

УДК 621.791.052:624.014

**В. А. Белов**

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ МОДЕРНИЗАЦИЕЙ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ФЛАНГОВЫМИ ШВАМИ**

Описана методика модернизации сварных соединений с фланговыми швами на втором и третьем уровнях, повышающая их надежность благодаря перераспределению массы наплавленного металла по длине и поперечному сечению.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** металлоконструкции, надежность, сварные соединения.

The technique of modernization of welded joints with side lap weld on the second and the third levels, increasing their reliability due to redistribution of the weight of weld metal through the length and the cross section is described.

**К e y w o r d s:** metal construction, reliability, welded joints.

Разработана методика модернизации сварных соединений с фланговыми швами конечно-элементным моделированием на трех уровнях. Для фланговых швов с длиной до предельно допустимой выполняются модернизации первого (М1) или третьего (М3) уровней. Для фланговых швов, фактическая длина которых превышает предельно допустимую, нормами выполняются модернизации второго (М2) и третьего (М3) уровней. При модернизации второго уровня конечно-элементным моделированием определяется наименьший катет, при котором уровни максимальных и средних приведенных напряжений не превышают значения напряжений в образцах с предельно допустимой длиной. Последующая модернизация третьего уровня осуществляется переходом от равнокатетных к разнокатетным швам на сильнонагруженных участках и минимальным катетом на слабонагруженном участке.

На основе проведенных ранее экспериментально-теоретических исследований [1] установлено, что основным геометрическим параметром, влияющим на неравномерность распределения напряжений по длине фланговых швов, является расстояние между фланговыми швами (толщина или ширина прикрепляемого элемента).

В статье приведены результаты модернизации второго (М2) и третьего (М3) уровней крестообразного образца К1 (рис. 1, а), фактическая длина которого (720 мм) в 1,5 раза превышает предельно допустимую нормами при катете 8 мм, выполненного ручной дуговой сваркой (РДС).

Размеры основного элемента  $1000 \times 880 \times 32$  мм, размеры прикрепляемых пластин  $928 \times 880 \times 16$  мм. Учитывая условия симметрии, рассматривалась 1/4 часть соединения. Задача решалась в линейно-упругой постановке. Нагрузка на образец прикладывалась по первой схеме нагружения (рис. 1, б) [2].

Данная методика предусматривает, в отличие от существующих норм, расчет по трем сечениям — металлу шва и двум границам сплавления (рис. 1, в).

Поставленная задача решалась методом конечных элементов (МКЭ), реализованным в универсальном верифицированном программном комплексе ANSYS Mechanical. Использовались 8-узловые объемные конечные элементы (КЭ) типа SOLID185. Размерность СЛАУ порядка 500 000 неизвестных.

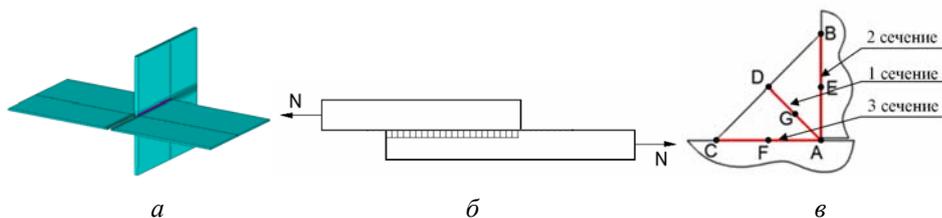


Рис. 1. Модернизация второго и третьего уровней крестообразного образца: *a* — геометрическая модель крестообразного сварного соединения K1; *б* — первая схема нагружения; *в* — поперечное сечение сварного шва с тремя расчетными сечениями по металлу шва (1-е сечение) и двум границам сплавления (2-е и 3-е сечения)

Выполнен сравнительный анализ распределения приведенных напряжений по длине фланговых швов в образце K1 480 8 × 8 с предельно допустимой длиной шва и двух образцов на втором и третьем уровнях модернизации, фактическая длина которых в 1,5 раза превышает предельно допустимую нормами при действии одинаковой расчетной нагрузки [3]. Результаты представлены на рис. 2—6.

