

ДИНАМИКА КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙУДК 699.841:699.812.2
DOI: 10.22363/1815-5235-2019-15-1-75-80

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

Анализ пожарной опасности сейсмозащитных деформационных швов**И.У. Маджидов¹, Б.Т. Ибрагимов^{2*}, А.А. Сулейманов³**¹Министерство высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан
Республика Узбекистан, 100100, Ташкент, ул. 2-я Чимбайская, 96²Институт пожарной безопасности МВД Республики Узбекистан
Республика Узбекистан, 100123, Ташкент, ул. Сергели, д. 4, корп. 1А³Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова
Республика Узбекистан, 100100, Ташкент, ул. Университетская, 1–3

*ibragimov-dem@yandex.com

(поступила в редакцию: 10 октября 2018 г.; доработана: 26 декабря 2018 г.; принята к публикации: 22 января 2019 г.)

Цель. Исследование пожарной опасности сейсмозащитных деформационных швов, которые в последнее время стали практически основной составляющей сейсмозащиты зданий и сооружений. Выявление степени пожарной опасности данной строительной конструкции. Выработка профилактических мер по обеспечению пожарной безопасности зданий и сооружений, возведенных с применением сейсмозащитных деформационных швов. Актуальность проблемы заключается в том, что при разрушении деформационных сейсмозащитных швов в период сейсмоздействия создаются условия для распространения горения (обычно возникающего вторично при землетрясениях) из одного отсека здания в другой (защищенный перегородками, противопожарными отсеками, тамбур-шлюзами). То есть горению открывается возможность для обхода специальных защит, поставленных во избежание его распространения.

Методы. С точки зрения пожарной безопасности изучены антисейсмические деформационные швы. В работе в основном рассматриваются деформационные швы, используемые при установке алюмопанелей для дизайна зданий и сооружений. Показана связь пожарной опасности антисейсмических швов с технологическими и эксплуатационными ошибками исполнителей. Проведены испытания различных сейсмозащитных деформационных швов на пожарную опасность.

Результаты. Установлена необходимость разработки специальной нормативной документации, вносящей конкретные правила исполнения деформационных швов, особенно предназначенных для повышения сейсмобезопасности зданий и сооружений.

Ключевые слова: пожарная безопасность, антисейсмический деформационный шов, огнезащитные термопокрытия, строительная конструкция, алюмопанель, транзитный трубопровод, воластанит, базальтовое волокно, специальные нормативные документы, сейсмозащита, антисейсмические швы

Введение

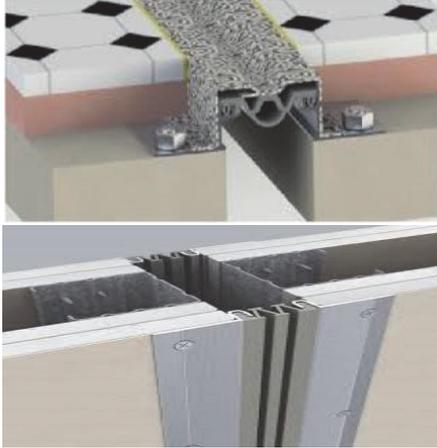
В статье преимущественно рассматриваются деформационные швы, используемые при установке алюмопанелей для дизайна зданий и сооружений, однако основные выводы по результатам исследования в достаточной степени подходят и для других деформационных швов¹, используемых в строительстве.

При сейсмической нагрузке деформационные швы достаточно часто рассыпаются (разрушаются), что позволяет в последующем вторичным пожарам свободно добираться до горючего наполнителя и основы строительной конструкции. В связи

¹ Деформационный шов – вертикальный зазор, заполненный эластичным материалом, расчленяющий стены здания. Его назначение – предотвратить появление трещин от перепада температур и неравномерной осадки. Подобные швы также используются как сейсмозащитные, поэтому иногда их называют антисейсмическими швами.

