DOI - 10.32743/UniTech.2023.110.5.15504

РАЗРАБОТКА 3D СЕЙСМОДАТЧИКА НА ОСНОВЕ СЕЙСМОПРИЕМНИКОВ

Орипов Нозимжон Комилович
мл. науч. сотруд.,
Институт сейсмологии Академии наук
Республики Узбекистан,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: nozim.o.k92@mail.ru

Янбухтин Ильяс Рустамович
PhD, Центр передовых технологий,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: ilyas_7@mail.ru

Мусаев Улугбек Тургунбаевич
мл. науч. сотруд.,
Центр передовых технологий,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: ulugbek-1975@mail.ru

DEVELOPMENT OF A 3D SEISMIC SENSOR BASED ON GEOPHONES

Nozimjon Oripov
Institute of Seismology
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Ilyas Yanbukhtin
PhD,
Center for Advanced Technologies,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Ulugbek Musaev
Center for Advanced Technologies,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В современном мире интенсивные темпы строительства жилых домов и их инфраструктуры, а также объектов и сооружений промышленного характера приводят к большей урбанизации новых территорий. В связи с этим целесообразным является внедрение современных систем непрерывного сейсмического мониторинга. Проведение испытаний и обследований с помощью современной цифровой аппаратуры даёт возможность выявления и устранения признаков сейсмической уязвимости зданий и сооружений в период их эксплуатации. Для проведения таких мониторинговых исследований необходимы удобные и компактные приборы сейсмической записи. В статье описывается процесс разработки модели сейсмического прибора на базе сейсмоприемников с собственной частотой 4,5 Гц, его в тестирование, а также сравнение с другими сейсмическими приборами данного типа.

ABSTRACT

In the modern world, the intensive pace of construction of residential buildings and their infrastructure, as well as industrial facilities and structures, leads to greater urbanization of new territories. In this regard, it is advisable to introduce modern continuous seismic monitoring systems. Conducting tests and surveys using modern digital equipment makes it possible to identify and eliminate signs of seismic vulnerability of buildings and structures during their operation. Such monitoring studies require convenient and compact seismic recording instruments. The article describes the process of designing a seismic instrument model based on geophones with a frequency of 4.5 Hz, testing it, and comparing it with other seismic instruments of this type.

Ключевые слова: сейсмометрический контроль, сейсмический мониторинг, здания и сооружения, сейсмодатчик, землетрясения.

Keywords: seismometric control, seismic monitoring, buildings and constructions, seismic sensor, earthquake.

Библиографическое описание: Орипов Н.К., Янбухтин И.Р., Мусаев У.Т. РАЗРАБОТКА 3D СЕЙСМОДАТЧИКА НА ОСНОВЕ СЕЙСМОПРИЕМНИКОВ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2023. 5(110). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/15504*

Введение

В настоящее время вопросы обеспечения сейсмической безопасности зданий и сооружений занимают ведущее место в строительстве в мировой практике. В связи с этим в развитых странах мира особое внимание уделяется разработке конструктивных решений и антисейсмических мероприятий по обеспечению долговечности и сейсмостойкости при проектировании зданий и сооружений.

Известно, что Узбекистан является одним из сейсмоактивных регионов. Поэтому строительство зданий и сооружений, а также их сейсмостойкость всегда актуальны. Целесообразно внедрить систему непрерывного сейсмического мониторинга и проводить испытания и обследования с помощью современной цифровой приборной аппаратуры с целью выявления и устранения признаков сейсмической уязвимости и аварийности зданий и сооружений в период их эксплуатации.

В последнее время расширяются города, все больше строятся жилые дома, объекты и сооружения промышленного характера. Как правило, при строительстве зданий и сооружений учитывается сейсмическое состояние района, где ведутся строительные работы. Но в процессе эксплуатации этих объектов, происходит их физический и сейсмический износ. Этому способствуют как техногенные процессы, так и природные явления.

Президентом Узбекистана подписан Закон «Об обеспечении сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан» (ЗРУ - № 713 от 13.09.2021 г.). Закон предусматривает строительство зданий и сооружений (оборонных, промышленных, сельскохозяйственных, энергетических, научно-технических комплексов, резервуаров и гидротехнических сооружений, медицинских учреждений, учебных заведений, общественных и жилых зданий; объектов материального и культурного наследия; мостов, путепроводов, тоннелей и дорог) мониторинг и контроль сейсмостойкости, наблюдения за водохранилищами и мониторинг их сейсмостойкости, а также внедрение современных методов прогноза сейсмической опасности и вероятности землетрясений, а также усиление сейсмостойкости сооружений [4].