Выводы:

1. Снижение максимального значения уровня приведенных напряжений на сильнонагруженных концевых участках швов при модернизации второго уровня образца 480 M2 K1 720 6 × 6 с длинами швов, в 1,5 раза превышающими предельно допустимые нормами, составляет:

по максимальным приведенным напряжениям:

на участке d1 28 %;

на участке d2 40 %;

по средним приведенным напряжениям:

на участке d1 35 %;

на участке d2 41 %.

2. Снижение максимального значения уровня приведенных напряжений на сильнонагруженных концевых участках швов при модернизации третьего уровня образца M3 K1 720 7 × 5 + 5 × 5 + 7 × 5 с длинами швов, в 1,5 раза превышающими предельно допустимые нормами [4], составляет:

по максимальным приведенным напряжениям:

на участке d1 40 %;

на участке d2 50 %;

по средним приведенным напряжениям:

на участке d1 38 %;

на участке d2 43 %.

3. Снижение максимального значения уровня приведенных напряжений на сильнонагруженных концевых участках швов при совместной модернизации второго и третьего уровней образца M3 K1 720 7 × 5 + 5 × 5 + 7 × 5 с длинами швов, в 1,5 раза превышающими предельно допустимые нормами, составляет:

по максимальным приведенным напряжениям:

на участке d1 68 %;

на участке d2 90 %;

по средним приведенным напряжениям:

на участке d1 73 %;

на участке d2 84 %.

4. Модернизация второго уровня образца с фактической длиной фланговых швов, в 1,5 раза превышающих предельно допустимую, снижает объем наплавленного металла на 44 %. Модернизация третьего уровня дополнительно снижает объем наплавленного металла на 12 %. Таким образом, совместная модернизация второго и третьего уровней снижает объем наплавленного металла на 56 %.

