

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-11-33-41

Аль-Сабаеи А.К., Абсиметов В.Э.

Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова

\*E-mail: kacem90@bk.ru

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ УСИЛЕНИЯ РАМНЫХ УЗЛОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОВТОРНО СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЖЕНИЯХ

**Аннотация.** В число главных причин, из-за которых происходит исчерпание прочности конструкций и их последующее разрушение, входит усталостная прочность, которая во многом зависит от величины нагрузок, их постоянства и степени повреждений. Усталостная прочность сварных конструкций связана с высотой катета сварных соединений, что обусловлено влиянием остаточных сварочных напряжений на их работу при вибрационных нагрузках. Рассматривая варианты усиления металлоконструкций, можно отметить, что это связано либо с их физическим износом, либо с дополнительными нагрузками на несущие элементы каркаса. При этом, усиление возможно с частичной разгрузкой конструкций, либо без разгрузки, если это позволяет запас прочности металлоконструкций. Усиление представляет собой комплекс мер по повышению несущей способности конструкций, обеспечению их дальнейшей надежной эксплуатации и способности соответствовать эксплуатационным требованиям. С экономической точки зрения такое усиление является более эффективным, поскольку обычно оно не прерывает процесс эксплуатации. Рассмотрены результаты моделирования работы рамных узлов строительных металлоконструкций под воздействием динамических нагрузок. При моделировании рассмотрены варианты уменьшения высоты катетов сварных угловых швов и влияние величины остаточных сварочных напряжений на работу узлов.

**Ключевые слова:** металлические конструкции, усиления, рамные узлы, надёжность, катет сварного шва, прочность.

**Введение.** В последнее время внимание общественности к проблемам безопасности строительных конструкций повысилось. Ряд катастроф на строительных объектах, произошедших как в Российской Федерации, так и за рубежом, дополнительно усилил значимость проблемы безопасности зданий и сооружений. Анализ причин аварии показал, что одной из причин их наступления явилось отсутствие количественной оценки безопасности зданий и сооружений, мерой которой служит надёжность объекта или уровень риска.

Требование равнопрочности элементов конструкций может привести к катастрофическому разрушению всей конструкции. Это было отмечено Я.Б. Фридманом в своей работе более двадцати лет назад [1–3], а также подтверждено В.Д. Райзером в своей монографии [4]. Существующие подходы к проектированию не способны обеспечить оценку надёжности конструкции и создание их с определенным уровнем надёжности, то есть безопасности. Поэтому следует утверждать, что основным принципом проектирования должно быть обеспечение безопасности зданий и сооружений.

Любая структура может быть рассмотрена как система, состоящая из элементов, связанных между собой, чья надёжность должна быть определена расчетом. При проектировании и расчете необходимо учитывать не только равнопрочность, но и надёжность каждого элемента в зависимости от его важности для обеспечения без-

опасности всей конструкции. Здания, спроектированные в соответствии с российскими стандартами расчетов, имеют гораздо более высокую вероятность отказа после 50-летней эксплуатации по сравнению с зданиями, созданными с учетом европейских норм [5–7].

При проектировании металлических строительных конструкций целесообразно использовать вероятностный метод для сравнения различных вариантов проекта и для оценки безопасности конструкций. Однако свойства стали могут изменяться в процессе эксплуатации из-за воздействия разнообразных нагрузок, окружающей среды и техногенных факторов, что вызывает сомнения в предположении о нормальном распределении предела текучести [8]. В мировой практике предел текучести рассматривается как случайная величина, которая может быть описана различными распределениями, такими как нормальное, логнормальное, урезанное нормальное, бета-распределение и экстремальное типа I. Уровни вероятностей, используемые для определения требований к надёжности конструкций, могут существенно различаться в зависимости от выбранного распределения. Поэтому результаты расчетов надёжности конструкций и их сравнительный анализ с использованием теории вероятностей и математической статистики могут вызывать сомнения и терять смысл из-за потенциальных различий в распределениях нагрузок.

Часто соединения металлических конструкций выполняют внахлестку с использованием угловых швов. При этом при расчете не учитывается ориентация шва относительно действующего усилия (фланговые и лобовые швы). Усилие считается равномерно распределенным вдоль шва, а также рассматривается возможность разрушения шва в случае условного среза по металлу шва или по границе сплавления.

Большинство металлических конструкций в строительстве являются сварными. Сварной шов при этом можно рассматривать как систему отдельных сварных швов определенной длины. Вероятностная модель оценки надежности сварных соединений при равномерном распределении усилий по шву была предложена в работах Решетова. методика не пригодна для оценки надежности сварного шва как части сварной конструкции в условиях реальной эксплуатации, то есть при рассмотрении конкретного объекта в конкретной ситуации [9–12].

**Методы исследований.** Для достижения поставленной цели было использовано моделирование с использованием программного обеспечения Ansys SOLID186.