Согласно этому указу в Центре передовых технологий в рамках проекта «Создание программно-аппаратного комплекса для оценки дефицита сейсмостойкости зданий и сооружений» был разработан образец сейсмического прибора.

В данной статье описывается процессы разработки оптимальной модели сейсмического прибора на базе сейсмодатчиков с собственной частотой 4,5 Гц, запуска его в тестовом режиме и сравнения с другими сейсмическими приборами этого типа.

Основная часть

Одной из основной причиной, влияющей на прочность и целостность объектов, являются сейсмические колебания Земли. И чтобы в будущем предотвратить катастрофы, ведущие к человеческим и экономическим потерям, нужен своевременный сейсмометрический контроль зданий и сооружений.

Сейсмостойкость — это характеристика зданий и сооружений, описывающая степень их устойчивости к землетрясениям. Она является важным параметром в сейсмостойком строительстве, разделе гражданского строительства, который специализируется в области поведения зданий и сооружений под сейсмическим воздействием [5].

Сейсмометрический контроль зданий и сооружений — это специализированный сейсмический мониторинг, в рамках которого выполняются непрерывные наблюдения за конструкциями зданий (сооружений, промышленных объектов народного хозяйства) в целях обеспечения безопасности и предупреждения возможных негативных последствий.

Сейсмический мониторинг зданий и сооружений призван определять текущие сейсмические нагрузки на конструкции и сравнивать их со значениями, заложенными при проектировании. Даже при относительно слабых сейсмических воздействиях могут появляться визуально неидентифицируемые дефекты, которые могут привести к разрушению конструкции. Наличие таких дефектов приводит к изменению формы спектра реакции сооружения, что позволяет обнаружить их на ранних стадиях развития.

Анализ сейсмостойкости является инструментом в сейсмостойком строительстве, который служит для лучшего понимания работы зданий и сооружений под сейсмической нагрузкой [1].

Мониторинг и модальный анализ сейсмостойкости зданий и сооружений современными приборами является актуальной задачей. Эти работы осуществляются с помощью инструментальных исследований (аппаратурно-методической), регистрируются микросейсмические колебания, то есть ведутся кратковременные и непрерывные наблюдения сейсмодатчиками за колебаниями в разных точках здания и на основании этого оценивают уровень их устойчивости. С развитием аппаратурно-методической базы микросейсмические наблюдения приобретают все более широкое применение в геофизических исследованиях, причем преимущественно для практических применений. Это связано с их дешевизной и технологической простотой исполнения, а также с возможностью применения в практически любых ситуациях (например, для тела плотин, стесненных условий площадки и пр.). Все это делает микросейсмические наблюдения приоритетными для целей рекогносцировки перед детальными исследованиями долговременного мониторинга [2]. Для проведения таких мониторинговых исследований необходимы удобные, компактные и многофункциональные сейсмодатчики. Поэтому для анализа полной сейсмостойкости зданий и сооружений необходимо большое количество вышеперечисленных сейсмодатчиков.

Для этого в рамках проекта в Центре передовых технологий был разработан сейсмодатчик (рис.1) для оценки дефицита сейсмостойкости зданий и сооружений. В ходе исследований было разработано и испытано в тестовом режиме несколько образцов, с целью создания оптимальной модели сейсмодатчика. В качестве чувствительной системы сейсмодатчика использовался геофон с собственной частотой 4,5 Гц.

Рисунок 1. Опытная модель сейсмодатчика на основе геофонов с собственной частотой 4,5 Гц

Разработанный сейсмодатчик имеет специально изготовленный корпус, два геофона типа «GH45RTC», предназначенных для регистрации горизонтальных составляющих колебаний грунта под воздействием сейсмических волн, и один геофон типа «GV45RTC», предназначенный для регистрации вертикальных составляющих колебаний грунта. Для регистрации сейсмических сигналов прибор подключается к компьютеру через 16-разрядный 8-канальный автоматический цифровой преобразователь (АЦП) с набором установленных усилителей и фильтров [3]. Для проверки стабильной работы чувствительной системы сейсмодатчика было проведено несколько этапов проверок. Для записи цифровых сигналов использовалась программа WinSDR.

