

DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-9-16-23

Аль-Сабаеи А.К., Абсиметов В.Э.

Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова

*E-mail: kacem90@bk.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ОБРАЗЦОВ УЗЛОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Аннотация. В современных строительных конструкциях стальные балки играют ключевую роль, обеспечивая прочность и устойчивость зданий и сооружений. Узлы опирания, соединяющие балки и колонны, представляют собой критически важные элементы, которые должны справляться с различными механическими нагрузками, включая статические и динамические воздействия. При этом усиление таких узлов становится важной задачей для обеспечения долговечности и безопасности конструкций. Динамические нагрузки, возникающие от воздействия сейсмических колебаний, ветровых нагрузок или вибраций, требуют тщательного анализа. Эти нагрузки могут приводить к неожиданным деформациям и разрушениям, особенно если не учитывать остаточные сварочные напряжения, возникающие в процессе соединения элементов конструкции. Остаточные напряжения могут оказывать значительное влияние на прочность узлов, изменяя их реальную несущую способность и устойчивость. Учитывая вышеизложенное, целью данного исследования является экспериментальное моделирование работы узлов опирания стальных балок на колонны после усиления, с акцентом на влияние остаточных сварочных напряжений при воздействии динамически нагрузок. Исследование включает в себя создание различных моделей при усилении узлов, испытания их на прочность и анализ поведения под динамическими воздействиями.

Ключевые слова: динамическая нагрузка, усиления, экспериментальное исследование, рамные узлы, металлоконструкции, прочность, испытательная машина.

Введение

Целью эксперимента было изучение влияние уровня остаточных сварочных напряжений на несущую способность рамных узлов строительных металлоконструкций до усиления и при различных вариантах усиления:

Первый вариант, установка горизонтальных накладок (рис. 1), второй вариант установка горизонтальных накладок, приварке уголка на верхний наладке и установка вертикального ребра на уголке. Предполагаемая нагрузка для всех образцов динамическая.

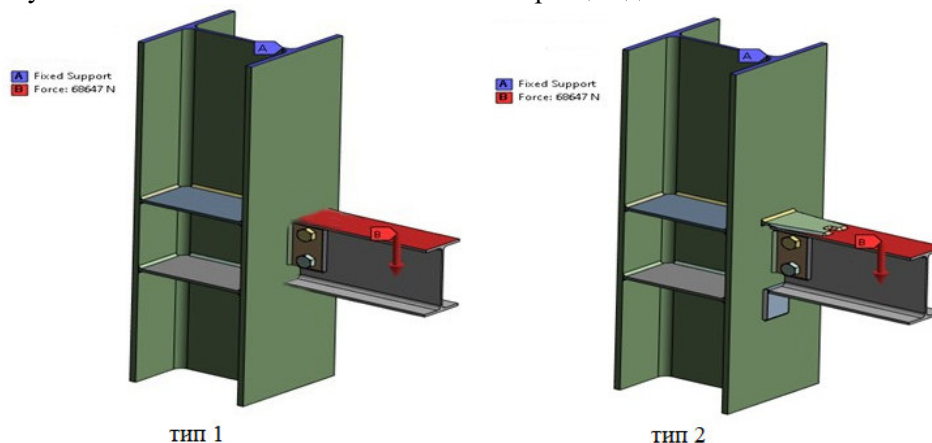


Рис. 1. Расчетная схема образцов и характер нагружения

Для изучения влияния уровня остаточных сварочных напряжений в эксперименте варьировали две высоты катета сварного шва 6 и 8 мм, для рассматриваемых схем образцов (рис.1 тип 1 и тип 2).

Выбор данных размеров сварных швов 6 и 8мм обоснован теоретическим расчетом при моделировании образцов рамных узлов с использованием программного обеспечения Ansys [1]

Для оценки надежности сварных швов малых катетов при их использовании для усиленных рамных узлов строительных металлоконструкций, испытывающих динамические нагрузки целесообразно проведение экспериментальных исследований.

Заслуживают внимания многоцикловые нагрузки, имитирующие динамические нагрузки. Это позволяет выявить, как такие швы обеспечивают себя при многократных приложениях

нагрузок, что особенно важно для конструкций, продолжительности колебаний циклических или циклических изменений нагрузки.