Получены результаты в виде:

1. перемещения в модели;
2. эквивалентные напряжения в модели, согласно 4-ой теории прочности;
3. расчетная долговечность (количество циклов до разрушения при повторно статических нагружениях).
4. расчетная долговечность в сварных зонах деталей соединения.

На рис. 1 представлена модель конечных элементов и 3D-модели элемента Колонна-Балка. Для создания САД-модели был использован программный пакет Ansys SpaceClaim.

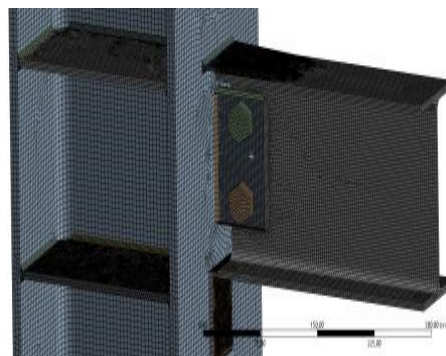


Рис. 1. Конечно-элементная модель

Используя геометрические модели, были созданы конечные элементы с учетом срединных узлов. В модели также присутствуют гексаэдральные и тетраэдральные элементы, каждый из которых имеет размер 6 мм [13].

Необходимо проанализировать, какие значения нагрузок были применены в ходе процесса.

Для балок 18Б1х25К1 (по СТО АСЧМ),  $N = 68646,55 \text{ Н}$ .

На рисунке 2 изображены направление статической нагрузки и точки крепления.

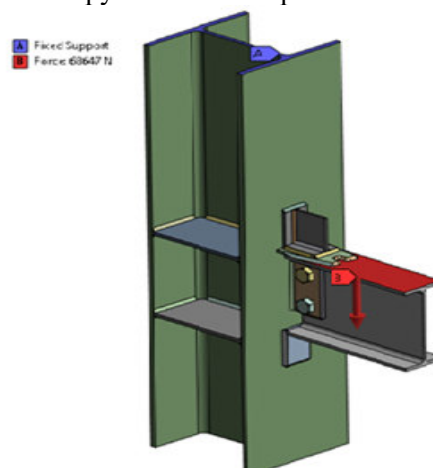


Рис. 2. Пределы условий (укрепление при помощи накладки, уголка и ребра)

Для расчетов применяется нелинейная модель материала, описание свойства материала представлено на рисунке 3.

