

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 621.643.078.5:699.841

А. В. МУРАШКО¹, В. С. ДОРОФЕЕВ^{2*}

¹ Кафедра «Железобетонные и каменные конструкции», Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, Одесса, Украина, 65029, тел. +38 (063) 997 76 83, эл. почта alexeymurasko@gmail.com, ORCID 0000-0002-2812-5951

^{2*} Кафедра «Железобетонные и каменные конструкции», Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, Одесса, Украина, 65029, тел. +38 (048) 729 86 20, эл. почта dorvs@ukr.net

РЕГУЛЯРНОСТЬ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ПРИ ОЦЕНКЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ОПОР ТРУБОПРОВОДОВ

Цель. Предложить рекомендации для визуальной оценки подобных конструкций исходя из анализа существующих отдельно стоящих опор под технологические трубопроводы реального объекта и их усиления путем обеспечения регулярности. **Методика.** Сочетание численных методов расчета (метод конечных элементов, реализованный в программном комплексе Lira) и метода экспертных оценок. Оценка и обеспечение сейсмостойкости существующих отдельно стоящих опор технологических трубопроводов. **Результаты.** Получены схемы усиления конструкций, обеспечивающие требования обеих групп предельных состояний, результаты обобщены с целью дальнейшей визуальной оценки сейсмостойкости подобных конструкций на основании наличия и количества связевых элементов. Предложенный способ усиления является уместным вне зависимости от конфигурации температурных блоков трубопроводов. **Научная новизна.** Предложенный в результате работы подход к визуальной оценке сейсмостойкости опор технологических трубопроводов является первым шагом в реализации разрабатываемой Системы оценки фактической сейсмостойкости зданий и сооружений, которая на настоящий момент разрабатывается для железобетонных каркасных зданий. **Практическая значимость.** Конструктивные решения по усилению опор обеспечением регулярности отдельных температурных блоков, принятые на основании описанных в работе результатов реализуются на рассматриваемом объекте

Ключевые слова: система оценки фактической сейсмостойкости; опоры технологических трубопроводов; регулярность конструктивной схемы; визуальная оценка

Введение

На сегодняшний день в области оценки сейсмостойкости остро стоит вопрос дефицита нормативных документов в области, как паспортизации, так и расчета специальных сооружений типа отдельно стоящих опор и эстакад под технологические трубопроводы. А та нормативная база, которая существует до сих пор, предлагает рассматривать систему опор, как отдельно стоящие опоры [1]. Таким образом, полностью нивелируется пространственная работа конструкций. А именно пространственная работа описывает реальное поведение таких конструкций при сейсмических воздействиях.

Цель

В сложившейся ситуации в нормативной базе все более важным становится вопрос массо-

вой оценки фактической сейсмостойкости существующих зданий и сооружений. На сегодняшний день ведется активная работа по созданию системы оценки фактической сейсмостойкости (СОФС). Детально она представлена в [2, 3]. Основные положения данной системы кратко изложены ниже.

Методика

Система является трехуровневой и охватывает методы оценки сейсмостойкости от визуальной оценки, до нелинейного анализа в сочетании с методами инженерной сейсмологии.

Оценка фактической сейсмостойкости 1-го уровня (ОФС-1). Для оценки сейсмического риска территорий и разработки плановых мероприятий по повышению сейсмостойкости для обеспечения необходимого уровня надежности, а также разработки комплекса мероприятий по

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

ликвидации последствий землетрясений в мировом опыте применяются методики в виде формы, составляемой на основании результатов визуального обследования. На данном уровне о здании собирается минимальный объем информации, который включает в себя оценку геометрической формы, этажности, выступающих частей, и остальных элементов существенно влияющих на сейсмостойкость. На этом этапе также анализируются дефекты, обусловленные техническим состоянием. Исходя из этого минимального объема информации, экспертом делается вывод о сейсмостойкости объекта. Если на этом этапе сейсмостойкость объекта является недостаточной, то необходимо уточнить сейсмостойкость с позиций второго уровня.

Оценка фактической сейсмостойкости 2-го уровня (ОФС-2) представляет собой формализованный подход к оценке сейсмостойкости в форме паспортизации, вибродиагностики и линейных методов расчета, для объектов массового строительства. Этот этап обязателен для объектов, которые не соответствуют требованиям нормативных документов. На основании результатов полученных на этом этапе дается заключение с рекомендациями о необходимом уровне конструктивных мероприятий по обеспечению сейсмостойкости. Для особо ответственных объектов, которые относятся к классу последствий ССЗ необходим дополнительный объем информации, который может быть получен при помощи третьего уровня системы.