© Маджидов И.У., Ибрагимов Б.Т.,
Сулейманов А.А., 2018This work is licensed under a Creative Commons
Attribution 4.0 International License

с этим пожарная опасность деформационных швов, прежде всего, состоит в том, что пространство, открытое из-за технологии шва, доступно огню, так как часто технологически жесткость, прочность и огнестойкость деформационного шва ниже, чем у материала конструкции, который он должен защищать. В Узбекистане пока не разработаны отечественные стандарты, и в деформационные швы чего только не закладывают [1–2; 4]:



от доски, обмазанной битумом, до пенопласта или пенополистирола, поэтому пожарная опасность деформационных швов очень высокая. На рисунках, расположенных ниже, видны отверстия, через которые пламя может добраться до горючих материалов.

Конструктивно деформационный шов состоит из алюминиевых направляющих с плотно вставленным уплотнительным профилем (рис. 1).



Рис. 1. Исполнение сейсмических деформационных швов
[Figure 1. Execution of seismic expansion joints]

Данный вид шва специально разработан и исполнен для районов с повышенной сейсмической активностью. Он рассчитан на высокие показатели деформационных перемещений во всех плоскостях. Также данная конструкция подходит для широких швов – до 500 мм².

В зависимости от ширины шва меняется лишь пластина, жестко соединяющая два профиля конструкции между собой.

Испытания профилей сейсмических швов на сейсмопожароопасный фактор

Конструкция шва препятствует попаданию внутрь него грязи и обеспечивает водонепроницаемость и устойчивость к износу при тяжелых эксплуатационных условиях. Результаты испытания профилей сейсмических швов на сейсмопожароопасный фактор сведены в таблице.

Швы технологически не требуют проведения профилактических работ и устойчивы к старению [3].

² ГОСТ 30444-97. Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени.

ГОСТ 30403-96. Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности.

ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

Уплотнительный профиль изготовлен из плотной термо-, свето-, озono-, морозостойкой резины на основе этиленпропиленового каучука (EPDM) и устойчив к воздействию озона, ультрафиолета, маслам, бензину и антиобледенительным солям.

Однако этот тип деформационного шва является достаточно пожароопасным, так как сеймонагрузка способна быстро разрушить его и образовать в строительной конструкции композиции здания значительные отверстия. Кроме того, в ходе горения разрушаются (деструктивное разложение наполнителя) и слои между основными металлическими конструкциями, создавая еще большие отверстия, дающие возможность распространению неконтролируемого горения. На рис. 3 показан результат пожара в многоэтажном здании. Поскольку в технологии возведения здания использовались конструктивно-технологические швы, горение получило возможность распространяться не только снизу вверх, но и по горизонтали, а также внутрь здания. Через эти швы и отверстия, образовавшиеся в ходе вторичных пожаров (после землетрясения), пламя начинает разрушать основные несущие конструкции, в результате чего происходит разрушение всего здания. Эта версия подкрепляется следующей информацией.

Испытание профилей сейсмических швов на сейсмопожароопасный фактор
 [Table. Test profiles of seismic joints on the seismic/fire factor]