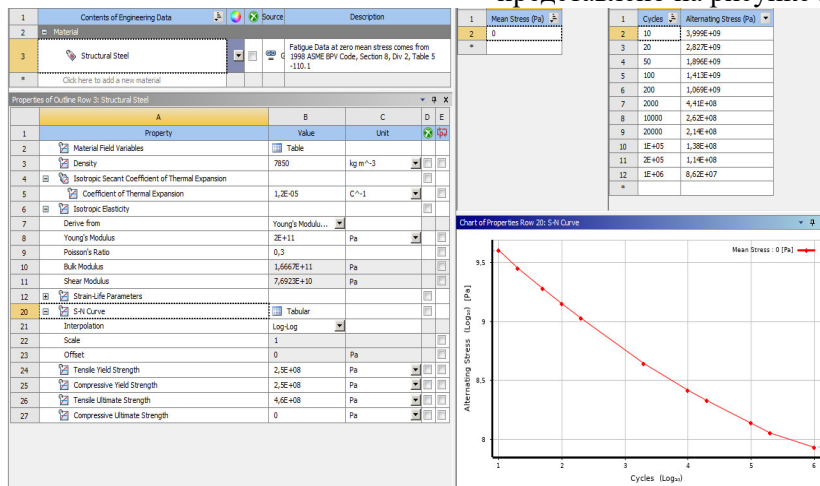


Рис. 3. Свойства материала

Результаты моделирования образцов сечением 18×25

1 – моделирования образцов до усиления с катетами 6 мм и 8 мм

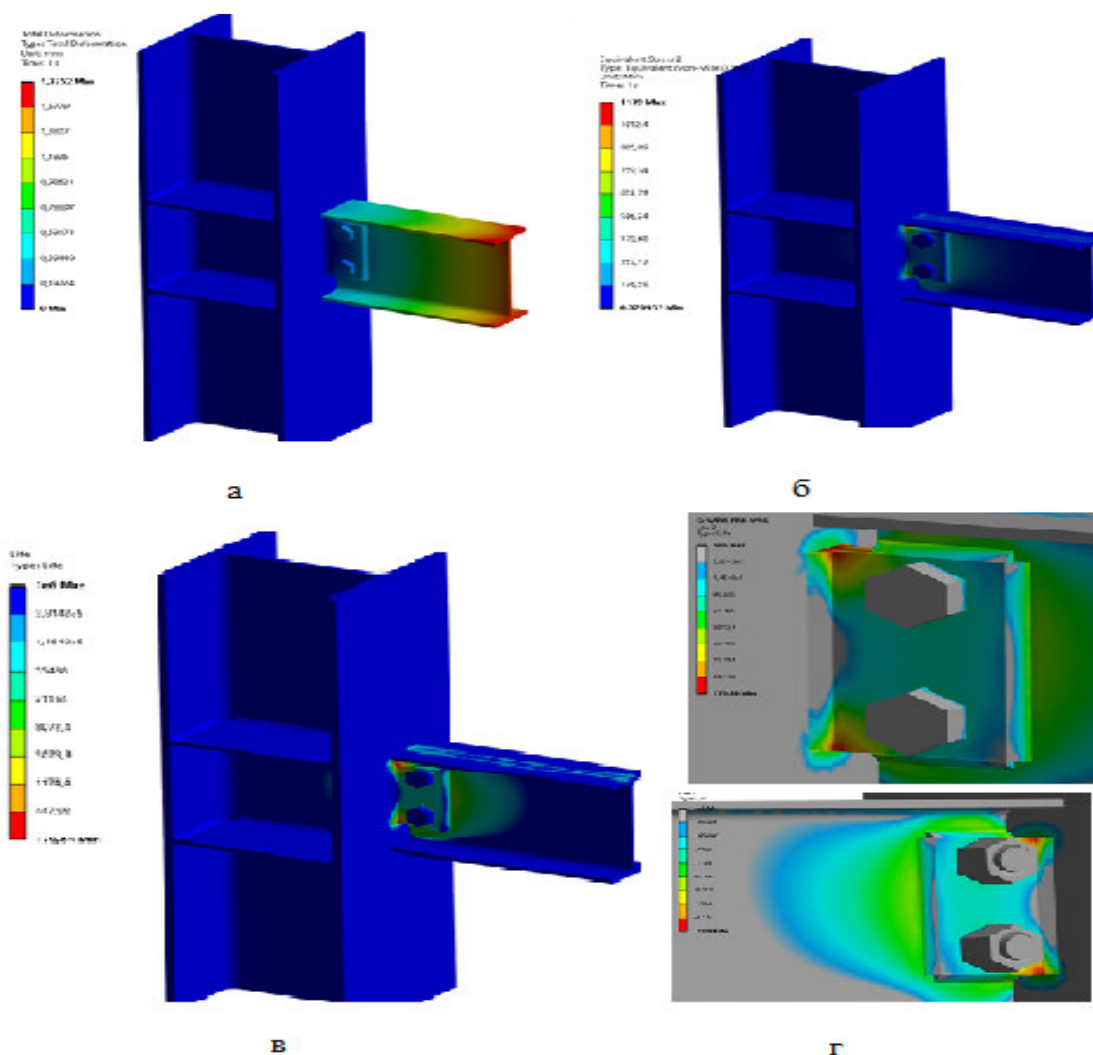


Рис. 4. Результаты моделирования образцов сечением 18×25 (катет шва 6 мм); а – перемещения в модели, б – эквивалентные напряжения в модели, в – расчетная долговечность, г – расчетная долговечность в сварных зонах деталей соединения

В модели наблюдаются напряжения, превышающие предел текучести материала, указывая на излишне высокую нагрузку на соединение данной конструкции.

Наибольшие напряжения в сварных швах образуются там, где детали усиления соединены с вертикальной опорой. Самый низкий коэффициент безопасности в сварных швах верхних и нижних деталей усиления при заданном пределе текучести материала составляет 0,22. Если значение коэффициента меньше 1, то после нагрузки возникают пластические деформации, в других случаях деформации остаются упругими.

На рис. 4. представлены показатели для симметрично нагруженной балки, потребовалось всего 171 циклов до разрушения. Признаки усталостного повреждения заметны в областях соединения планок с деталью.

Напряжения в модели значительно превышают предел текучести материала, указывая на излишне высокую нагрузку для данной конструкции соединения.

Наибольшие напряжения в сварных швах возникают при соединении деталей усиления с вертикальной опорой. Минимальный коэффициент безопасности в сварных швах верхней и нижней деталей усиления равен 0,22 при заданном пределе текучести материала. В случае, если коэффициент меньше 1, в этих местах после нагрузки происходят пластические деформации, в других местах – упругие.

На рис. 5. представлены показатели до разрушения, при симметричной нагрузке балки требуется всего 105 циклов. Признаки усталостного разрушения видны в зонах сварки планок с деталями.