Для проверки работоспособности сейсмодатчика и оценки достоверности получаемых данных рядом с ним был установлен S3S2 - поверхностный сейсмический датчик 3D компании M.A.E. с собственной частотой 2 Гц.

В ходе исследований образец сейсмодатчика и сейсмодатчик S3S2-3D работали синхронно. Оба устройства записывали файлы событий в режиме реального времени в течение 45 дней. За этот период приборы зафиксировали 11 землетрясений магнитудой от M=3,2 до M=5,4 (таблица 1).

Таблица 1.

Каталог землетрясений произошедших в период исследований

№	Дата	Время	Широта	Долгота	Местоположения	Глубина (м)	Магнитуда (Mb)
1.	02.09.2021	04:50:13	37,33	70,01	Афганистан	193	5,3
2.	09.09.2021	23:43:16	36,72	71,13	Афганистан	225	4,5
3.	11.09.2021	06:51:51	41,55	69,12	Казахстан	15	3,6
4.	12.09.2021	15:07:12	41,51	69,13	Казахстан	15	3,3
5.	14.09.2021	19:11:25	41,28	68,74	Казахстан	5	3,2
6.	17.09.2021	22:06:46	39,32	72,72	Таджикистан	202	4,8
7.	17.09.2021	22:22:56	38,67	73,4	Таджикистан	135	4,5
8.	24.09.2021	21:56:37	40,34	70,3	Таджикистан	5	3,8
9.	29.09.2021	07:46:12	41,03	73,37	Кыргызстан	5	4,7
10.	29.09.2021	02:41:29	40,16	71,75	Кыргызстан	5	4,3
11.	30.09.2021	13:04:17	36,57	70,99	Афганистан	266	5,4

Приборы регистрировали вибрации в непрерывном режиме. Оба сейсмометра работали в цифровом режиме регистрации сейсмических событий.

При сравнении опытной модели сейсмодатчика и сейсмометра S3S2-3D значение чувствительности каждого прибора рассчитывалось с помощью программы WinQuake на основании их технических характеристик. Значение чувствительности сейсмометра S3S2-3D – 1,938855027э-006; опытной модели сейсмодатчика – 5,2981906467e-006. Учет значения чувствительности каждого устройства гарантирует качество записываемых событийных файлов и достоверность получаемых данных.

Были рассчитаны магнитуды землетрясений, зарегистрированных синхронно каждым прибором, и определены различия в магнитудах между ними (таблица 2).

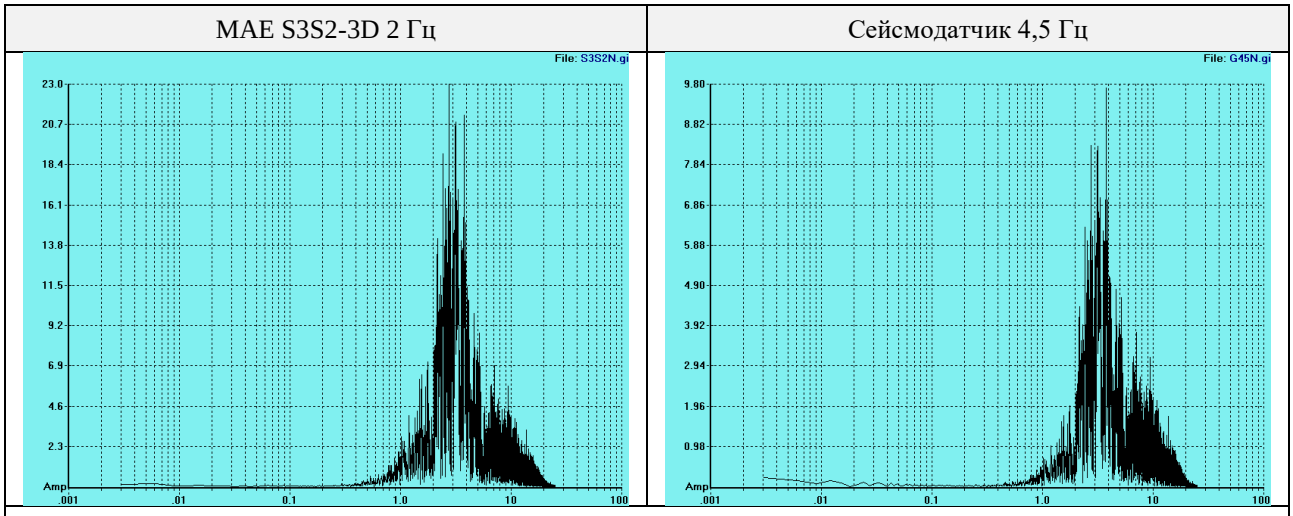
Таблица 2.