Динамические нагрузки может привести к накоплению усталостных повреждений, даже если на первый взгляд соединение выглядит прочным. Для проверок усталостной прочности сварных швов с малыми катетами следует провести серию усталостных испытаний, чтобы оценить их способность сохранять микротрещины и их удлинение при многократных циклических нагрузках. Также необходимо учитывать, срок их эксплуатационной надежности [2, 3].

Для того чтобы объективно оценить эффективность применения сварных швов с малыми катетами, необходимо провести сравнительные испытания с другими методами усиления рамных узлов. Например, можно сравнить их с использованием накладок, болтовых соединений или других типов сварных швов. Важная оценка того, какой из методов обеспечивает наибольшую устойчивость и длительность эксплуатации после усиления рамных узлов строительных металлоконструкций [4–7].

На основании этих условий можно сделать вывод, что использование сварных швов малых катетов для усиления рамных узлов строитель-

ных металлоконструкций, получаемых в условиях динамические нагрузки, является целесообразным, если такие швы продемонстрировали хорошие результаты по усталостной прочности, и циклической долговечности.

Ожидается, что результаты данного исследования окажут существенное влияние на проектирование и эксплуатацию стальных конструкций, предоставив новые данные о надежности узлов опирания, испытывающих динамические нагрузки, и дадут рекомендации по их усилению; эти данные могут быть использованы как в научной среде, так и в практическом строительстве, что будет способствовать повышению безопасности зданий и сооружений в условиях динамических нагрузок.

Методы исследования. Испытательная машина INSTRON 8801 – это высокотехнологичное устройство, предназначенное для проведения механических испытаний различных материалов и конструкций. - Нагрузочная способность: до 100 кН, что делает её подходящей для работы с различными материалами, от полимеров до металлов. Она используется в научных исследованиях, а также в промышленности для оценки прочности, жесткости и других механических характеристик материалов как показано на рис. 2. [8–10].

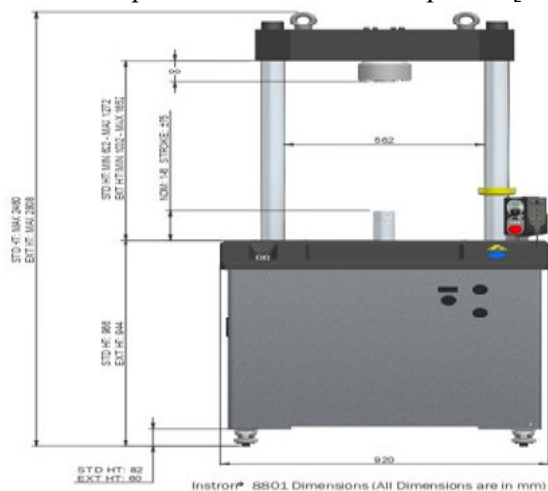


Рис. 2. Испытательная машина INSTRON 8801

Вид нагрузки

В эксперименте было использовано динамические нагрузки. Динамические нагрузки – это испытание металлоконструкций, при котором конструкция подвергается многократному приложению статической нагрузки, имитируя условия эксплуатации, в течение которых на конструкцию воздействуют повторяющиеся нагрузки, например, от ветра, веса оборудования, температуры или других факторов [11–15].

Прочность образцов при динамические нагрузки зависит от наличия концентраторов в соединениях, свойств материала и качества сварных соединений, Целью таких испытаний явля-

ется проверка прочности и деформативности металлоконструкций, а также выявление возможных повреждений или ухудшения её характеристик после многократного воздействия нагрузки.

Испытания проводились на универсальной испытательной машине INSTRON 8801, оборудованной датчиком усилия, способным измерять нагрузки до 100 кН. Перед началом испытаний датчик был надежно прикреплен к нижней (подвижной) траверсе. Это обеспечивало точность и стабильность измерений. Важным этапом подготовки являлось балансирование нагрузки на машине, а также установка ограничителей как по нагрузке, так и по перемещению траверсы. Эти

меры необходимы для предотвращения случайных перегрузок и обеспечения безопасности во время испытаний. Все образцы подвергались испытаниям при нагружении усилием 68646,55 Н (7 тонна).

