

APPROVAL OF THE DEVELOPED VISUAL ASSESSMENT OF SEISMIC RESISTANCE, TAKING INTO ACCOUNT THE IRREGULAR WALL INFILL

¹**Murashko O.V.**, Ph.D., Assistant Professor,
alexeymurashko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2812-5951

¹**Ilham B.**, post-graduate student,
ilham.ben91@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6184-1151

¹**Abdelhadi M.**, bachelor,
Abdelhadimohammed07@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0023-6449

¹*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*
4, Didrikhson street, Odessa, 65029, Ukraine

Abstract. The purpose of this article is to test the proposed methodology for the visual assessment of the earthquake resistance of buildings with flat slab frame, taking into account the influence of non-structural wall infill. The object of study is located in 126, Tolbukhin Street in Odessa. Visual assessment is a method of expert assessment which includes a visual inspection of the building using a specially designed form that takes into account the main parameters that determine the level of building earthquake resistance. Such an assessment formalizes the expert approach to the research, and due to this, significantly reduces the time period necessary to determine the earthquake resistance of a building.

In international practice, a visual assessment of earthquake resistance is a tool for rapid mass assessment of both individual buildings and city blocks, as well as entire settlements in order to compile a list of objects that require detailed investigation, and also such an assessment allows to develop scenarios of rescue operations during earthquakes. There is no similar assessment system in Ukraine. Today, in the developed three-level system for assessing the actual seismic resistance, the first level is a visual assessment. The second and third levels are, respectively, certification of seismic resistance and a more detailed analysis in the form of nonlinear calculation methods in combination with the results of engineering-seismometric monitoring. At this stage of development of the first level of the system for assessing the actual seismic resistance, a list of critical criteria has been formed that are crucial in the assessment of seismic resistance, and an evaluation form is proposed. Due to the fact that international codes experience is very controversial when taking into account the influence of non-structural wall infill, the consequences of earthquakes are considered as a decisive argument. According to the results of their analysis, the influence of non-structural wall infill on the seismic resistance of frame buildings was revealed and systematized. Based on this, the form of the visual assessment of seismic resistance has been expanded to allow for non-structural wall infill.

Keywords: rapid visual screening, RVS forms, reinforced concrete framework structures, irregular wall infill.

Introduction. Rapid Visual Screening (RVS) is a system of assessment based on the expert's opinion, formed by visual inspection of the object and a special form completed on its basis, made in a short period of time (from one to four hours) [1]. To carry out a mass assessment of the seismic resistance of existing buildings in Ukraine today is possible only through the use of such an assessment system [2].

The experience gained in the world testifies to the widespread use of RVS systems. However, the use of any of them in Ukraine is impossible for many reasons: differences in regulatory bases, construction culture, national characteristics and traditions, both in regulatory documents [3], in the design and construction, as well as the lack of systematic information on the construction fund of objects. Therefore, a three-tier system for the assessment of actual seismic resistance is under development, the first stage of which is the RVS. One of the main differences of the developed system for frame houses is the consideration of the influence of non-load-bearing wall infill.

With different approaches to taking into account the effects of non-load-bearing wall infill in the operation of buildings under seismic impacts [4], which are sometimes polar opposite, the earthquake effects are decisive. According to the results of their analysis, the influence of non-bearing wall infill (hereinafter – NWI) on the seismic stability of the bearing scheme was identified and systematized.

Analysis of recent research. Visual assessment of earthquake resistance is a widespread worldwide method of seismic assessment, which is used in many countries (USA, India, Switzerland, New Zealand, Turkey) [5]. However, all foreign systems have significant drawbacks that make it impossible to use them in Ukraine. The following disadvantages include: local regulations and building traditions, the availability of systematic information on existing construction, also none of the RVS techniques take into account the influence of non-load-bearing wall infill.

The goal of the work – to test the proposed methodology with the influence of the NWI, which must be taken into account in visual assessment of seismic stability.

Research methodology is to systematize the effects of earthquakes on frame buildings with non-load-bearing wall infill. According to the results of the systematization, a form of visual assessment of the seismic stability was developed, which was tested on the existing house.

Main part. Irregular positioning of the NWI can lead to consequences for both the irregularly positioned element and the whole design scheme as a whole.

According to the results of the analysis of the effects of earthquakes, the authors conclude [6-7] that the irregular location of non-bearing wall infill has a significant impact on the seismic stability of frame buildings. Summarizing the analyzed consequences, we can distinguish the following main variants of irregularity of wall infill, which significantly affect the seismic stability of buildings:

1. Irregular arrangement of wall infill within a separate span.
2. Irregular arrangement of wall infill on typical floors.
3. Irregular arrangement of wall infill within the separate/first floor.
4. Irregular wall infill, which leads to the destruction of reinforced concrete frame type «short columns».
5. Irregular arrangement of wall infill within the separate/first floor leads to the destruction of reinforced concrete frame in the type of «flexible floor».