Оценка фактической сейсмостойкости 3-го уровня (ОФС-3). Для объектов экспериментального строительства, особо ответственных и уникальных объектов, необходимо не только проведение инженерно-сейсмометрических испытаний, но также и расчетная проверка работы конструкций здания при помощи численного моделирования нелинейной работы конструкций здания при сейсмическом воздействии, которое описывает его при помощи акселерограмм, записанных на площадке строительства. Исходя из описанного сочетания экспериментально-расчетных операций, можно сделать заключение о том, какова фактическая сейсмостойкость конкретного объекта с учетом реальных характеристик конструкций и воздействия, которое было записано на площадке, где находится объект. На данном этапе для анализа рассматривается максимально-доступный объем информации об объекте.

В настоящее время описанная выше система разрабатывается применительно к железобетонным каркасным зданиям.

В работе затрагивается вопрос оценки фактической сейсмостойкости существующих стальных порталных и эстакадных опор под технологические трубопроводы

Оценке фактической сейсмостойкости уделяет внимание целый ряд исследователей в том числе и Украинских. Стоит отметить работы [4, 5]. В перечисленных работах внимание уделено вопросам паспортизации и визуально-инструментальным методам оценки.

Данное исследование носит по большей мере прикладной характер. И кроме решения частной задачи оценки текущего состояния и усиления существующих конструкций опор технологических трубопроводов, предпринимается шаг к визуальной оценке сейсмостойкости таких и подобных конструкций на основании анализа наличия и количества связевых элементов.

Предметом исследования выступили опоры под технологические трубопроводы. Протяженность секций от 30 до 47 м, высота от 7,7 м до 10,6 м. Конструкции выполнены из широкополочных двутавров. Класс последствий – ССЗ. Ветровой район – 3. Сейсмичность 8 баллов.

Данные конструкции эксплуатируются уже около 50 лет, за это время существенные изменения претерпела нормативная база. Также ситуация была усложнена еще тремя дополнительными аспектами:

- изначально при производстве работ по возведению конструкций опор не были выполнены в натуре все связевые элементы предусмотренные проектом;
- усиление необходимо было производить таким образом, чтобы минимизировать остановку технологического процесса;
- каждая секция обладала дополнительными нерегулярностями: первая и вторая в плане, вторая и третья – по высоте.

Результаты

На рис. 1 приведены результаты расчета опор трубопроводов по первой группе предельных состояний на момент обследования. При расчете по второй группе предельных состояний состояние еще более плачевное.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

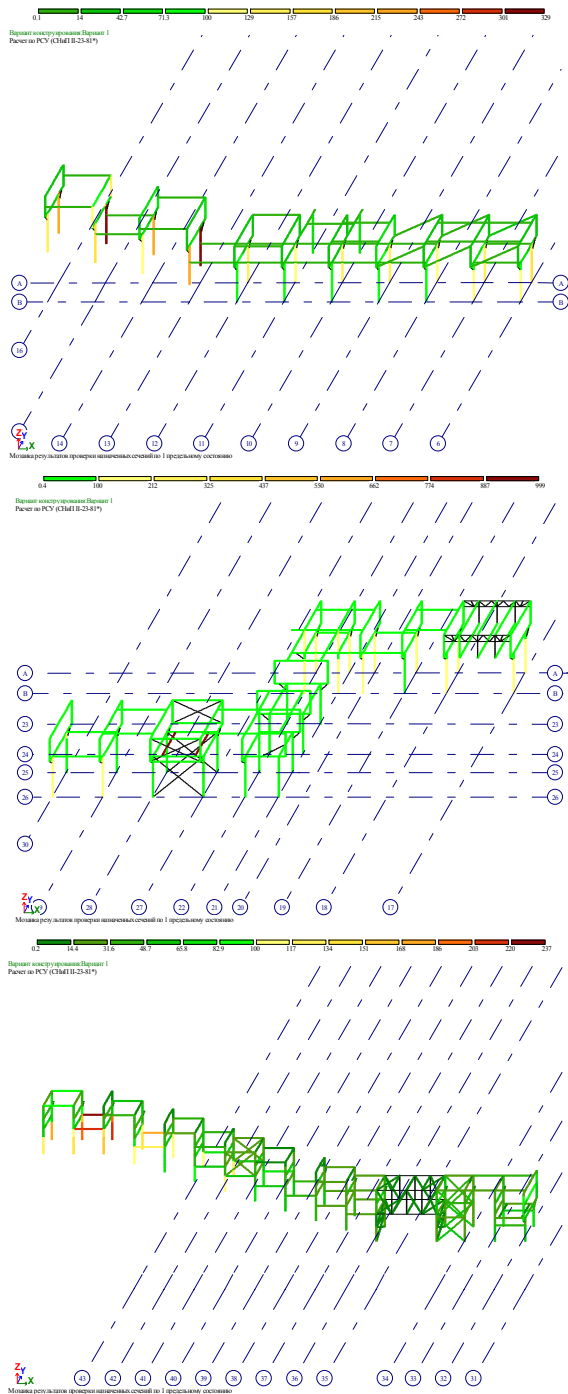


Рис. 1. Исходная ситуация

Из рисунка видно, что сечения обладают дефицитом несущей способности, как вертикальные, так и горизонтальные несущие элементы.