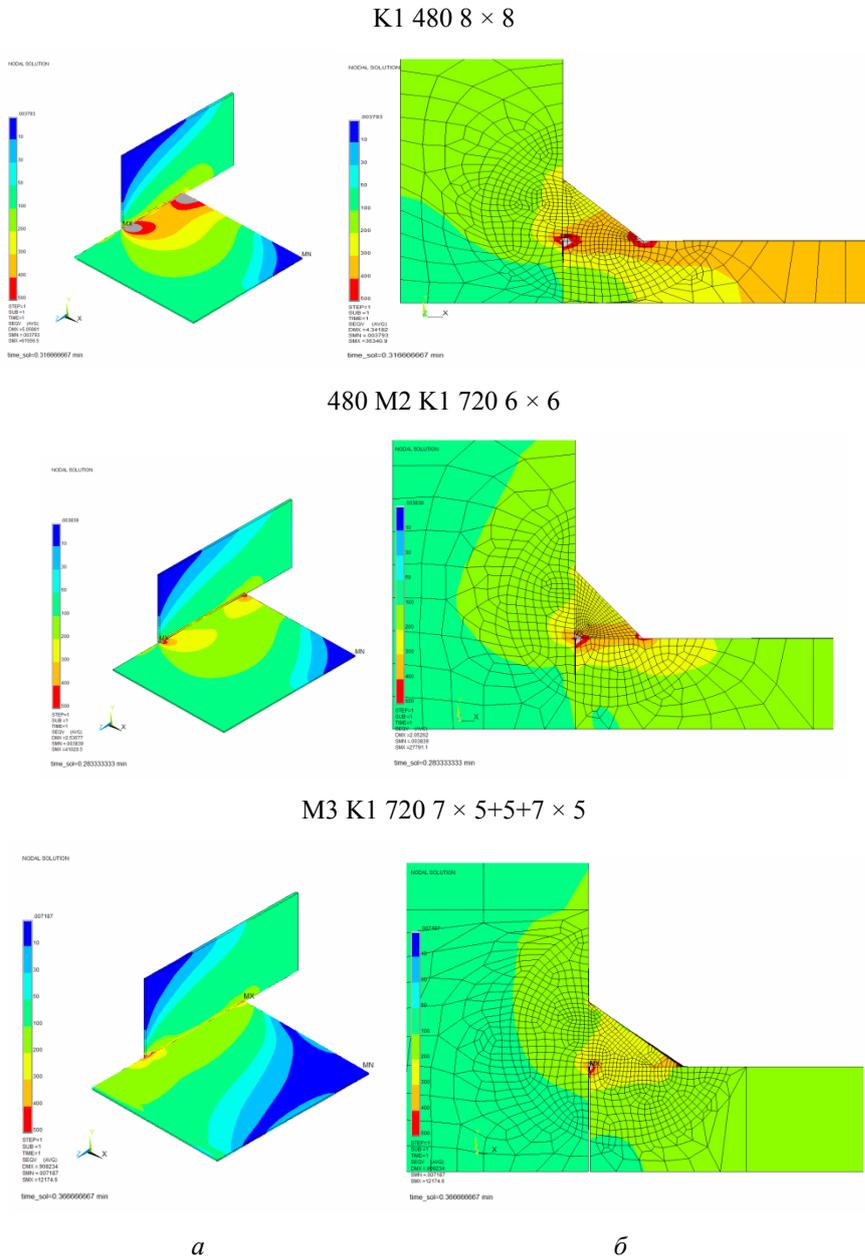


Рис. 2. Конечно-элементная модель  $\frac{1}{4}$  образца K1 720 8 × 8: *a* — при первой схеме нагружения с изолиниями для зон моделей; *б* — в корне их швов, работающих в упруго-пластической области (красный цвет) и упругой области (остальные цвета), при действии одинаковой расчетной нагрузки