Образцы были поделены на две группы по два образца в зависимости от способа усиления:

1) Образцы без усиления с катетом шва 6 мм и 8 мм (2 шт.)

2) Образцы после усиления с помощью накладок с катетом шва 6 мм и 8 мм (2 шт.)



Рис. 3. Образец № 3 с катетом швом 6 мм, образец № 4 с катетом швом 8 мм

После того как были сварены образцы и выбрана методика испытания начали проведение испытания.

Результаты исследований и обсуждения.

Образцы до усиления с катетом шва 6 мм и 8 мм (2 шт.)

Образец без усиления, с катетом шва 6 мм, был установлен на специальной площадке, которая жестко крепилась к бетонному основанию с помощью траверсы и анкерных балтов. Для повышения стабильности конструкции образец был надежно зафиксирован анкерными балтами, чтобы предотвратить любые нежелательные движения во время испытания. Затем нижняя тра-

верса подводилась к образцу до момента соприкосновения, после чего начинался процесс испытания [16–18].

Исследование продолжалось до тех пор, пока на образце не возникала видимая усталостная трещина, которую можно было наблюдать невооруженным глазом. Это критический момент, который сигнализирует о достижении предела прочности материала. После завершения испытания, фиксировались данные о количестве циклов до разрушения. Эти данные являются важными для анализа долговечности и надежности конструкции. Затем проводилась процедура замены образцов, установка образца с катетом шва 8 мм [19, 20].

Характер разрушения

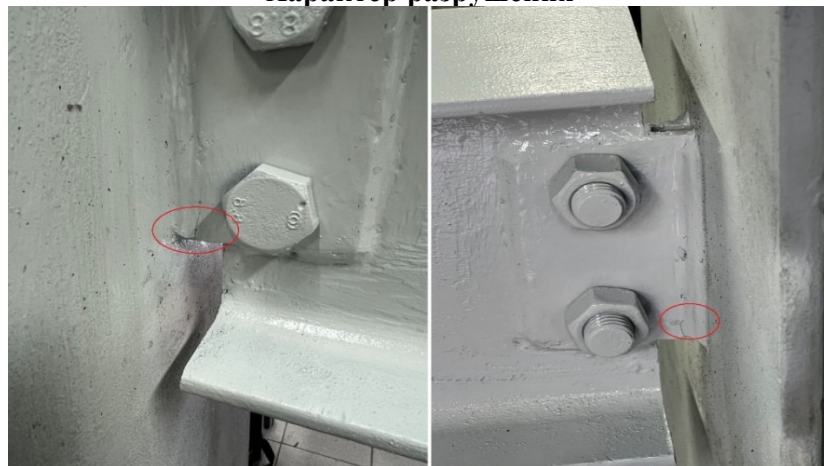


Рис. 4. Разрушения на образце с катетом шва 6 мм

Признаки усталостного разрушения на образце с катетом шва 6 мм наблюдаются на сварных швах, как показано на рисунке 4.

Разрушение первого типа образцов с высотой катета сварного шва 6 мм произошло при 166 циклах нагружения, в форме усталостной трещины сварному шву длиной 15 мм и шириной 0,5 мм.



Рис. 5. Разрушения на образце с катетом швам 8 мм

Признаки усталостного разрушения на образце с катетом швам 8 мм наблюдаются на сварных швах как показано на рисунке 5.

Разрушение первого типа образцов с высотой катета сварного шва 8 мм произошло при 94 циклах нагружения, в форме усталостной трещины сварному шву длиной 13 мм и шириной 0,6 мм.

Полученной результат так же коррелирует с результатами теоретического расчёта аналогичного узла, где количества циклов до разрушения составило 80 и место расположения усталостной трещины находится в зоне максимальных эквивалентных напряжений равных 1689,4 МПа.

Результаты испытания долговечности в деталях усиления показывают большее количество

Полученной результат коррелирует с результатами теоретического расчёта аналогичного узла, где количества циклов до разрушения составило 139 и место расположения усталостной трещины находится в зоне максимальных эквивалентных напряжений равных 1139 МПа.

циклов нагружения до появления признаков усталостного разрушения, на образцах с малыми катетами что подчеркивает важность учета тепловых деформаций материала в расчетах на прочность сварных соединений.