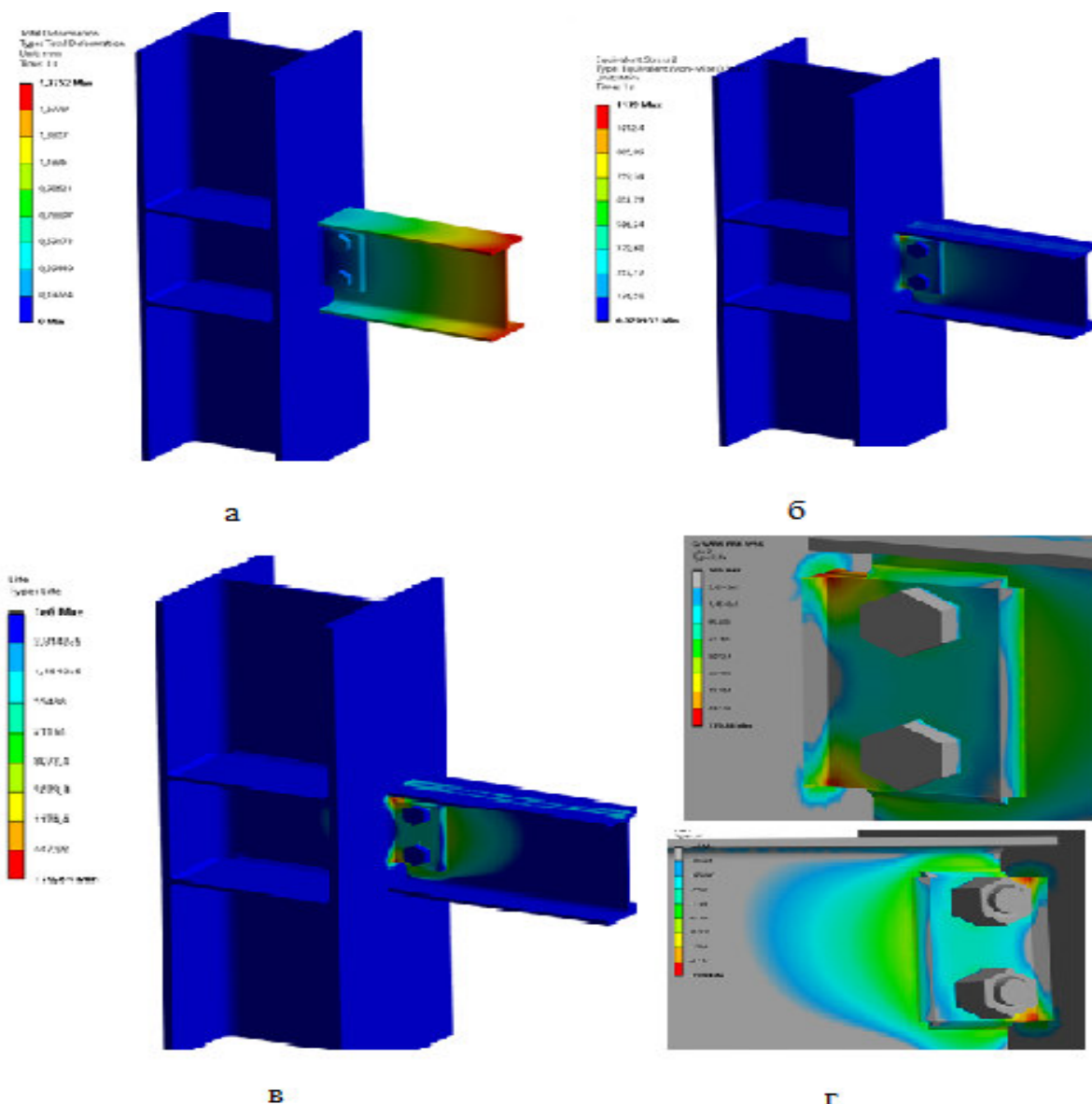


Рис. 5. Результаты моделирования образцов сечением 18×25 (катет шва 8 мм):  
 а – перемещения в модели, б – эквивалентные напряжения в модели, в – расчетная долговечность,  
 г – расчетная долговечность в сварных зонах деталей соединения

Таблица 1

**Общий обзор результатов моделирования образцов до их улучшения**

Вариант сечения	Нагрузка, Н	Катет шва, мм	Количество циклов до разрушения	Общие перемещения, мм	Эквивалентные напряжения по Мизесу, МПа
18Б1х25 К1	68646,55	6	171	1,78	1139
		8	105	1,96	1689

**2- моделирования образцов после усиления с катетами 6 мм и 8 мм (Усиления с помощью накладки, уголка и ребра)**

Наибольшие напряжения в сварных швах возникают в точках соединения деталей с вертикальной опорой. Минимальный коэффициент безопасности в сварных швах верхней и нижней деталей усиления при определенном пределе прочности материала составляет 0,91. В случае,

если коэффициент меньше 1, возникают пластические деформации после нагрузки, в остальных случаях деформации остаются упругими.