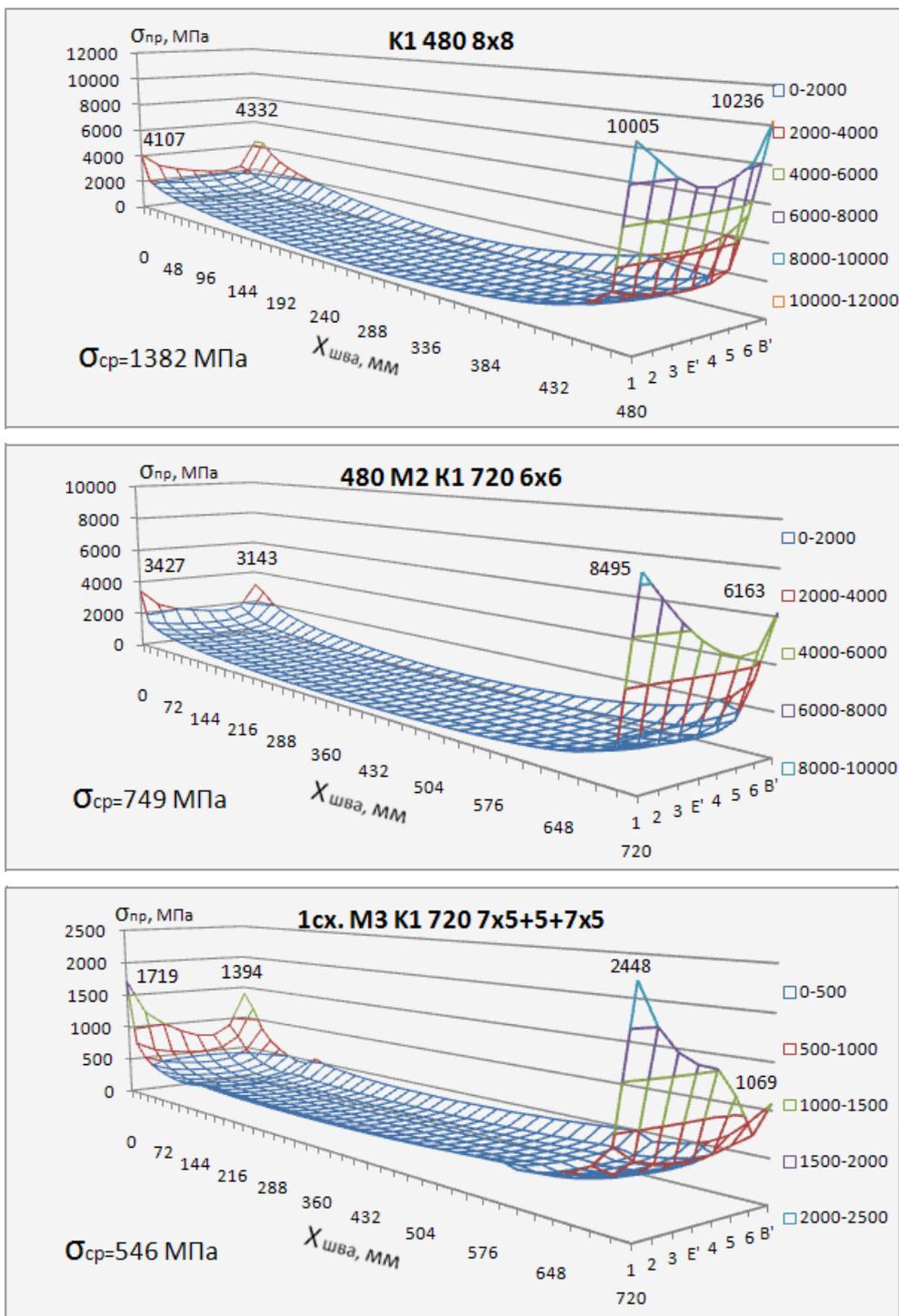
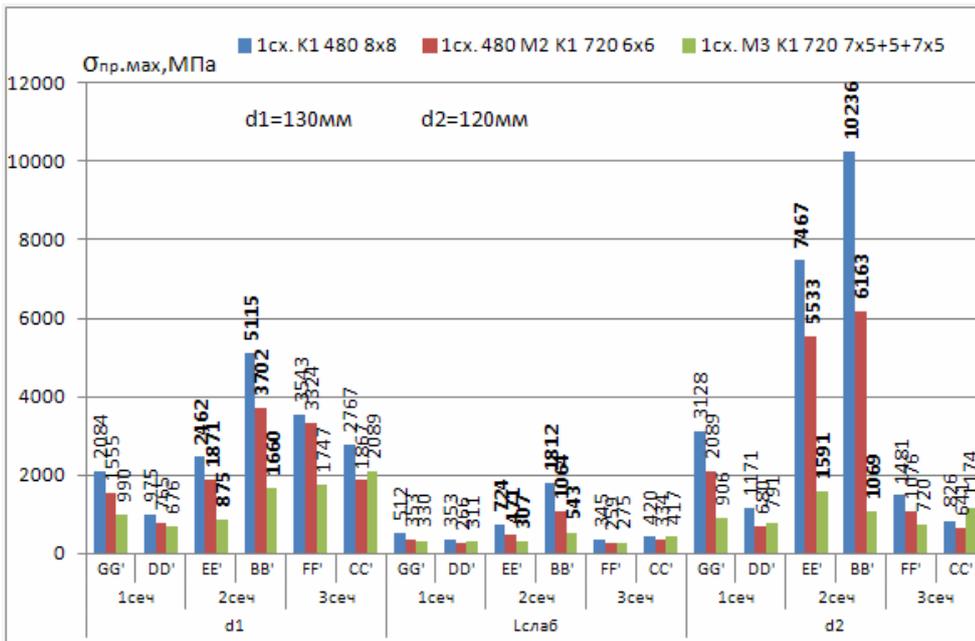
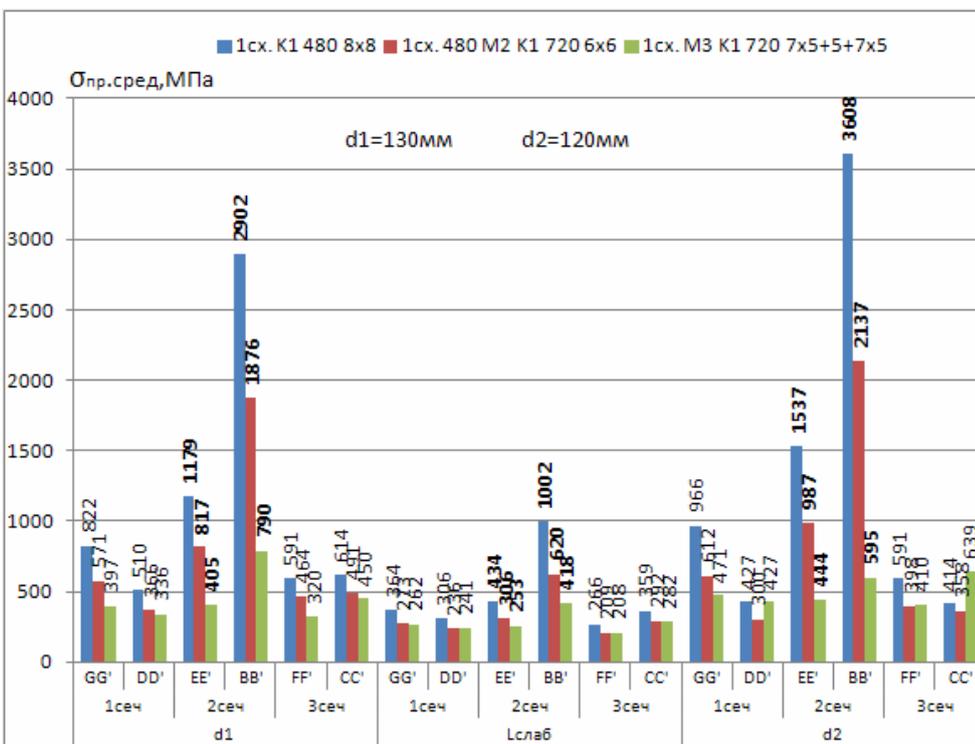


