаті інтерференційних, дифракційних процесів і фільтрації енергонесущого сигналу, описати які можна тільки ймовірно-статистичними методами. Точно так же раціональна ймовірнісна оцінка поведінки будівельних споруд, розташованих в небезпечних зонах стохастических динамічних полів.

Враховуючи особливості і складність проблеми, найбільш раціональним напрямком її розв'язання є розробка методів оцінки безпеки будівельних споруд, розташованих в небезпечних зонах генерованих в ґрунті промисловими вибухами полів, на основі результатів натурних експериментальних досліджень і застосування сучасних комп'ютерних технологій обробки і аналізу їх результатів.

Розв'язання цієї проблеми пов'язано з визначенням зовнішніх навантажень, реакцій на них будівельної споруди і неперевиконання визначеної реакцією допустимого значення.

При складанні проектних документів для будівництва в сейсмо небезпечних районах будівель і споруд слід враховувати інтенсивність сейсмічного впливу в балах (сейсмічність), його повторюваність, можливі області землетрясень і кінематику напружень.

Для підвищення стійкості сейсмічним впливам слід застосовувати матеріали і конструкції, що мають високу стійкість сейсмічним навантажам (металл, дерево, залізобетон, посилені каменні кладки), а також надавати перевагу багаторазово статически неопределимым конструкціям, забезпечуючим перерозподіл сил між елементами, створюючи можливість розвитку в певних елементах конструкцій допустимих непружних деформацій.

При виборі місця будівництва з точки зору його сейсмічної активності слід пам'ятати, що чим вище балльність району, тим вище пред'являються вимоги до антисейсмічних заходів, а значить, і вартість їх зростає. Тому різні за призначенням будівлі проектуються з різною ступенем відповідальності. Форма будівлі в плані в ряді випадків має велике значення, так як від форми залежить робота всієї системи.

ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Существует несколько конструктивных решений несущих элементов конструкций (рис. 3): крупнопанельные бескаркасные, каркасные и железобетонные здания. В настоящее время масштабы строительства зданий из монолитного бетона еще невелики, однако существует тенденция к их использованию [2].



Рисунок 3 – Схемы решения зданий и их основные проблемы в зоне сейсмичности

Любая задача расчета имеет три стороны: статическую (или динамическую), геометрическую и физическую. Статическая (динамическая) сторона задачи заключается в установлении связи между внешними нагрузками, действующими на конструкцию, и внутренними усилиями статического (динамического) равновесия. Поскольку внутренние усилия заранее неизвестны, приходится привлекать геометрические и физические соотношения.

При расчете сооружений учитывается целый ряд воздействий, главными из которых являются статические и динамические и изменения температуры. В соответствии с результатами расчета устанавливаются размеры сечений отдельных элементов конструкций, необходимые для надежной работы сооружения и обеспечивающие минимальные затраты материалов.

Встречающиеся на практике системы сооружений, в зависимости от методики их расчета, подразделяют на 2 основных типа: статически определимые системы, которые могут быть рассчитаны с использованием только уравнений статики; статически неопределимые системы, для расчета которых в дополнение к уравнениям статики составляются уравнения совместности деформаций.

При расчете дискретных статически неопределимых систем (для которых справедлив принцип независимости действия сил) применяют 3 основных метода: метод сил, метод перемещений и смешанный метод [8].

В современном сейсмостойком строительстве исключительно актуальное значение приобретает обеспечение надежности зданий и сооружений при условии рационального расхода дополнительных материалов, средств и трудозатрат

ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

на их антисейсмические усиления [1]. Общая классификация систем сейсмозащиты представлена в виде табл. 1.