На рис. 6. представлены показатели для симметрично нагруженной балки, минимальное количество циклов до разрушения составляет 16545. Признаки усталостного разрушения присутствуют как в верхнем, так и в нижнем уголке усиления.

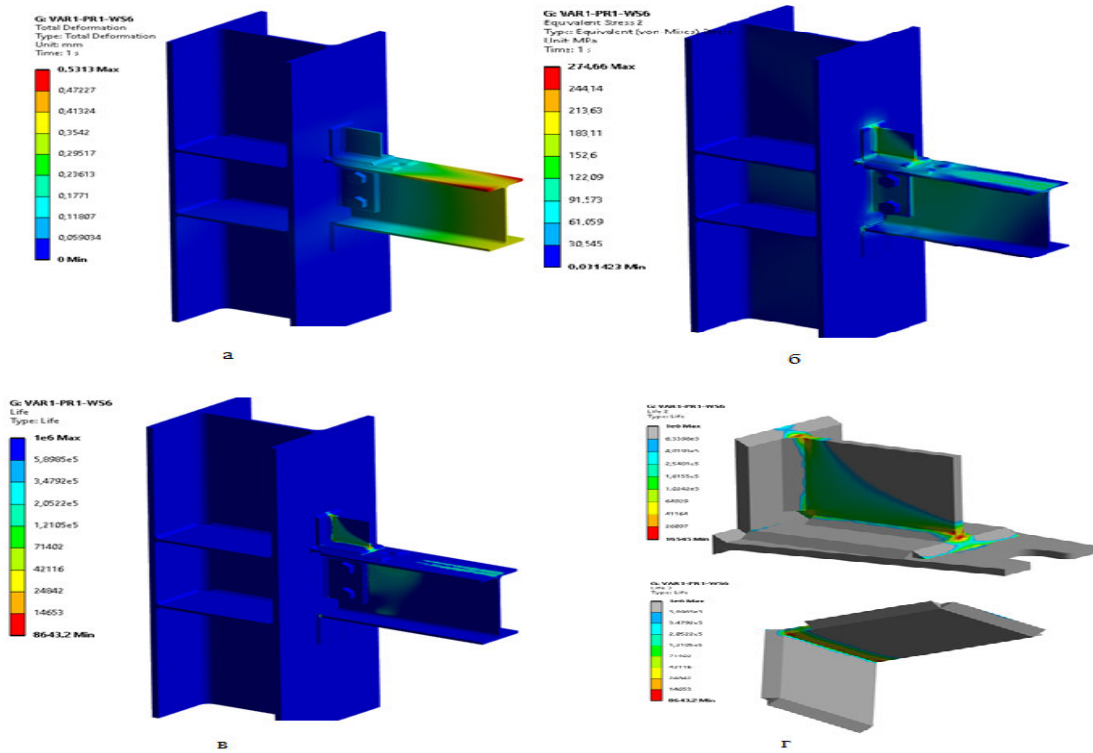


Рис. 6. Результаты моделирования образцов сечением 18×25 (катет шва 6 мм) после усиления: а – перемещения в модели, б – эквивалентные напряжения в модели, в – расчетная долговечность, г – расчетная долговечность в сварных зонах деталей соединения