Т/Н	Термическая нагрузка, °С [Thermal load, °C]	Балльность сейсмонагрузки [Earthquake intensity degree]	Разрывная машина Р100 [Pull test machine P100]
1	Без термической нагрузки [Thermal load free]	4–6 7–9	$\sigma_{см} = 200 \text{ МПа}$ $\tau_{ср} = 60 \text{ МПа}$ $\sigma_{см} = 180 \text{ МПа}$ $\tau_{ср} = 50 \text{ МПа}$
2	100	4–6 7–9	$\sigma_{см} = 180 \text{ МПа}$ $\tau_{ср} = 56 \text{ МПа}$ $\sigma_{см} = 140 \text{ МПа}$ $\tau_{ср} = 48 \text{ МПа}$
3	200	4–6 7–9	$\sigma_{см} = 150 \text{ МПа}$ $\tau_{ср} = 52 \text{ МПа}$ $\sigma_{см} = 120 \text{ МПа}$ $\tau_{ср} = 42 \text{ МПа}$
4	300	4–6 7–9	$\sigma_{см} = 130 \text{ МПа}$ $\tau_{ср} = 45 \text{ МПа}$ $\sigma_{см} = 100 \text{ МПа}$ $\tau_{ср} = 34 \text{ МПа}$
5	400	4–6 7–9	$\sigma_{см} = 110 \text{ МПа}$ $\tau_{ср} = 36 \text{ МПа}$ $\sigma_{см} = 87 \text{ МПа}$ $\tau_{ср} = 26 \text{ МПа}$
6	500	4–6 7–9	$\sigma_{см} = 90 \text{ МПа}$ $\tau_{ср} = 32 \text{ МПа}$ $\sigma_{см} = 78 \text{ МПа}$ $\tau_{ср} = 22 \text{ МПа}$
7	600	4–6 7–9	$\sigma_{см} = 84 \text{ МПа}$ $\tau_{ср} = 18 \text{ МПа}$ $\sigma_{см} = 61 \text{ МПа}$ $\tau_{ср} = 16 \text{ МПа}$

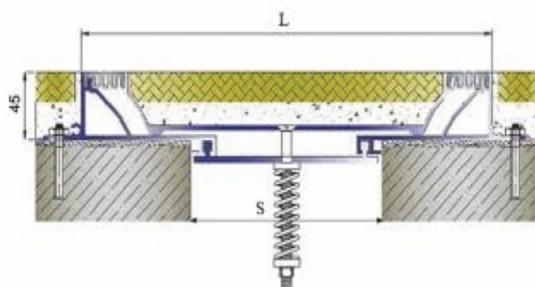


Рис. 2. Схемы применения сейсмического деформационного шва в конструкции
 [Figure 2. Scheme of application of the seismic expansion joint in the structure]



Рис. 3. Результат пожара в многоэтажном здании (охват пламени со всех сторон)
 [Figure 3. The result of a fire on a multi-storey building (flame coverage on all sides)]

В результате проникновения пламени к горючей основе в здании возникают крупные и опасные пожары. На рис. 4 видно, что для улучшения дизайна здания использовались алюмопанели. На стыках конструкций таких типов панелей используются деформационные швы. В результате горение получило возможность для быстрого распространения, когда согласно Боевому уставу пожарной охраны (БУПО) необходимо предпринимать

оперативные действия с применением специальных технических средств, а также привлекать дополнительные силы [6].

Рис. 4 иллюстрирует переход горения на верхние этажи, отрезающий путь для эвакуации и спасения пострадавших. Если же пожар произойдет на самом верхнем этаже (рис. 4, справа), то отвалившиеся конструкции покрытия, установленные с целью улучшения дизайна здания, не только

сгорят сами, но создадут угрозу полного выгорания материальных ценностей внутри здания.

Данное обстоятельство подтверждает статистика пожаров в республике Узбекистан, где при возведении зданий и сооружений использовались деформационные швы.

Даже заполнение деформационных швов минеральной ватой, вопреки ожиданиям, не защищает деформационные швы при пожаре. Большая часть противопожарных материалов (например, та же минеральная вата) относятся к классу стро-



ительных материалов КМ0, группа «негорючие» (НГ), но для эффективной противопожарной защиты только этого факта недостаточно. Хорошей защитой в таких случаях может являться использование защитной строительной конструкции из слоя негорючих и эластичных материалов на основе волластонита и базальтового волокна. Высокая огнестойкость и достаточная эластичность позволяет им препятствовать разрушению строительной конструкции при сейсмических нагрузках [5; 8].



Рис. 4. Пожар в многоэтажном здании
[Figure 4. Fire in a multi-storey building]

Подводя итог, можно сказать, что правильное использование деформационных швов для защиты сооружений с точки зрения пожарной безопасности – это достаточно актуальная задача. К сожалению, в Узбекистане это направление только развивается [10].