Стоит отметить, что одним из ключевых требований нормативных документов относительно сейсмостойкости – регулярность. И относится оно как к зданиям или сооружениям в целом, так и к отдельным конструктивным эле-

ментам. Поэтому для обеспечения регулярности рассматриваемых систем было принято решение усиления путем изменение расчетной схемы путем введения в расчет дополнительных связей. Связи были выполнены либо в виде одиночных, либо двух швеллеров, образующих короб. В ряде случаев было принято решение об удалении некоторых существующих связевых элементов.

Усиление на примере секции 1 приведено на рис 2.

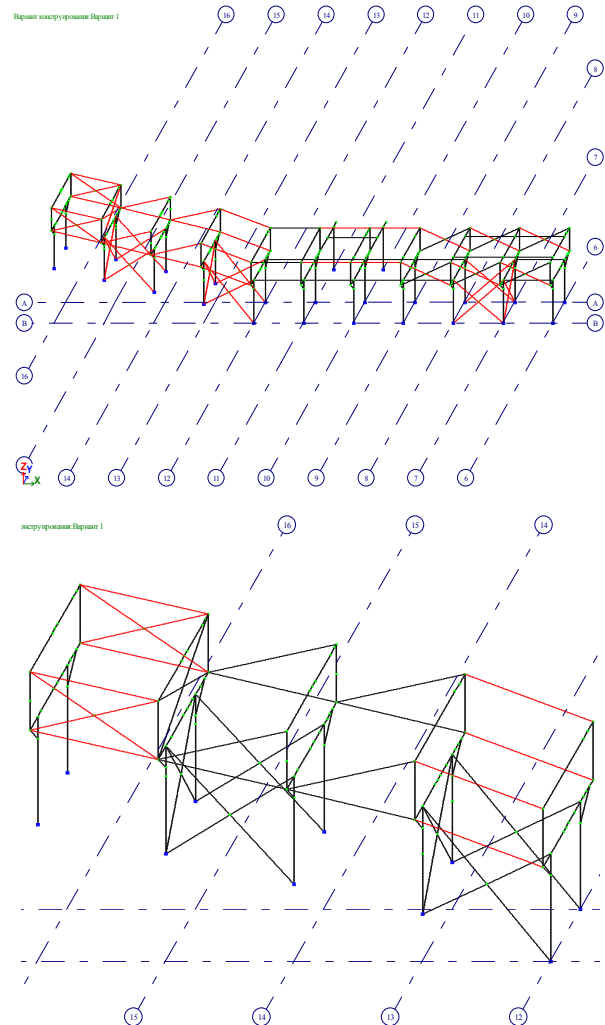


Рис. 2. Фрагменты усиления секции 1. Дополнительные связи, введенные в расчетную схему (короб из швеллеров $80 \times 50 \times 4$ и $140 \times 60 \times 5$)

Усиление производилось для каждого температурного блока. Для всех трех блоков было выполнено несколько вариантов расчета, в качестве оптимального с точки зрения минимального количества связевых элементов было принято решение о создании ядер жесткости – свя-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

зевых блоков (по аналогии со зданиями) и введении дополнительных отдельных связей в местах возникновения максимальных внутренних усилий.

В результате подбора варианта расстановки связевых элементов были получены следующие решения, для каждой из рассматриваемых схем (рис. 3).