These major types of destruction have been confirmed by numerical and laboratory studies and taken into account in the form of visual assessment previously developed by the authors [8].

The main stages of visual assessment. According to the developed visual assessment technique [9-10], chamber work should always precede and complete the object survey.

Initial chamber studies include:

1. Determining the location of an object – forming a situation scheme in the form of gis or satellite images.
2. Search and analysis of available project documentation and results of engineering research.
3. Determination of the main technical and economic indicators, class of consequences, soil category by seismic properties and seismicity.

Field studies include:

1. Object overview.
2. Determination of availability of critical criteria and irregularity of the NWF.
3. Photo fixation.
4. Measurements of basic dimensions.

The final chamber works include:

1. Summarizing the results of the review.
2. Report design.
3. Forming a conclusion about the seismic stability of the object and the need for further research.

Short information about the object. According to the results of the work on the determination of seismic stability, fragments of design documentation and the results of engineering-geological studies were obtained (the category of soils by seismic properties is the second).


- The building is a three-storey building with a basement. The form in the plan is wrong (in the form of two rectangles).

- Dimensions in plan: 38 × 14 m.

- The building was designed and constructed in 2014.

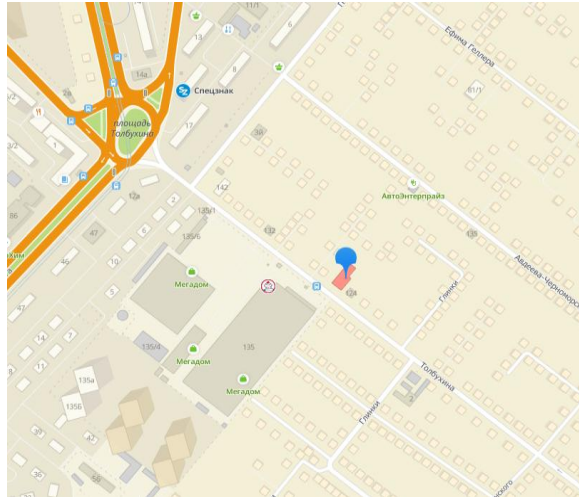
In the Table. 1 is a form for assessing the seismic stability of an object.

Table – 1 Form of seismic assessment of the object

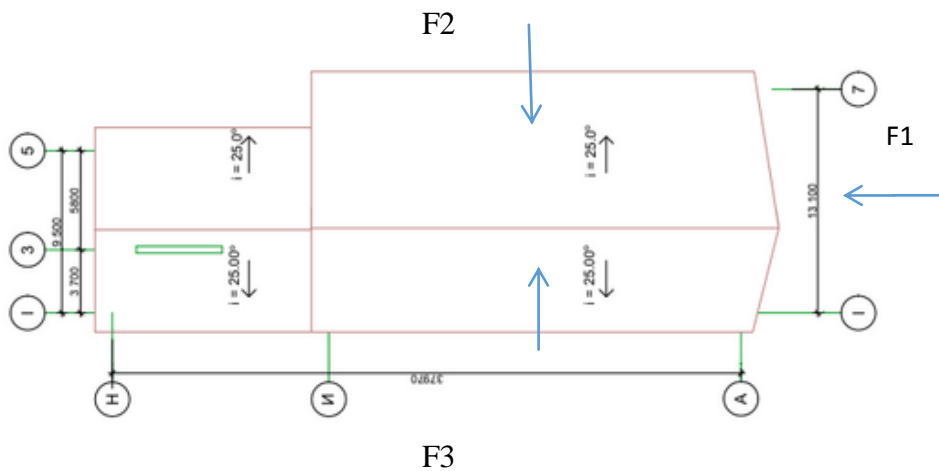
(Characteristic view, form a general idea of the object)		Address – 126, Tolbukhin str., Number of floors – 3 Building area, m ² – 1200 Erection year – 2014 Purpose – Residential The cost of the object according to DSTU 8855: 2019 (in minimum wages) – 734 The class of consequences [3] – CC2 Seismicity of the site – 7 Category of soils by seismic properties – II Other	
		Expert (Full Name of Qualification Certificate): OV Murashko, AE 005333	
Number of people staying at the property			
Constantly	Periodically	Outside	
<50 50-400 >400	<100 100-1000 >1000	<100 100-50K >50K	
Is the object of cultural heritage		NO	
Critical criterion			
1. Location in areas of possible manifestation of tectonic faults on the surface		2. Areas of possible passage of mudflows and avalanches	
3. With steepness of slopes over 15°		4. Scree, landslides, landslides	
5. Tsunami danger area		6. Category IV soils by seismic properties	
7. Karst, suffusion, mining		8. The presence of a nearby object that may collide	
9. The presence of structural elements in a state of disrepair		10. The presence of irregularities in the plan	X
11. The presence of irregularity in height		12. Notes:.	
13. Irregularity of wall infill			
13.1. Irregular placement of wall infill within a separate span		13.2. Irregular arrangement of wall infill within separate 2nd and higher floors	X
13.3. Irregular arrangement of wall infill on typical floors		13.4. Irregular arrangement of wall infill within the ground floor	X