Образцы после усиления с помощью накладок с катетом шва 6 мм и 8 мм (2 шт.)

Для испытания второй группы образцов, соединение было усилено путем приваривания накладок. Образцы с катетом шва 6 мм и катетом шва 8 мм усиленные с помощью накладок были испытаны по той же схеме, как и образцы без усиления. Испытание так же проходило до момента появления видимой трещины. Далее выгружались данные о количестве циклов до разрушения.

Характер разрушения

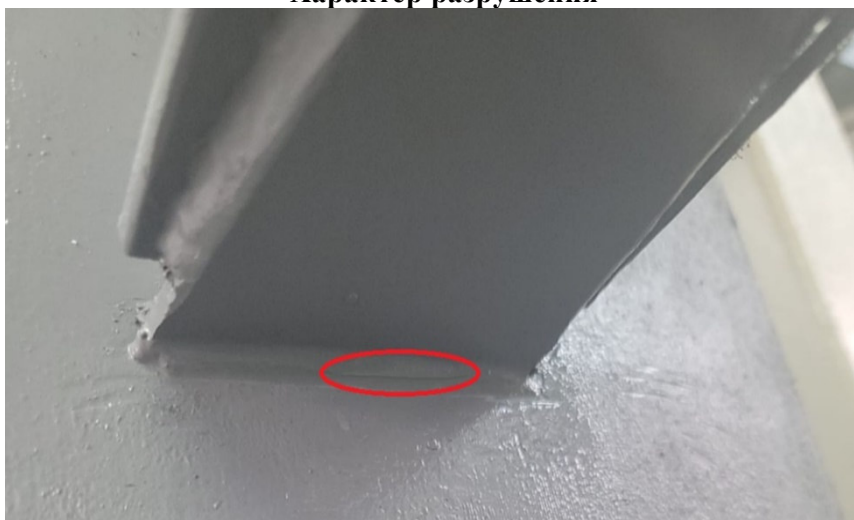


Рис. 6. Разрушения на образце с катетом шва 6 мм

Признаки усталостного разрушения на образце с катетом шва 6мм наблюдаются на сварных швах как показано на рисунке 6.

Разрушение второго типа образцов с высотой катета сварного шва 6мм произошло при 2836 циклах нагружения, в форме усталостной трещины сварному шву длиной 20мм и шириной 0,6мм.

Полученной результат коррелирует с результатами теоретического расчёта аналогичного узла, где количества циклов до разрушения составило 3082 и место расположение усталостной трещины находится в зоне максимальных эквивалентных напряжений равных 335,6 МПа.



Рис. 7. Разрушения на образце с катетом шва 8 мм

Признаки усталостного разрушения на образце с катетом шва 8мм наблюдаются на сварных швах как показано на рисунке 7.

Разрушение второго типа образцов с высотой катета сварного шва 8мм произошло при 1761 циклах нагружения, в форме усталостной трещины сварному шву длиной 16мм и шириной 0,6 мм.

Полученной результат коррелирует с результатами теоретического расчёта аналогичного узла, где количества циклов до разрушения составило 1943 и место расположение усталостной

трещины находится в зоне максимальных эквивалентных напряжений равных 382,4 МПа.

Результаты испытания долговечности в деталях усиления показывают большее количество циклов нагружения до появления признаков усталостного разрушения, на образцах с малыми катетами что также подтверждает вывод о большей несущей способности сварных соединений с малым катетом шва.

По окончании всех испытаний данные о количестве циклов до разрушения были сведены в таблице 1 для дальнейшего анализа.

Таблица 1

Результат экспериментальное исследование

сечения	Нагрузка, Н	Катет шва, мм	Количество циклов до разрушения
Образца до усиления			
18Б1х 25 К1	68646,55	6	166
18Б1х 25 К1	68646,55	8	94
Образца после усиления с помощью накладок			
18Б1х 25 К1	68646,55	6	2836
18Б1х 25 К1	68646,55	8	1761

Выводы.

Экспериментально подтверждено влияния уровня остаточных сварочных напряжений на усталостную прочность рамных узлов строительных металлоконструкций, усиленных под нагрузкой, заключающееся в выборе способов усиления зданий в ходе эксплуатации.

Обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность применения сварных

швов малых катетов при проведении работ по усилению рамных узлов строительных металлоконструкций, эксплуатируемых в условиях динамические нагрузки, при этом можно прогнозировать повышение их усталостной прочности до 30 %.

Из данного наблюдения можно сделать вывод, что уменьшение расхода наплавленного ме-

талла в швах сварных соединений, при проведении работ по усилению металлических конструкций способствует повышению их надежности и обеспечивает возможность получения оптимального проектного решения.

Кроме того, используя метод усиления металлоконструкции при помощи наращивания сечений, следует рекомендовать к применению сварные швы малых катетов, а при недостаточной площади сварного соединения увеличивать длину сварных швов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аль-Сабаеи А.К., Абсиметов В.Э. Оценка надёжности усиления рамных узлов строительных металлоконструкций при динамические нагрузки // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. №11. С. 16–25. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-11-33-41
2. Лихтарников Я.М. Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций. – М.: Стройиздат, 1979. 320 с.
3. Дзюба А.С., Липин Е.К. Оптимальное проектирование силовых конструкций минимального объема при ограничениях по прочности и устойчивости // Ученые записки ЦАГИ. 1980. Т. 11. № 1. С. 58–71.
4. Гинзбург А.В., Василькин А.А. Постановка задачи оптимального проектирования стальных конструкций // Вестник МГСУ. 2014. № 6. С. 52–62.
5. Морозова Д.В., Серова Е.А. Проблематика исследования напряженно-деформированного состояния узлов металлических конструкций // Вестник МГСУ. 2014. № 5. С. 44–50.
6. Doyle James F., Phillips James W. Manual on Experimental Stress Analysis. Fifth Edition. – Society for Experimental Mechanics, 2015 [Электронный ресурс]. – URL: <http://courses.washington.edu/me354a/photoelastic.pdf> (дата обращения 10.10.2015).
7. Горев В.В., Уваров Б.Ю., Филиппов В.В., Белый Г.И., Металлические конструкции. Конструкции зданий: Учеб. для строит, вузов, т. 2, Г. В.В., Ред., Москва: Высшая школа, 2002.
8. Dimitrescu A., Baci F. The Variation of the Fatigue Curve of Different Surface Preparation Technologies of Aluminum Alloys 6rd Symposium “Durability and Reliability of Mechanical Systems” 2013. Pp. 213–218.
9. Web-site: <http://www.instron.com> – accessed on 28.05.2016.
10. Zhang Y., Chen W., Yan H., Wang X., Zhang H., Wu S. The Effect of Atmospheric Chloride Ions on the Corrosion Fatigue of Metal Wire Clips in Power Grids, MDPI 2023. Pp. 237–251.
11. Вахромеев А.М. Определение циклической долговечности материалов и конструкций транспортных средств: метод. указания. М.: МАДИ, 2015. 64 с.
12. Трощенко В.Т., Хамаза Л.А. Усталость и циклическая неупругость аустенитной стали после длительной эксплуатации при различных режимах нагружения // Проблемы прочности. 2012. №5. С. 5–14.
13. Трощенко В.Т. Деформирование и разрушение металлов при многоцикловом нагружении. Киев: Наукова думка, 1981. 344 с.
14. Терентьев В.Ф., Кораблева С.А. Усталость металлов. М.: Наука, 2015. 484 с.
15. Вейбулл В. Усталостные испытания и анализ их результатов. М.: Машиностроение, 1964. 275 с.
16. Абакумов Р.Г., Аль-Сабаеи А.К., Оценка уровня надежности вариантов усиления строительных металлоконструкций с использованием математической модели вероятности их безотказной работы // Вестник БГТУ. 2021. № 7. С. 44–50. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-7-44-50
17. Аль-Сабаеи, А.К., Обоснование методов усиления строительных металлоконструкций при динамических нагрузках // Сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Редколлегия: С.В. Дубраков (отв. ред.) [и др.]. Курск, 2021. С. 16–21.
18. Усталостная испытательная система модели 8801 [Электронный ресурс]. Электрон. дан. INSTRON, 2020. URL.: <https://www.instron.ru/ru-ru/products/testing-systems/dynamicand-fatigue-systems/servo-hydraulic-fatigue/8801-floor-model> (дата обращения: 28.03.20).
19. Аль-Сабаеи А.К. Расчет многоциклового усталости рамных узлов // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона» 2024. №2. [Электронный ресурс] // ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/9003.
20. Аль-Сабаеи А.К., Абсиметов В.Э. Расчет НДС рамных узлов строительных металлоконструкций при их усилении // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. №4. С. 26–35. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-4-26-35

Информация об авторах

Аль-сабаеи Арафат Касем, ассистент кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: kasem90@bk.ru. Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д.46.