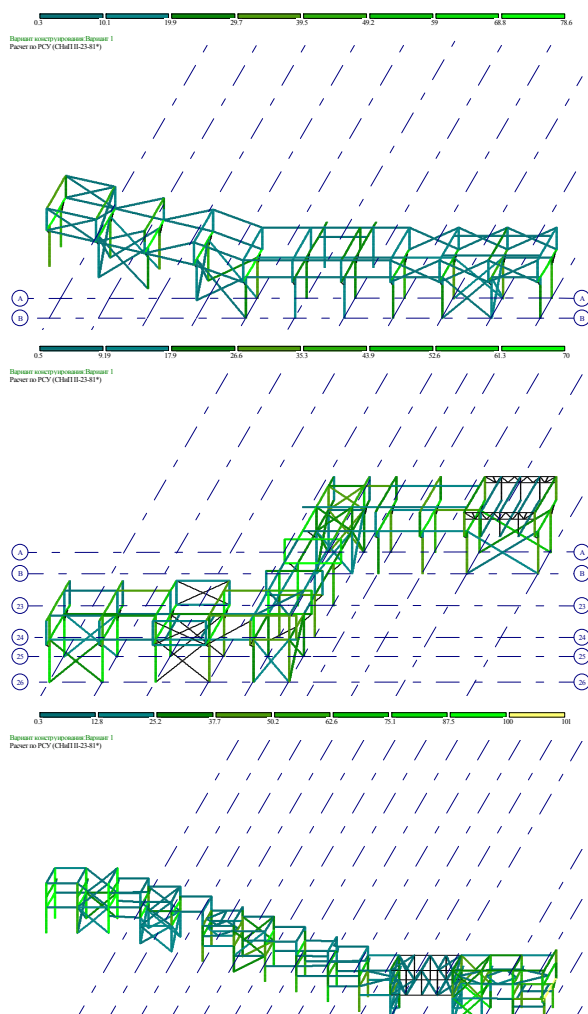


Рис. 3. Результаты расчета по первой группе предельных состояний с учетом выполненного усиления

Выводы

Исходя из выполненного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Предложенная схема усиления отдельно стоящих трубопроводов позволяет удовлетворить требования по первой и второй группам

предельных состояний, при рассмотрении каждого температурного блока, как единой пространственной конструктивной схемы.

2. Из полученных результатов видно, что предварительное заключение о дефиците сейсмостойкости для опор трубопроводов, эксплуатирующихся в аналогичных условиях может быть сделано на основании визуального анализа наличия и расположения связевых элементов.

3. При отсутствии связевых блоков, регулярно расположенных связей сейсмостойкость объекта можно считать недостаточной и рекомендуется выполнение второго уровня оценки фактической сейсмостойкости – паспортизация, в рамках которой необходимо выполнение вибродинамических исследований в сочетании с расчетами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пособие по проектированию отдельно стоящих опор и эстакад под технологические трубопроводы к СНиП 2.09.03-85 [Текст]. – Москва : Стройиздат, 1989.
2. Murashko, O. A New Approach To The Dynamic Certification In Ukraine [Text] / O. Murashko, O. Adamov // Proceedings of the 5th International Conference of Young Scientists GEODESY, ARCHITECTURE & CONSTRUCTION, November 21–23, 2013. – Lviv : Ukraine. – pp. 112-113.
3. Dorofeev, V. A new approach to buildings seismic resistance assessment in Ukraine [Text] / V. Dorofeev, K. Yegupov, A. Murashko, O. Adamov // Proceedings of the 2-nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, August 24-29, 2014. – Istanbul : Turkey. – pp. 138-143.
4. Кулябко, В. В. Проблемы и перспективы теории и практики исследования динамики конструкций сооружений с подвижными нагрузками [Текст] / В. В. Кулябко, А. В. Масловский, А. В. Макаров // Дороги і мости. – Київ : ДерждорНДІ, 2007. – Вип. 7, т. 1. – С. 344-348.
5. Kulyabko, V. Structure dynamics: calculations, designing, diagnostic tests and nonlinear damping [Text] / V. Kulyabko, A. Macarow, O. Nechytailo // Harvard Journal of Fundamental and Applied Studies. – Harvard University Press, 2015. – № 1(7). – pp. 520-530.

О. В. МУРАШКО¹, В. С. ДОРОФЄЄВ^{2*}

¹ Кафедра «Залізобетонні та кам'яні конструкції», Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, Одеса, Україна, 65029, тел. +38 (063) 997 76 83, ел. пошта alexeymurasko@gmail.com, ORCID 0000-0002-2812-5951

^{2*} Кафедра «Залізобетонні та кам'яні конструкції», Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, Одеса, Україна, 65029, тел. +38 (048) 729 86 20, ел. пошта dorvs@ukr.net

РЕГУЛЯРНІСТЬ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ПРИ ОЦІНЦІ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ ОПОР ТРУБОПРОВОДІВ