<p>13.5. Irregular wall infill leading to the destruction of reinforced concrete frame by the «short-column effect»</p>	<p>13.6. Irregular arrangement of wall infill within a separate first floor, which leads to the destruction of reinforced concrete frame in the type of «flexible floor»</p>	<p>X</p>
---	--	-----------------

Situational plan (scheme)




Form in plan showing the points of fixation



Facade 1



Facade 2

 <p style="text-align: center;">Facade 3</p>	<p style="text-align: center;">Facade 4 access to the rear facade was not provided</p>
<p>Photo fixation of detected critical criteria of the object (if detected)</p>	
<p>Critical criteria no. 10, 11, 13.2, 13.4, 13.6 are visible on facades no. 1 and no. 2</p>	
<p>Expert opinion</p>	
<p>The facility is potentially non-seismic and requires certification (Level 2 SOFS)</p>	

Research results. Given that visual assessment of seismic stability is a part of a three-tier system for assessing actual seismic stability, a further, more detailed, inspection of the object by means of passporting is required in the first step when detecting a seismic deficit.

Conclusions:

1. The main stages of visual assessment of seismic stability are described in the paper.
2. The influence of non-bearing wall infill is substantiated.
3. The proposed method of estimation of the actual seismic stability was tested on a three-storey residential building with public premises in 126, Tolbukhin Street in Odessa.
4. According to the results of the assessment it is determined that the object is potentially not earthquake resistant and requires certification (Level 2 level of three-tiered system for assessing the actual seismic resistance).

References

[1] FEMA 154. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. A Handbook Edition 3, FEMA, 2015.

[2] V. Dorofeev, K. Yegupov, A. Murashko, O. Adamov, "A new approach to buildings seismic resistance assessment in Ukraine", *Proceedings of the 2-nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, Istanbul, Turkey, pp. 138-143, 2014.

[3] DBN B.1.1-12:2014. Budivnytstvo u seismichnykh raionakh Ukrainy. K.: Minrehion Ukrainy, 2014.

[4] H. Kaushik, D. Rai, S. Jain, "Code Approaches to Seismic Design of Masonry-Infilled Reinforced Concrete Frames", *Earthquake spectra*, pp. 961-983, 2006.

[5] O. Murasko, I. Benradi, "Analysis of world experience in the field of rapid visual screen", *Visnyk ODABA*, vol. 58, pp.275-282, 2015.

[6] A. Furtado, N. Vila-Pouca, H. Varum A. Arêde, "Study of the Seismic Response on the Infill Masonry Walls of a 15-Storey Reinforced Concrete Structure in Nepal", *Journal of Buildings*, vol. 2, no. 09-00039. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2075-5309/9/2/39/htm>. Accessed on: December 11, 2019.

- [7] R. Vicente, H. Rodrigues, A. Costa, H. Varum, Mendes da Silva, "Masonry enclosure walls: lessons learnt from the recent Abruzzo earthquake J.A.R", *14th European Conference on Earthquake Engineering*, Ohrid, pp. 499–507, 2010.
- [8] A. Yakut, V. Aydogan, G. Ozcebe, M.S. Yucement, "Preliminary seismic vulnerability assessment of existing reinforced concrete buildings in Turkey", Part II, *Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings*, pp. 43-58, 2005.
- [9] Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook (2nd edition), prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency, FEMA 154 Report, Washington D.C. ATC, January 2002.
- [10] Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings - A Pre-standard, prepared by the American Society of Civil Engineers for the Federal Emergency Management Agency, FEMA 310 Report, Washington D.C. January 1998.

**АПРОБАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ
ВІЗУАЛЬНОЇ ОЦІНКИ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ
З УРАХУВАННЯМ НЕРЕГУЛЯРНОГО СТІНОВОГО ЗАПОВНЕННЯ**

¹**Мурашко О.В.**, к.т.н., доцент,
alexeymurashko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2812-5951

¹**Бенрадї І.**, аспірант,
ilham.ben91@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6184-1151

¹**Абдельхадї М.**, бакалавр,
Abdelhadimohammed07@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0023-6449

¹*Одеська державна академія будівництва та архітектури*
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна

Анотація. Метою даної статті є апробація запропонованої методики візуальної оцінки сейсмостійкості будинків з безригельним каркасом з урахуванням впливу нерегулярного розташування ненесучого стінового заповнення. Об'єкт дослідження знаходиться в місті Одеса за адресою Толбухіна, 126. Візуальна оцінка є методом експертних оцінок включає в себе візуальне обстеження будівлі з використанням спеціально розробленої форми, яка враховує основні параметри, що визначають рівень сейсмостійкості будівлі. Така оцінка формалізує експертний підхід для дослідження, та завдяки цьому суттєво зменшує період часу необхідний для визначення сейсмостійкості будівлі. У світовій практиці візуальна оцінка сейсмостійкості – це інструмент для оперативної масової оцінки, як окремих будівель і кварталів, так і цілих населених пунктів, щоб скласти перелік об'єктів, які потребують детального дослідження, а також така оцінка дозволяє розробляти сценарії рятувальних робіт при землетрусах.

В Україні подібного роду система оцінки відсутня. На сьогоднішній день в рамках розроблюваної трирівневої системи оцінки фактичної сейсмостійкості першим рівнем є візуальна оцінка. Другий і третій рівні – відповідно паспортизація сейсмостійкості і більш детальний аналіз у вигляді нелінійних методів розрахунку в поєднанні з результатами інженерно-сейсмометричних спостережень. На даному етапі розробки першого рівня системи оцінки фактичної сейсмостійкості сформований перелік критичних критеріїв, які є визначальними при оцінці сейсмостійкості, а також запропонована форма оцінки. З огляду на те, що міжнародний нормативний досвід вельми суперечливий при врахуванні впливу ненесучого стінового заповнення, як вирішального аргументу розглядаються наслідки землетрусів. За результатами їх аналізу було виявлено та систематизовано вплив ненесучого стінового заповнення на сейсмостійкість каркасних будинків. На підставі чого форма візуальної оцінки сейсмостійкості розширена для можливості урахування ненесучого стінового заповнення.

Ключові слова: візуальна оцінка сейсмостійкості, форма оцінки сейсмостійкості об'єкту, безригельний каркас, нерегулярність стінового заповнення.

**АПРОБАЦИЯ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ
ВИЗУАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ
С УЧЁТОМ НЕРЕГУЛЯРНОГО СТЕНОВОГО ЗАПОЛНЕНИЯ**

¹**Мурашко А.В.**, к.т.н., доцент,
alexeymurashko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2812-5951

¹**Бенради И.**, аспирант,
ilham.ben91@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6184-1151

¹**Абдельхади М.**, бакалавр,
Abdelhadimohammed07@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0023-6449

¹*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*
ул. Дидрихсона, 4, г. Одесса, 65029, Украина

Аннотация. Целью данной статьи является апробация предлагаемой методики визуальной оценки сейсмостойкости зданий с безригельным каркасом с учетом влияния ненесущего стенового заполнения. Объект исследования находится в городе Одесса по адресу Толбухина, 126. Визуальная оценка является методом экспертных оценок и включает в себя визуальное обследование здания с использованием специально разработанной формы, учитывающей основные параметры, определяющие уровень сейсмостойкости здания. Такая оценка формализует экспертный подход для исследования, и благодаря этому существенно уменьшает период времени необходимый для определения сейсмостойкости здания.

В мировой практике визуальная оценка сейсмостойкости – это инструмент для оперативной массовой оценки как отдельных зданий и кварталов, так и целых населенных пунктов чтобы составить перечень объектов, которые требуют детального исследования, а также такая оценка позволяет разрабатывать сценарии спасательных работ при землетрясениях. В Украине подобного рода система оценки отсутствует. На сегодняшний день в рамках разрабатываемой трехуровневой системы оценки фактической сейсмостойкости первым уровнем является визуальная оценка. Второй и третий уровни – соответственно паспортизация сейсмостойкости и более детальный анализ в виде нелинейных методов расчета в сочетании с результатами инженерно-сейсмометрических наблюдений. На данном этапе разработки первого уровня системы оценки фактической сейсмостойкости сформирован перечень критических критериев, которые являются определяющими при оценке сейсмостойкости, а также предложена форма оценки. Ввиду того, что международный нормативный опыт весьма противоречив при учете влияния ненесущего стенового заполнения, в качестве решающего аргумента рассматриваются последствия землетрясений. По результатам их анализа было выявлено и систематизировано влияние ненесущего стенового заполнения на сейсмостойкость каркасных зданий. На основании чего форма визуальной оценки сейсмостойкости расширена для возможности учета ненесущего стенового заполнения.

Ключевые слова: визуальная оценка сейсмостойкости, форма оценки сейсмостойкости объекта, безригельный каркас, нерегулярность стенового заполнения.

Стаття надійшла до редакції 08.02.2020