Абсиметов Владимир Эскендерович, доктор технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: absimetov57@mail.ru. Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д.46.

Поступила 10.12.2024 г.

© Аль-Сабаети А.К., Абсиметов В.Э., 2025

Al-Sabaei A. Q., Absimetov V.E.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: kacem90@bk.ru*

EXPERIMENTAL STUDY OF MODELS OF BUILDING METAL STRUCTURES UNDER DYNAMIC LOADS

Abstract. *In modern building structures, steel beams play a key role, ensuring the strength and stability of buildings and structures. The support units connecting beams and columns are critical elements that must cope with various mechanical loads, including static and dynamic impacts. At the same time, strengthening such nodes becomes an important task to ensure the durability and safety of structures. Dynamic loads arising from the effects of seismic vibrations, wind loads or vibrations require careful analysis. These loads can lead to unexpected deformations and failures, especially if you do not take into account the residual welding stresses that occur during the connection of structural elements. Residual stresses can have a significant impact on the strength of the nodes, changing their actual bearing capacity and stability. Taking into account the above, the purpose of this study is to experimentally simulate the nodes of support of steel beams on columns after reinforcement, with an emphasis on the effect of residual welding stresses when exposed to dynamic loads. The research includes the creation of various models for strengthening nodes, testing their strength and analyzing behavior under dynamic influences.*

Keywords: *Dynamic load, reinforcement, experimental research, frame assemblies, metal structures, strength, testing machine.*

REFERENCES

1. Al-Sabaei A.K., Absimetov V.E. Assessment of the reliability of reinforcing frame units of building metal structures under repeated static loads [Ocenka nadyozhnosti usileniya ramnyh uzlov stroitel'nyh metallokonstrukcij pri povtorno staticheskikh nagruzhennyah]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2024. No. 11. Pp. 16–25. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-11-33-41 (rus)
2. Lichtarnikov Ya.M. Variant design and optimization of steel structures [Variantnoe proektirovanie i optimizaciya stal'nyh konstrukcij]. M.: Stroyizdat, 1979. 320 p. (rus)
3. Dzyuba A.S., Lipin E.K. Optimal design of minimum volume power structures with strength and stability constraints [Optimal'noe proektirovanie silovyh konstrukcij minimal'nogo ob'ema pri ograničenyah po prochnosti i ustojchivosti]. Scientific notes of TsAGI. 1980. Vol. 11. No. 1. Pp. 58–71. (rus)
4. Ginzburg A.V., Vasilkin A.A. Formulation of the problem of optimal design of steel structures [Postanovka zadachi optimal'nogo proektirovaniya stal'nyh konstrukcij]. Bulletin of MGSU. 2014. No. 6. Pp. 52–62. (rus)
5. Morozova D.V., Serova E.A. Problematics of the study of the stress-strain state of nodes of metal structures [Problematika issledovaniya naprya-
- zhenno-deformirovannogo sostoyaniya uzlov metallicheskih konstrukcij]. Bulletin of MGSU. 2014. No. 5. Pp. 44–50. (rus)
6. Doyle James F., Phillips James W. Manual on Experimental Stress Analysis. Fifth Edition. Society for Experimental Mechanics, 2015 [Electronic resource]. URL: <http://courses.washington.edu/me354a/photoelas.pdf> (date of application 10.10.2015).
7. Gorev V.V., Uvarov B.Yu., Filippov V.V., Bely G.I. Metal structures. Building structures: Studies for constructs, universities [Metallicheskie konstrukcii. Konstrukcii zdaniy], vol. 2, G. V.V., Ed., Moscow: High School, 2002. 528 p. (rus)
8. Dimitrescu A and Baciuc F. The Variation of the Fatigue Curve of Different Surface Preparation Technologies of Aluminum Alloys 6rd Symposium "Durability and Reliability of Mechanical Systems" 2013. p. 213–218.
9. Web-site: <http://www.instron.com> – accessed on 28.05.2016.
10. Zhang Y., Chen W., Yan H., Wang X., Zhang H., Wu S. The Effect of Atmospheric Chloride Ions on the Corrosion Fatigue of Metal Wire Clips in Power Grids, MDPI 2023. Pp. 237–251.
11. Vakhromeev A.M. Determination of cyclic durability of materials and structures of vehicles [Opredelenie ciklicheskoj dolgovechnosti materialov