Мета. Запропонувати рекомендації для візуальної оцінки подібних конструкцій виходячи з аналізу існуючих окремо розташованих опор під технологічні трубопроводи реального об'єкта і їх посилення шляхом забезпечення регулярності. **Методика дослідження.** Поєднання численних методів розрахунку (метод скінчених елементів, реалізований в програмному комплексі Lira) і методу експертних оцінок. Оцінка і забезпечення сейсмостійкості існуючих окремо розташованих опор технологічних трубопроводів. **Результати.** Отримано схеми підсилення конструкцій, що забезпечують вимоги обох груп граничних станів, результати узагальнені з метою подальшої візуальної оцінки сейсмостійкості подібних конструкцій на підставі наявності та кількості в'язевих елементів. Запропонований спосіб посилення є доречним незалежно від конфігурації температурних блоків трубопроводів. **Наукова новизна.** Запропонований в результаті роботи підхід до візуальної оцінки сейсмостійкості опор технологічних трубопроводів є першим кроком в реалізації розробленої системи оцінки фактичної сейсмостійкості будівель і споруд, яка на даний момент розробляється для залізобетонних каркасних будинків. **Практична значимість.** Конструктивні рішення щодо посилення опор забезпеченням регулярності окремих температурних блоків, прийняті на підставі описаних в роботі результатів реалізуються на даному об'єкті

Ключові слова: система оцінки фактичної сейсмостійкості, опори технологічних трубопроводів, регулярність конструктивної схеми, візуальна оцінка

O. V. MURASHKO¹, V. S. DOROFYEV^{2*}

¹ Dep. «Reinforced concrete and stone structures», Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 4 Didrihson st., Odessa, Ukraine, 65029, tel. +38 (063) 997 76 83, e-mail alexeymurasko @ gmail.com, ORCID 0000-0002-2812-5951

^{2*} Dep. «Reinforced concrete and stone structures», Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 4 Didrihson st., Odessa, Ukraine, 65029, tel. +38 (048) 729 86 20, e-mail dorvs@ukr.net

REGULARITY OF PIPELINE PILLARS DESIGN SCHEMES DURING THE SEISMIC RESISTANCE ASSESSMENT

Purpose. To submit recommendations to the visual evaluation of such type of structures on the basis of an analysis of existing freestanding pillars for technological pipe lines of the real objects and their strengthening by ensuring regularity. **Methodology.** The combination of numerical calculation methods (finite element method, implemented in the software complex Lira) and the method of expert estimations. Seismic resistance estimation and maintenance of existing freestanding pillars of technological pipelines. **Findings.** Obtained strengthening circuit designs that provide the requirements of both groups of limit states, the results are summarized in order to further visualize assessment of seismic stability of such structures on the basis of the presence and amount of bond elements. The proposed method of strengthening is relevant is the temperature dependence of the configuration of pipelines blocks. **Originality.** The approach proposed as a result of the visual evaluation of seismic stability of pillars for technological pipelines is the first step in the implementation of the developed evaluation systems of actual seismic resistance of buildings and structures, which is currently being developed for the reinforced concrete frame buildings. **Practical value.** Constructive solutions to strengthen pillars to ensure regularity of individual thermal units made on the basis described in the work of the results are realized

Keywords: system for assessing the actual seismic stability, technological piping supports, the regularity of structural layout, visual assessment

REFERENCES

1. *Posobie po proektirovaniyu otdelno stoyachikh opor i estakad pod tekhnologicheskie truboprovody k SNiP 2.09.03-85* [Manual for the design separately standing towers and platforms for technological pipe lines to the SNiP 2.09.03-85]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1989.
2. Murashko O., Adamov O. *A New Approach To The Dynamic Certification In Ukraine*. Proceedings of the 5th International Conference of Young Scientists GEODESY, ARCHITECTURE & CONSTRUCTION, November 21–23, 2013. Lviv, Ukraine, pp. 112-113.
3. Dorofeev V., Yegupov K., Murashko A., Adamov O. *A new approach to buildings seismic resistance assessment in Ukraine*. Proceedings of the 2-nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, August 24-29, 2014. Istanbul, Turkey, pp. 138-143.
4. Kulyabko V. V., Maslovskiy A. V., Makarov A. V. Problemy i perspektivy teorii i praktiki issledovaniya dinamiki konstruktivnykh sooruzheniy s podvizhnymi zagruzkami [Problems and perspectives of theory and practice of structural dynamics research facilities with mobile loads]. *Doroghy i mosty – Road and bridge*, 2007, issue 7, vol. 1, pp. 344-348.
5. Kulyabko V., Macarow A., Nechytailo O. *Structure dynamics: calculations, designing, diagnostic tests and nonlinear damping*. Harvard Journal of Fundamental and Applied Studies. Harvard University Press, 2015. no 1(7), pp. 520-530.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. К. В. Езуповым (Украина), д.т.н., доц. А. Л. Тюлькиным (Украина).

Поступила в редколлегию 28.10.2016.

Принята к печати 26.12.2016.