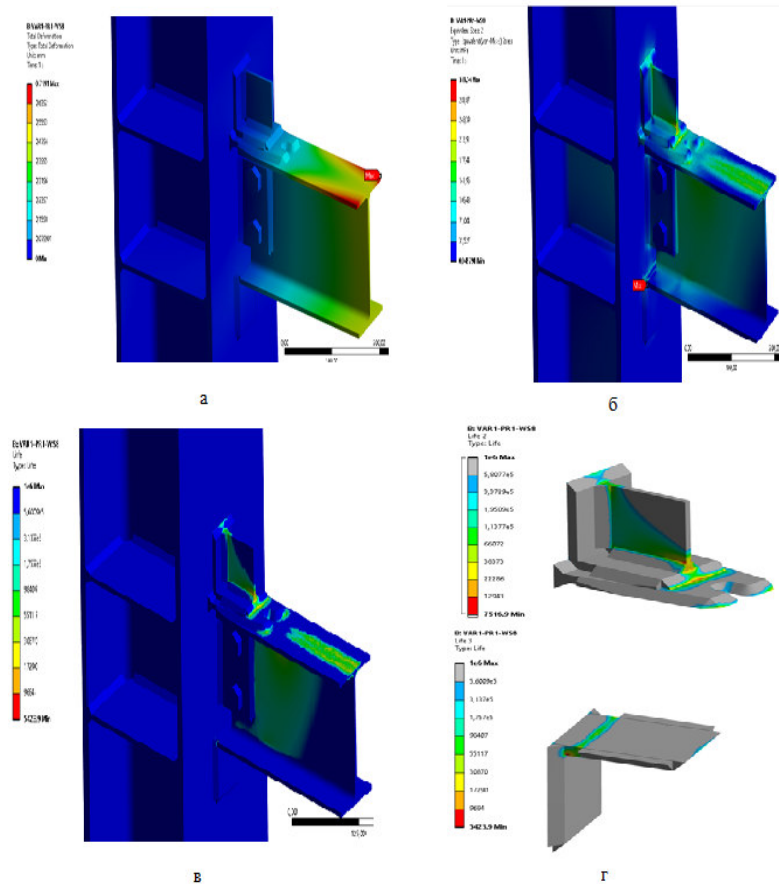


Рис. 7. Результаты моделирования образцов сечением 18×25 (катет шва 8 мм) после усиления: а – перемещения в модели, б – эквивалентные напряжения в модели, в – расчетная долговечность, г – расчетная долговечность в сварных зонах деталей соединения

Наибольшие напряжения в сварных швах возникают в точках соединения деталей усиления с вертикальной опорой. Минимальный коэффициент запаса прочности в сварных швах верхней и нижней деталей усиления при установленном пределе текучести материала равен 0,78. В случае, если этот коэффициент меньше 1, возникают пластические деформации после нагрузки,

в противном случае деформации остаются упругими.

На рис. 7. представлены показатели до разрушения балки при симметричном нагружении, потребовалось всего 7517 цикла. Признаки усталостного разрушения отчетливо видны как в нижнем, так и в верхнем уголке усиления.

Таблица 2

### Результаты анализа образцов после проведения моделирования усиления были обобщены

Вариант сечения	Нагрузка, Н	Катет шва, мм	Количество циклов до разрушения	Общие перемещения, мм	Эквивалентные напряжения по Мизесу, МПа
18Б1х25 К1	68646,55	6	16545	0,53	274,66
		8	7517	0,72	319,34

**Обсуждение.** Из проведенных расчетов можно сделать следующие заключения.

Изделия с наименьшими размерами катетов сварных швов более устойчивы к разрушению и имеют более высокую циклическую прочность.

Предположительно, размеры катетов сварных швов и соответствующие им усиления имеют значительное воздействие на усталостную прочность узла.

Таблица 3

### Общее изучение данных, полученных в результате моделирования образцов, проведено

Вариант сечения	Нагрузка, Н	Катет шва, мм	Количество циклов до разрушения	Общие перемещения, мм	Эквивалентные напряжения по Мизесу, МПа
До усиления					
18Б1х25 К1	68646,55	6	171	1,78	1139
		8	105	1,96	1689
После усиления (усиления с помощью накладки, уголка и ребра)					
18Б1х25 К1	68646,55	6	16545	0,53	274,66
		8	7517	0,72	319,34

**Выводы.** Исходя из данных результатов, можно сделать предположение о том, что надежность рассматриваемого варианта усиления при динамических нагрузках работа сварного соединения в узле каркаса имеет большое значение. Исследования показали, что вибрационная прочность узла увеличивается на 40 % при уменьшении высоты катетов сварных швов на 33 %.

Из данного наблюдения можно сделать вывод, что уменьшение веса наплавленного металла в швах сварных соединений при проведении работ по усилению металлических конструкций способствует повышению их надежности и обеспечивает возможность получения оптимального проектного решения.

Можно рекомендовать, при проектировании усиления узлов металлоконструкций использовать размеры катетов сварных швов минимально допустимые по действующим нормам СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81».

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. В 2-х ч. Часть 2. Механические испытания. Конструкционная прочность. М.: Машиностроение, 1974. 368 с.
2. Уткин В.С., Плотникова В.С. Оценка надежности комбинированных сварных соединений // Вестник гражданских инженеров. 2007. № 10. С. 41–46.
3. Аль-Сабаеи А.К. Усиление узлов опирания и сопряжения строительных металлоконструкции // V Международный студенческий строительный форум-2020. Сборник докладов. В 2-х томах. Том 1. Белгород, 2020. С. 23–30.
4. Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании. М.: Изд-во АСВ, 1998. 304 с.
5. Аугусти Г., Баратта А., Кашиати Ф. Вероятностные методы в строительном проектировании. Пер. с англ. М.: Стройиздат, 1988. 580 с.
6. Аль-Сабаеи А.К., Абсиметов В.Э. Проблемы оценки надежности металлических конструкций // Сборник докладов VI Международ-

ной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Том 1. Белгород, 2022. С. 9–14.

7. Ведеников Г.С., Беленя Е.И., Игнатъева В.С., Кудишин Ю.И., Пуховский А.Б., Уваров Б.Ю., Валь В.Н., Морачевский Т.Н., Стрелецкий Д.Н. Металлические конструкции: Общий курс: Учеб. для вузов; 7-е изд. перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1998. 760 с.