В Европе теме противопожарной защите деформационных швов посвящено 2 стандарта: EN 1366-4:2006+A1:2010. Fire resistance tests for service installations. Linear joint seals [Инженерное оборудование зданий. Испытания на огнестойкость. Линейные уплотнения швов] и EN 13501-2:2007. EN 13501-2:2007. Fire classification of construction products and building elements. Part 2. Classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation services, NEQ [Пожарная классификация строительных изделий и элементов зданий. Классификация с использованием результатов испытаний на огнестойкость, за исключением вентиляционных систем].

Еще одним видом защиты является покрытие сейсмических деформационных швов специальными огнезащитными термопокрытиями (являющимися достаточно эластичными при эксплуатации). Обязательной является защита строительной конструкции и здания в целом, а также огнезащита всех транзитных трубопроводов и коммуникаций [7; 9; 11].

Выводы

Деформационные швы, исполняемые как специальные антисейсмические защитные конструкции, обладают повышенной пожарной опасностью из-за нарушений элементарных требований противопожарной безопасности. В связи с этим в республике Узбекистан крайне важна разработка специальных нормативных документов, вносящих конкретные правила исполнения деформационных швов, особенно предназначенных для повышения сейсμβезопасности зданий и сооружений.

Список литературы

1. *Ахмедов М.А.* Оценка повреждаемости наиболее распространенных типов конструкции жилых зданий при сильных землетрясениях в республике // Оценка сейсмической опасности и сейсмического риска: материалы Международной конференции. Ташкент, 2004. С. 20–33.
2. *Баласанян С.Ю., Назаретян С.Н., Амирбекян В.С.* Сейсмическая защита и ее организация. Гюмри: Эльдорадо, 2004. 436 с.
3. *Сулейманов А.А., Курбанбаев Ш.Э., Ибрагимов Б.Т. и др.* Энергетическая цена вероятности обеспечения безопасности от самопроизвольной эволюции системы // Архитектура и дизайн: научно-технический журнал Ташкентского архитектурного института. 2017. № 3–4. С. 108–111.

4. Курбанбаев Ш.Э., Сулейманов А.А., Магруппов А.М. Степень риска энергетической зависимости обеспечения безопасности от опасного фактора. Ташкент: ИПБ МВД РУз, 2018. С. 76–79.

5. Яскевич М.В., Сулейманов А.А., Таманова В.В. Универсальный временной вектор при спасении пострадавших в результате сонаправленного воздействия сейсмопожароопасного фактора // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты: сб. статей студентов, магистров, аспирантов, молодых ученых и преподавателей. Вып. 26. Пермь, 2018. С. 58–59.

6. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 16.10.2017, № 444 «Об утверждении Боевого Устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».

7. Расул-Заде Д.А., Сулейманов А.А., Будовкина А.А. Эффективность консультативных комитетов для снижения вероятности рисков действий подразделений при чрезвычайных ситуациях в нефтегазовой отрасли // Новые информационные технологии в науке: сб. статей Международной научно-практической конференции. Челябинск, 2018. С. 17–19.

8. Suleymanov A.A., Ibragimov B.T. Model test of a building design for destruction at influence of the compelled fluctuations // European science review. 2017. No. 9–10. Pp. 11–13.

9. Ibragimov B.T., Suleymanov A.A. Research of Thermal and Mechanical Influence on Ferro-Concrete Designs with Damping Inserts // International Journal of Advanced Research in Science Engineering and Technology. 2017. Vol. 4. Issue 9. Pp. 4595–4598.

10. Kholmatov K., Musaev M.N., Khashimova D., Wei Wu. Geophysical site characterization of landfill in Uzbekistan // Proceedings of the International Symposium on Geoenvironmental Engineering in Hangzhou, Hangzhou, September 8–10, 2009. Springer Verlag.