i konstrukcij transportnyh sredstv]: method. instructions. M.: MADI, 2015. 64 p. (rus)

12. Troshchenko V.T., Khamaza L.A. Fatigue and cyclic inelasticity of austenitic steel after prolonged operation under various loading condition [Ustalost' i ciklicheskaya neuprugost' austenitnoj stali posle dlitel'noj ekspluatatsii pri razlichnyh rezhimah nagruzheniyas]. Strength problems. 2012. No.5. Pp. 5–14. (rus)

13. Troshchenko V.T. Deformation and destruction of metals under multicycle loading [Deformirovanie i razrushenie metallov pri mnogociklovom nagruzhenii]. Kiev: Naukova dumka, 1981. 344 p. (rus)

14. Terentyev V.F., Korableva S.A. Fatigue of metals [Ustalost' metallov]. M.: Nauka, 2015. 484 p. (rus)

15. Weibull V. Fatigue tests and analysis of their results [Ustalostnye ispytaniya i analiz ih rezul'tatov]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1964. 275 p. (rus)

16. Abakumov R.G., Al-Sabaei A.K. Assessment of the reliability level of reinforcement options for building metal structures using a mathematical model of the probability of their trouble-free operation [Ocenka urovnya nadezhnosti variantov usileniya stroitel'nyh metallokonstrukcij s ispol'zovaniem matematicheskoy modeli veroyatnosti ih bezotkaznoj raboty]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 7. Pp.

44–50. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-7-44-50 (rus)

17. Al-Sabaei A.K., Substantiation of methods for strengthening building metal structures under repeated static loads [Obosnovanie metodov usileniya stroitel'nyh metallokonstrukcij pri povtorno-staticheskikh nagruzheniyah]. Collection of scientific papers of the 5th International Scientific and Practical Conference of young scientists, graduate students, masters and bachelors. Editorial board: S.V. Durakov (ed.) [et al.]. Kursk, 2021. Pp. 16–21. (rus)

18. Fatigue test system model 8801 [Electronic resource] Electron. dan. INSTRON, 2020. URL.: <https://www.instron.ru/ru-ru/products/testing-systems/dynamicand-fatigue-systems/servo-hydraulic-fatigue/8801-floor-model> (date of application: 03/28/20).

19. Al-Sabaei A.K. Calculation of multicycle fatigue of frame assemblies [Raschet mnogociklovoj ustalosti ramnyh uzlov]. Electronic scientific journal "Engineering Bulletin of the Don". 2024. No.2. [Electronic resource]. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/9003. (rus)

20. Al-Sabaei A.K., Absimetov V.E., calculation of (SSS) of frame units of building metal structures when strengthening them [Raschet NDS ramnyh uzlov stroitel'nyh metallokonstrukcij pri ih usilenii]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2024. No. 4. Pp. 26–35. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-4-26-35 (rus)

Information about the author

Al-Sabaei, Arafat Q. Assistant. E-mail: kacem90@bk.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Absimetov, Vladimir E. DSc, Professor. E-mail: absimetov57@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 10.12.2024

Для цитирования:

Аль-Сабает А.К., Абсиметов В.Э. Экспериментальное исследование моделей образцов узлов строительных металлоконструкций при динамических нагрузках // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 9. С. 16–23. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-9-16-23

For citation:

Al-Sabaei A. Q., Absimetov V.E. Experimental study of models of building metal structures under dynamic loads. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2025. No. 9. Pp. 16–23. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-9-16-23