8. Шпете Г. Надежность несущих строительных конструкций. Пер. с нем. О.О. Андреева. М.: Стройиздат, 1994. 288 с.

9. Погодин Д.А., Уткин В.С., Оценка остаточной несущей способности и надежности металлоконструкций кранов при ограниченной информации // Вузовская наука - региону: Материалы первой Общероссийской научно-технической конференции. ВоГТУ. Вологда, 2003. С. 357–360.

10. Пичугин С.Ф. Надежность стальных конструкций производственных зданий. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2011. 455 с.

11. Belen'kii D.M., Vernezi N.L., Cherpakov A.V. Changes in the mechanical properties of butt welded joints in elastoplastic deformation // Welding International. 2004. № 18. Pp. 213–215.

12. Chen H., Wang Q., Zeng W., Liu G., Sun J., He L., Bui T.Q. Dynamic brittle crack propagation modeling using singular edge-based smoothed finite element method with local mesh rezoning // European Journal of Mechanics-A/Solids 2019. No. 76. Pp. 208–223.

13. Аль-Сабаеи А.К., Абсиметов В.Э. Расчет НДС рамных узлов строительных металлоконструкции при их усилении // Вестник БГТУ

им. В.Г. Шухова. 2024. № 4. С. 26–35. DOI: 0.34031/2071-7318-2024-9-4-26-35

14. Черкасов В.К., Плотникова О.С. Сварка стальных конструкций. Вологда, ВоГТУ, 2003. 130 с.

15. Уткин В.С., Плотникова О.С. Определение надежности сварных соединений фланговыми швами при статическом нагружении // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2006. № 10. С. 70–73.

16. Абакумов Р.Г., Аль-Сабаеи А.К. Оценка уровня надежности вариантов усиления строительных металлоконструкций с использованием математической модели вероятности их безотказной работы // Вестник БГТУа им. В.Г. Шухова. 2021. № 7. С. 44–50. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-7-44-50

17. Колесников В.Д. Методы усиления металлических конструкций уменьшением расчетной длины сжатых элементов // Молодой ученый 2020. № 21 (311). С. 503–510.

18. Пшеничкина В.А., Глухов А.В., Глухова С.М. Моделирование вероятностных параметров нагрузок в задачах оценки безопасности и ресурса зданий и сооружений // Строитель Донбасса. 2019. № 2 С. 58–63.

19. Аль-Сабаеи А.К. Расчет многоциклового усталости рамных узлов // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона» 2024. № 2. С. 306–321.

20. Горев В.В. Математическое моделирование при расчетах и исследованиях строительных конструкций. Высшая школа, 2002. 206 с.

#### Информация об авторах

**Аль-Сабаеи Арафат Касем**, ассистент кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: kacem90@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 06.06.2024 г.

© Аль-Сабаеи А.К., Абсиметов В.Э., 2024

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

*Belgorod State Technological University, which bears the name of V.G. Shukhov*

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

## ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF REINFORCING FRAME UNITS OF BUILDING METAL STRUCTURES UNDER REPEATED STATIC LOADS

**Abstract.** The main reasons for the exhaustion of structural strength and their subsequent destruction include fatigue strength, which largely depends on the magnitude of the loads, their constancy and the degree

of damage. The fatigue strength of welded structures is related to the height of the catheter of welded joints, which is due to the effects of residual welding stresses on their operation under vibration loads. Considering the options for strengthening metal structures, it can be noted that this is due either to their physical wear or to additional loads on the supporting elements of the frame. At the same time, reinforcement is possible with partial unloading of structures, or without unloading, if the safety margin of metal structures allows it. Reinforcement is a set of measures to increase the bearing capacity of structures, ensure their continued reliable operation and the ability to meet operational requirements. From an economic point of view, such reinforcement is more effective, since it usually does not interrupt the operation process. The results of modeling the operation of frame assemblies of building metal structures under the influence of dynamic loads are considered. When modeling, the considered options are reducing the height of the welded angle joints and the effect of residual welding stresses on the operation of the nodes.