Таблица 1 – Анализ основных систем сейсмозащиты

Метод		Описание		Недостатки	
Традиционный		Увеличение размеров конструкций и прочности материалов, В зданиях с несущими кирпичными стенами применение антисейсмических поясов, железобетонных включений, дополнительного армирования простенков, пересечения продольных и поперечных стен		Увеличение собственного веса конструкции	
Специальный	Активный		Регулирование динамических характеристик во время колебательного процесса при землетрясении для понижения резонансных эффектов	Основное условие - удаленность частот собственных колебаний от преобладающих частот сейсмического движения грунта	
	Адаптивная система изоляции	Системы с выключающимися связями	В процессе колебаний под действием динамических нагрузок могут менять свои характеристики во времени, причем эти изменения не обратимые. При достижении некоторого порогового уровня амплитуды колебания системы происходит изменение динамических характеристик системы за счет разрушения выключающихся связей.	Немедленное восстановление после разрушения. Возможно возникновение вторичного резонанса и потеря несущей способности конструкций здания.	
		Системы с включаемыми связями	Имеют низкую частоту собственных колебаний. При землетрясении в случае возникновения значительных перемещений основных несущих конструкций здания происходит включение связей, что приводит к существенному изменению жесткости системы и к увеличению «мгновенной» частоты собственных колебаний здания, в результате чего здание «уходит» от опасного для него резонансного режима колебаний	Возникновения значительных усилий в конструкциях включающихся связей. Система работает при землетрясениях, имеющих значительные ускорения на низких частотах.	
	Пассивный		Стационарная система изоляции	Применение здания с гибким этажом. При относительно слабых воздействиях, когда горизонтальная нагрузка на опорную часть не превосходит сил трения, система работает в линейной области; при увеличении нагрузки сила трения преодолевается и происходит проскальзывание верхней фундаментной плиты относительно нижней. При этом удается в несколько раз снизить нагрузки на оборудование и здание.	Увеличения сил трения ведет к увеличению ускорений колебаний. Неравномерного давления на опоры на нескальных грунтах, отсутствие средств регулирования сил трения, сложность смены прокладок во время эксплуатации.
	Сейсмозащита	Системы с повышенным демпфированием	Значительный эффект гашения колебаний за счет использования специальных поглотителей энергии (демпферов), обладающих повышенными диссипативными свойствами. Рассеивание энергии происходит за счет работы сил пластического деформирования, сухого или вязкого трения.	Сложность систем и большие материальные затраты на их содержание	
		Динамические гасители колебаний	Снижение интенсивности колебаний объекта за счет уменьшения уровня механических колебаний, т. е. снижение виброактивности объекта (источника) изменением конструкции объекта	Сложность систем и большие материальные затраты на их содержание	

ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Известно, что сейсмические силы не являются чисто внешними в теории виброзащиты, поэтому сейсмозащиту подразделяют на традиционную и специальную, которая в свою очередь делится на активную (с дополнительным источником энергии) и пассивную [9].

Существенное влияние на сейсмостойкость зданий оказывает выбор объемно-планировочных схем, их формы и габаритов. Анализ последствий землетрясений показывает, что наиболее предпочтительными формами сооружений в плане являются круг, многоугольник, квадрат и близкие им по формам очертания. Такие здания находятся в лучших условиях, с точки зрения возникновения в них крутильных колебаний. Однако такие формы не всегда соответствуют требованиям планировки, поэтому чаще всего применяется прямоугольная форма с параллельно расположенными пролетами, без перепада высот смежных пролетов и без входящих углов. В случае, если возникает необходимость создания сложных форм в плане здания, то его следует разрезать по всей высоте на отдельные замкнутые отсеки простой формы.

Применение элементов пассивной сейсмозащиты приводит к увеличению сечений конструктивных элементов, что в свою очередь приводит к увеличению жесткости и веса сооружения. Это вызывает возрастание инерционной (сейсмической) нагрузки, и, следовательно, чтобы воспринять её, следует еще раз пересмотреть размеры сечений несущих конструкций. Процесс этот может и не привести к повышению сейсмостойкости сооружения [5].

На данный момент можно выделить 3 оптимальных и экономически целесообразных метода сейсмоусиления конструкции во время эксплуатации [7]:

- метод усиления конструкций композитными материалами;
- метод сухого торкретирования;
- введение дополнительных ж/б и металлических рам, обойм и т.д.

ВЫВОДЫ. Проблема роста техногенной сейсмичности при разработке криво-рождских месторождений железных руд является чрезвычайно актуальной. Ее комплексное решение с применением технических аспектов позволит повысить эффективность и безопасность эксплуатации гигантской геотехнической системы Кривбасса. Также следует отметить, что проблема техногенных землетрясений на современном этапе еще недостаточно изучена. Накопленная информация разрознена и по ней пока нельзя составить полного представления о каких-либо закономерностях в проявлении техногенной сейсмичности и ее связи с режимом эксплуатации рассмотренных объектов. Только тщательно спланированные наблюдения на конкретных объектах, где могут быть вызваны техногенные землетрясения, и проводимые на их основе научные исследования позволят ответить на все вопросы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айзенберг Я.М. Сейсмоизоляция высоких зданий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №4, 2007. С. 41–43.
2. Борисов Е.К. Безопасность зданий, расположенных в зоне сейсмического действия промышленных взрывов: дис. докт. техн. наук: 05.26.02 / – Владивосток, 2002. – 201 с.

ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

3. Гуменик І.Л. Визначення оптимальних параметрів сейсдобезпечного виконання буропідричних робіт на Піщанському родовищі магматитів і гранітів / І.Л. Гуменик, О.П. Стрілець, В.Ю. Швець. // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Випуск 2(10). – С. 112–120.

4. Кривбас планують оздоровлювати [Електронний ресурс] // Голос України. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <http://golosukraine.com/publication/u-regionah/parent/8501-krivbas-planuyut-ozdorovlyuvati/#.VWruhZDtmko>.

5. Поляков В.С. Современные методы сейсмозащиты зданий / В.С. Поляков, Л.Ш. Килимник, А. В. Черкашин. – М.: Стройиздат, 1988. – 318 с.

6. Проблемы наведенной сейсичности и инженерно-геологической защиты водохранилищ Байкало-Ангарского каскада / К.Г. Леви, Е.А. Козырева, Н.В. Задонина та ін.]. // *Geodynamics & Tectonophysics*. – 2013. – С. 13–36.

7. Перспективы развития систем сейсмоизоляции современных зданий и сооружений / Джинчвелашвили Г.А., Колесников А.В., Заалишвили В.Б., Годустов И.С. // *Сейсмозащита и сейсмоизоляция зданий и сооружений*. – 2009. – №6. – С. 27–31.

8. Тимошенко С. П., История науки о сопротивлении материалов с краткими сведениями по истории теории упругости и теории сооружений, пер. с англ., М., 1957; С в СССР. 1917-1967, М., 1969; Киселев В. А., С, 2 изд., М., 1969; Снитко Н. К., С, 2 изд., М., 1972; Болотин В. В., Гольденблат И. И., Смирнов А. Ф., С, 2 изд., М., 1972.

9. Оценка сейсмической опасности Республики Тыва / А.А. Чылбак. // Научные труды Тывинского государственного университета. Вып. V Том. I. – Вызыл: Изд-во ТывГУ, 2008. – С. 31–33.

ANALYSIS OF THE TECHNOGENIC SEISMICITY PROBLEMS

L. Feskova

State Higher Education Institution "National Mining University"

prosp. Karl Marx, 19, Dnepropetrovsk, 49000, Ukraine.

E-mail: persifona11@yandex.ru

It is posed new challenges of the seismicity in regions previously considered to display no seismicity to the science and practice of the preservation of objects and people. It is stressed that their decision is complex and economically expensive. In this paper the problem of man-made earthquakes, their causes, designs buildings and structures, as well as possible ways to protect them from seismic effects is analyzed.

Key words: technogenic seismicity, earthquake, seismic protection.

REFERENCES

1. Eisenberg, J.M. (2007) "Seismic tall buildings", *Seismic construction. Security structures*, pp. 41–43.

2. Borisov, E. K. (2002) "Security of the buildings located in the area of seismic action of industrial explosions", *Doctor Sciences, Engeeniring*: 05.26.02, p. 201, Vladivostok.

3. Gumenyuk, I.L. (2012) “Determination of optimum parameters of seismic safe performance of blasting on deposits at Peshansky migmatites and granite“, *The modern resource saving technologies of mining*, pp. 112-120, Ukraine.
4. “Krivbas planuyut ozdorovlyuvati“ (2013) [Electron resource] *Golos Ukrainy*, Mode of access to resources: <http://golosukraine.com/publication/u-regionah/parent/8501-krivbas-planuyut-ozdorovlyuvati/#.VWruhZDtmko>.
5. Polyakov, V.S. (1988) “Modern methods of seismic protection of buildings“, *Stroyizdat*, 1988. p. 318, Moscow.
6. Levi, K. G., E. Kozyrev E.N & N.V. Zadonina etc. (2013) “The problem of induced seismicity and geological engineering protection reservoir of a Baikal-Angara cascade“, *Geodynamics & Tectonophysics*, pp. 13–36.
7. Dzhinchvelashvili, G.A & A.V. Kolesnikov etc. (2009) “Future development of seismic modern buildings and constructions“, *Seismic and seismic of buildings and structures*, no. 6, pp. 27–31.
8. Timoshenko, S.P. etc (1957) “History of the science of strength of materials with brief information on the history of the theory of elasticity and the theory of structures“, *With the Soviet Union*, Moscow.
9. Chylbak, A.A. (2008) “Seismic hazard assessment of the Tyva Republic“, *Proceedings of Tyva State University*. Vol. 1, pp. 31–33.

Стаття надійшла 17.05.2015.