11. Musaev M.N., Khashimova D., Kholmatov K. Management of environmental risks of landfill operation in

seismically active regions of the CIS countries of Central Asia // Proc. 11th Int. Conf. on Environment and Mineral Processing, Ostrava, Czech Republic / P. Fecko, V. Cablik (eds.). 2017. Vol. 1. Pp. 17–22.

Об авторах

Маджидов Иномжон Урушев – доктор технических наук, профессор, Министерство высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан (Ташкент, Республика Узбекистан). *Область научных интересов:* теория и практика применения упруго-пластических элементов и конструкций для повышения устойчивости зданий и сооружений. *Контактная информация:* e-mail – vazir@edu.uz

Ибрагимов Бахром Ташмуратович – кандидат технических наук, докторант, Институт пожарной безопасности, МВД Республики Узбекистан (Ташкент, Республика Узбекистан). *Область научных интересов:* использование активных средств сейсмопожаробезопасных демпферных систем и средств, для защиты зданий и сооружений. *Контактная информация:* e-mail – ibragimov-dem@yandex.com

Сулейманов Адилжан Арифджанович – доктор технических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова (Ташкент, Республика Узбекистан). *Область научных интересов:* теоретические и практические проблемы обеспечения безопасности при кризисных и экстремальных явлениях технических и социальных систем. *Контактная информация:* e-mail – baxa332@gmail.com

Для цитирования

Маджидов И.У., Ибрагимов Б.Т., Сулейманов А.А. Анализ пожарной опасности сейсмозащитных деформационных швов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2019. Т. 15. № 1. С. 75–80. DOI: 10.22363/1815-5235-2019-15-1-75-80

RESEARCH PAPER

Fire danger analysis of seismic expansion joints

Inomzhon U. Madzhidov¹, Bahrom T. Ibragimov^{2*}, Adiljan A. Suleymanov³

¹Ministry of Higher and Secondary Special Education of Uzbekistan
96 2-ya Chimbay St., Tashkent, 100100, Republic of Uzbekistan

²Institute of Fire Safety of MIA of the Republic of Uzbekistan
4 Sergeli St., bldg. 1A, Tashkent, 100123, Republic of Uzbekistan

³Tashkent State Technical University named after Islam Karimov
1–3 University St., Tashkent, 100100, Republic of Uzbekistan

*ibragimov-dem@yandex.com

(received: October 10, 2018; revised: December 26, 2018; accepted: January 22, 2019)

Abstract. Aim of the research. Investigation of fire danger of seismic expansion joints, which have recently become almost the main component of seismic protection of buildings and structures. Identify the degree of fire danger of the building structure. Develop preventive measures to ensure fire safety of buildings and structures where seismic expansion joints

are used. The relevance of this problem lies in the fact that the destruction of deformation seismic joints in seismic conditions for the spread of combustion (usually secondary occur in earthquakes) from one compartment of the building to another (protected by partitions, fire compartments, locks). That is, combustion opens the possibility to bypass special protections put in its way, in order to avoid its spread.

Methods. Antiseismic deformation joints have been studied from the point of view of fire safety. The work mainly deals with the expansion joints used in the installation of aluminum panels for the design of buildings and structures. The connection of fire danger of antiseismic joints combined with technological and operational errors of performers is shown. Tests of various seismic protection joints for fire danger have been carried out.

Results. It is concluded that it is necessary to develop a special regulatory documentation that introduces specific rules for the execution of expansion joints, especially designed to improve the seismic safety of buildings and structures.