Рис. 3. Модернизации на втором и третьем уровнях образца K1 720 8 × 8 существенно снижает напряжения в сильнонагруженном втором расчетном сечении по границе сплавления с прикрепляемым элементом

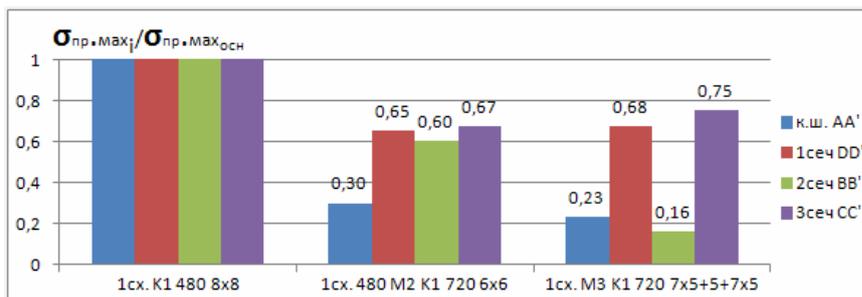


а

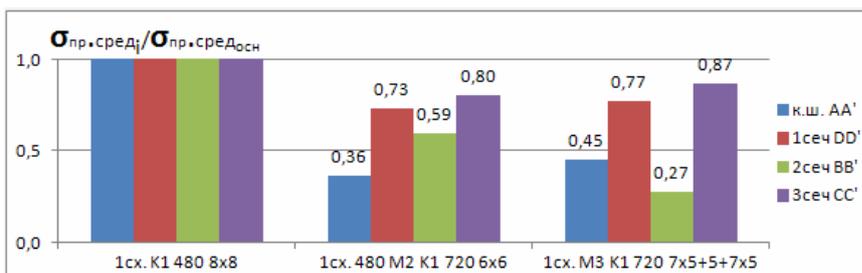


б

Рис. 4. Снижение уровней абсолютных приведенных напряжений модернизацией на втором и третьем уровнях по сильнонагруженному второму сечению образца K1 720 8 × 8 при первой схеме нагружения и действии одинаковой расчетной нагрузки: а — максимальных; б — средних