Различия между магнитудами землетрясений, зарегистрированных двумя сейсмодатчиками

№	Местоположения	Магнитуда (Mb)		Разница между магнитудами
		S3S2-3D 2 Гц	Сейсмодатчик 4.5 Гц	
1.	Афганистан	5	4,98	0,02
2.	Афганистан	5,38	5,32	0,06
3.	Казахстан	4,78	5	-0,22
4.	Казахстан	4,46	4,52	-0,06
5.	Казахстан	4,98	5,12	-0,14
6.	Таджикистан	5,65	5,56	0,09
7.	Таджикистан	4,59	4,54	0,05
8.	Таджикистан	4,16	4,13	0,03
9.	Кыргызстан	5,17	5,1	0,07
10.	Кыргызстан	5,14	5,06	0,08
11.	Афганистан	5,97	5,88	0,09

Максимальное значение разницы между определенными величинами составило 0,09, а минимальное значение -0,22. Видно, что разница между магнитудами землетрясений, зарегистрированных сейсмометрами при превышении M=5 увеличивается.

Ниже представлен спектр колебаний по трем компонентам (NS, EW, Z) двух сейсмодатчиков (рис.2), с разной чувствительностью (2 Гц, 4,5 Гц), при землетрясении произошедшее в Афганистане 30 сентября 2021 года в 13:04:17 по Гринвичу, с магнитудой M=5,4.



а – компонента NS (север-юг)