**Keywords:** metal structures, reinforcements, frame assemblies, reliability, weld catheter, strength

## REFERENCES

1. Forrest P. Fatigue of metals [Ustalost' metallov]. Moscow : Mashinostroenie, 1968. 354 p. (rus)
2. Utkin B.C., Plotnikova O.S. Reliability assessment of combined welded joints [Ocenka nadezhnosti kombinirovannyh svarnyh soedinenij]. Bulletin of Civil Engineers. 2007. No. 10. Pp. 41–46. (rus)
3. Al-Sabaei A.K. Reinforcement of support and coupling nodes of building metal structures [Usilenie uzlov opiraniya i sopryazheniya stroitel'nyh metallokonstrukcii]. V International Student Construction Forum 2020. Collection of reports. In 2 Vol. Vol 1. Belgorod, 2020. Pp. 23–30. (rus)
4. Reiser W.D. Reliability theory in construction design [Teoriya nadezhnosti v stroitel'nom proektirovanii]: Monograph. V.D. Riser. M.: Publishing House ASV, 1998. 304 p. (rus)
5. Augusti G. Probabilistic methods in construction design [Veroyatnostnye metody v stroitel'nom proektirovanii]. Per. from English M.: Stroyizdat, 1988. 580 p. (rus)
6. Al-Sabaei A.K., Absimetov V.E. Problems of assessing the reliability of metal structures [Problemy ocenki nadezhnosti metallicheskih konstrukcij]. Collection of reports of the VI International Scientific and practical Conference dedicated to the 50th anniversary of the Department of Construction and Urban Management. Vol 1. Belgorod, 2022. Pp. 9–14. (rus)
7. Vedenikov G.S., Belenya E.I., Ignatieva V.S., Kudishin Yu.I., Pukhovskiy A.B., Uvarov B.Yu., Val V.N., Morachevskiy T.N., Streletskiy D.N. Metal structures [Metallicheskie konstrukcii]: General course: Proc. for universities - 7th ed. reworked and additional. M.: Stroyizdat, 1998. 760 p. (rus)
8. Shpete G. Reliability of load-bearing building structures [Nadezhnost' nesushchih stroitel'nyh konstrukcij]. Transl. with a german. O.O. Andreeva. M.: Stroyizdat, 1994. 288 p. (rus)
9. Pogodin D.A., Utkin B.S. Assessment of the residual load-bearing capacity and reliability of metal structures of cranes with limited information [ocenka ostatocnoj nesushchej sposobnosti i nadezhnosti metallokonstrukcij kranov pri ograničennoj informacii]. University science - to the region: Materials of the first All-Russian scientific technical conference. VoSTU. Vologda: 2003. Pp. 357–360. (rus)
10. Pichugin S.F. Reliability of steel structures of industrial buildings [Nadezhnost' stal'nyh konstrukcij proizvodstvennyh zdaniy]. M.: Publishing house of the Association of Construction Universities, 2011. 455 p. (rus)
11. Belen'kii D.M., Vernezi N.L., Cherpakov A.V. Changes in the mechanical properties of butt welded joints in elastoplastic deformation. Welding International. 2004. No. 18. Pp. 213–215.
12. Chen H., Wang Q., Zeng W., Liu G., Sun J., He L., Bui T.Q. Dynamic brittle crack propagation modeling using singular edge-based smoothed finite element method with local mesh rezoning. European Journal of Mechanics-A/Solids. 2019. No. 76. Pp. 208–223.
13. Al-Sabaei A.K., Absimetov V.E. Calculation of (SSS) of frame units of building metal structures when strengthening them. Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2024. No. 4. Pp. 26–35. (rus)
14. Cherkasov V.K., Plotnikova O.S. Welding of steel structures [svarka stal'nyh konstrukcij]. Vologda, VoSTU, 2003. 130 p. (rus)
15. Utkin B.C., Plotnikova O.S. Determination of the reliability of welded joints with flank seams under static loading [Opredelenie nadezhnosti svarnyh soedinenij flangovymi shvami pri staticheskom nagruzhении]. Construction materials, equipment and technologies of the XXI century. 2006. No. 10. Pp.70–73. (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 matematicheskoj 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. Kolesnikov V.D. Methods of strengthening metal structures by reducing the calculated length of compressed elements [Metody usileniya metallicheskikh konstrukcij umen'sheniem raschetnoj dliny szhatyh elementov]. Young scientist. 2020. No. 21 (311). Pp. 503–510. (rus)

18. Pshenichkina V.A. Pshenichkina V.A., Glukhov A.V., Glukhova S.G. Modeling of probabilistic parameters of loads in the problems of assessing the safety and resource of buildings and structures [Modelirovanie veroyatnostnyh parametrov nagruzok v

zadachah ocenki bezopasnosti i resursa zdaniy i sooruzhenij]. 2019. No.2. Pp. 58–63. (rus)

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. Pp. 306–321. (rus)

20. Gorev V.V. Mathematical modeling in calculations and studies of building structures [Matematicheskoe modelirovanie pri raschetah i issledovaniyah stroitel'nyh konstrukcij]: Higher School, 2002. 206 p. (rus)

#### *Information about the authors*

**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 06.06.2024*

#### **Для цитирования:**

Аль-Сабаети А.К., Абсиметов В.Э. Оценка надёжности усиления рамных узлов строительных металлоконструкций при повторно статических нагружениях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. № 11. С. 33–41. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-11-33-41

#### **For citation:**

Al-Sabaei A.Q, Absimetov V.E. Assessment of the reliability of reinforcing frame units of building metal structures under repeated static loads. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2024. No. 11. Pp. 33–41. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-11-33-41