Keywords: fire safety, antiseismic expansion joint, fire-retardant thermoconcrete, construction, alumayer, transit pipeline, volastonit, basalt fiber, special regulations, seismic protection, earthquake-proof joints

References

1. Akhmedov M.A. (2004). Assessment of damage to the most common types of construction of residential buildings in case of strong earthquakes in the Republic // *Assessment of seismic hazard and seismic risk: Proceedings of the International conference*, Tashkent, 20–33. (In Russ.)
2. Balasanyan S.Yu., Nazaretyan S.N., Amirbekyan V.S. (2004). *Seismic protection and its organization*. Gyumri: Eldorado Publ., 436. (In Russ.)
3. Suleymanov A., Kurbanbaev Sh.E., Ibragimov B.T. et al. (2017). The energy price of the probability of security from the spontaneous evolution of the system. *Architecture and design: Scientific and Technical Journal of the Tashkent Institute of Architecture*, (3–4), 108–111. (In Russ.)
4. Kurbanbayev W.E., Suleimanov A.A., Magrupov A.M. (2018). *The risk of energy dependence of security threat factor*. Tashkent: IPB, Ministry of Internal Affairs of the Republic of Uzbekistan, 76–79. (In Russ.)
5. Jaskiewicz M.V., Suleymanov A.A., Timanova V.V. (2018). Universal time vector in rescuing victims from the directional effects of the seismic fire factor. *The Development of modern science: theoretical and applied aspects: collection of students' articles, graduate students, young scientists and teachers*, 26, 58–59. Perm. (In Russ.)
6. The order of the Ministry of the Russian Federation for civil defense, emergencies and elimination of consequences of natural disasters of 16.10.2017 No. 444 "On approval of the combat charter of fire protection units, which determines the order of fire extinguishing and rescue operations." (In Russ.)
7. Rasul-Zadeh D.A., Suleymanov A.A., Pudovkin A.A. (2018). The effectiveness of the advisory committees to mitigate the likelihood of risk units of action in emergency situations in the oil and gas industry. *New information technologies in science: articles collection of the International scientific-practical conference*. Chelyabinsk, 17–19. (In Russ.)
8. Suleymanov A.A., Ibragimov B.T. (2017). Model test of a building design for destruction at influence of the compelled fluctuations. *European science review*, (9–10), 11–13.
9. Ibragimov B.T., Suleymanov A.A. (2017). Research of Thermal and Mechanical Influence on Ferro-Concrete Designs with Damping Inserts. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 4(9), 4595–4598.
10. Kholmatov K., Musaev M.N., Khashimova D., Wei Wu. (2009). Geophysical site characterization of landfill in Uzbekistan. *Proceedings of the International Symposium on Geoenvironmental Engineering in Hangzhou, Hangzhou, September 8–10*. Springer Verlag.
11. Musaev M.N., Khashimova D., Kholmatov K. (2007). Management of environmental risks of landfill operation in seismically active regions of the CIS countries of Central Asia. In P. Fecko, V. Cablik (Eds.). *Proc. 11th Int. Conf. on Environment and Mineral Processing, Ostrava, Czech Republic, 1*, 17–22.

About the authors

Inomjon U. Madzhidov – DSc in Technical Sciences, Professor, Ministry of Higher and Secondary Special Education of Uzbekistan (Tashkent, Republic of Uzbekistan). *Research interests:* theory and practice of the use of elastic-plastic elements and structures to improve the stability of buildings and structures. *Contacts:* e-mail – vazir@edu.uz

Bahrom T. Ibragimov – PhD in Technical Sciences, Doctoral Candidate of the Institute of Fire Safety of MIA of the Republic of Uzbekistan (Tashkent, Republic of Uzbekistan). *Research interests:* the use of active seismic fire safe damper systems and means for the protection of buildings and structures. *Contacts:* e-mail – ibragimov-dem@yandex.com

Adyljan A. Suleymanov – DSc in Technical Sciences, Professor of the Life Safety Department, Tashkent State Technical University named after Islam Karimov (Tashkent, Republic of Uzbekistan). *Research interests:* theoretical and practical problems of security in crisis and extreme phenomena of technical and social systems. *Contacts:* e-mail – baxa332@gmail.com

For citation

Madzhidov I.U., Ibragimov B.T., Suleymanov A.A. (2019). Fire danger analysis of seismic expansion joints. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, 15(1), 75–80. DOI: 10.22363/1815-5235-2019-15-1-75-80 (In Russ.)