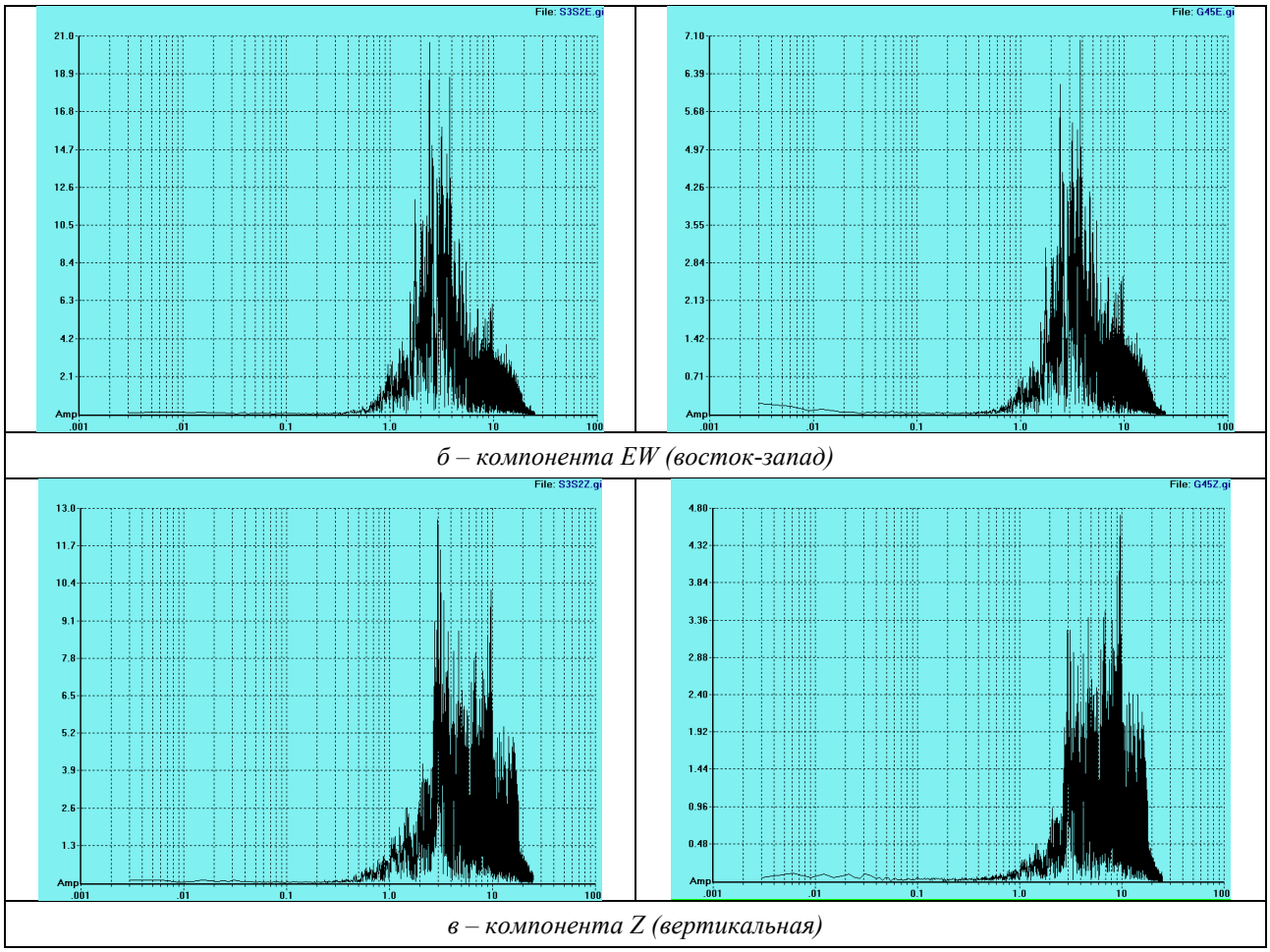


Рисунок 2. Спектр колебаний двух сейсмодатчиков с разной чувствительностью (2 Гц, 4,5 Гц)

Заключение

Исследования показали, что сейсмодатчик на основе геофонов с собственной частотой 4,5 Гц эффективен при оценке дефицита сейсмостойкости зданий и сооружений за короткий промежуток времени. Его также можно использовать для записи землетрясений в непрерывном режиме. Из-за меньшей чувствительности по сравнению с сейсмометром с собственной частотой 2 Гц детализация записи событийных файлов ниже.

При сравнении расчетных магнитуд землетрясений, зарегистрированных одновременно обоими сейсмодатчиками с разной чувствительностью, было выявлено, что разница между ними значительно возрастала, при превышении магнитуды землетрясений M>5.

В целом сейсмограммы отличаются только по амплитуде сигнала. Спектр сейсмограмм практически идентичный. При «линейном» спектре отчетливо видно, что амплитуда и частота сейсмодатчика S3S2-3D 2 Гц М.А.Е. 2-3 раза выше, чем у сейсмодатчика – 4,5 Гц.

Исходя из вышеизложенного, при создании сейсмодатчиков для мониторинга сейсмостойкости зданий и сооружений предпочтительно использовать датчики с собственной частотой 2 Гц.

Список литературы:

1. Ибрагимов А.Х. Обзор современных методов оценки сейсмостойкости зданий и сооружений. Проблемы сейсмологии. №1. Ташкент-2021. 52-59 с.
2. Тимофеев В.Ю., Арнаутов Г.П., Талиев С.Д., Сарычева Ю.К., Калиш Е.Н., Стусь Ю.Ф., Анисимова Л.В., Жданов А.А. Изучение современных движений земной коры в районах крупных водоемов юга Сибири методом регистрации водного уровня //Геология и геофизика. -1997 г. –Т. 38, № 12.- 1993-2000 с.
3. Хамидов Х.Л., Ибрагимов А.Х., Хамидов Л.А. Современное состояние и результаты сейсмического мониторинга на плотине и береговых склонах. Чарвакского водохранилища. Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, Т.4, № 3, 2020г. 289 с.
4. “O‘zbekiston Respublikasi aholisi va hududining seysmik xavfsizligini ta’minlash to‘g‘risida”gi Qonun (O‘RQ–713-son, 13.09.2021 y.) https://www.lex.uz/uz/docs/5630180
5. Valentin Shustov (2012), "Seismic fitness: on some features of earthquake engineering". https://ru.wikipedia.org/wiki/Сейсмостойкость