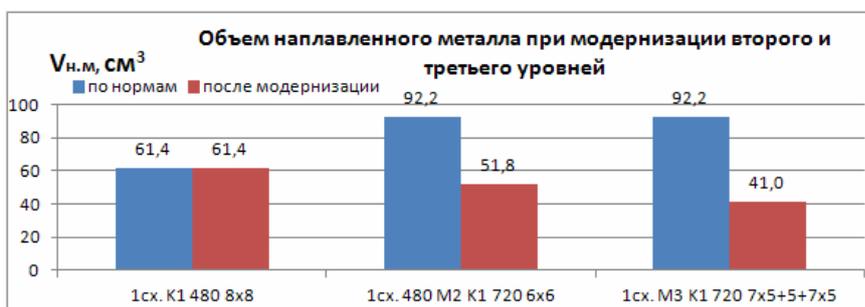


*a*

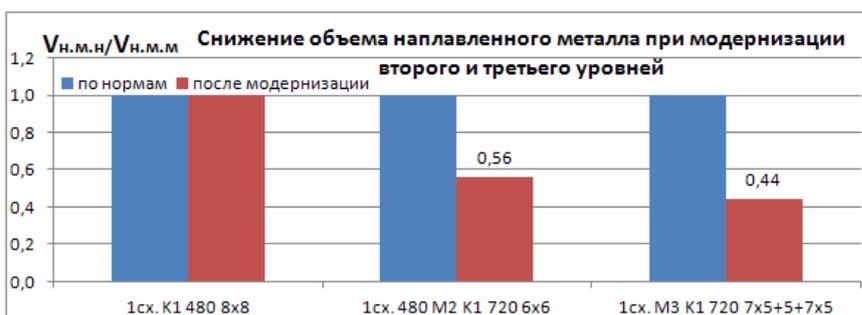


*б*

Рис. 5. Модернизация на втором и третьем уровнях образца К1 720 8 × 8 существенно снижает уровни приведенных напряжений в четырех сечениях по сильнонагруженному второму сечению по границе сплавления с прикрепляемым элементом: *a* — максимальных; *б* — средних



*a*



*б*

Рис. 6. Снижение объема наплавленного металла при модернизации второго и третьего уровней в величинах: *a* — абсолютных; *б* — относительных

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белов В. А. Несущая способность сварных соединений с фланговыми швами в строительных металлических конструкциях. М. : МГСУ, 2012. 136 с.
2. Белов В. А., Круль К. Моделирование и расчет металлических конструкций зданий и сооружений. М. : МГСУ, 2012. 160 с.
3. Белов В. А., Гусев А. А., Щербина С. В. Исследование влияния геометрии соединяемых элементов на распределение напряжений в сварных швах в линейной и нелинейной постановке // Вестник МГСУ. 2011. № 1. Т. 1. С. 30—34.
4. Белов В. А., Гусев А. А., Щербина С. В. Модернизация сварных соединений с фланговыми швами при изменяемой толщине прикрепляемого элемента [Электронный ресурс] // Модернизация строительства. 2012. № 12. С. 29—30. URL: <http://ms.enjournal.net/article/9026/> (дата обращения 02.03.2013).

1. Belov V. A. Nesushchaya sposobnost' svarnykh soedineniy s flangovymi shvami v stroitel'nykh metallicheskih konstruksiyakh. M. : MGSU, 2012. 136 s.
2. Belov V. A., Krul' K. Modelirovanie i raschet metallicheskih konstruksiy zdaniy i sooruzheniy. M. : MGSU, 2012. 160 s.
3. Belov V. A., Gusev A. A., Shcherbina S. V. Issledovanie vliyaniya geometrii soedinyaemykh elementov na raspredelenie napryazheniy v svarnykh shvakh v lineynoy i nelineynoy postanovke // Vestnik MGSU. 2011. № 1. Т. 1. S. 30—34.
4. Belov V. A., Gusev A. A., Shcherbina S. V. Modernizatsiya svarnykh soedineniy s flangovymi shvami pri izmenyaemoy tolshchine prikreplyaemogo elementa [Elektronnyy resurs] // Mekhanizatsiya stroitel'stva. 2012. № 12. S. 29—30. URL: <http://ms.enjournal.net/article/9026/> (data obrashcheniya 02.03.2013).

© Белов В. А., 2013

Поступила в редакцию  
в декабре 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Белов В. А. Совершенствование металлических конструкций модернизацией сварных соединений с фланговыми швами // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 4(29). URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Belov-2013\\_4\(29\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Belov-2013_4(29).pdf)