

6 **Мирсаяпов, И. Т.** Экспериментально-теоретические исследования моделей свайно-плитных фундаментов / И. Т. Мирсаяпов, Д. А. Артемьев // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2008. – № 2 (10). – С. 68–74. – EDN KBEJMN.

7 **Агеев, А. С.** Моделирование и расчет комбинированных свайно-плитных фундаментов в SCAD / А. С. Агеев, С. А. Тумаков // Сборник материалов 75-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. – Ярославль : Ярославский государственный технический университет, 2022. – С. 444–448. – EDN EKNRDN.

8 **Тумаков, С. А.** Оценка несущей способности железобетонной плиты пола цеха на армированном грунтовом основании / С. А. Тумаков, Г. Н. Голубь // Умные композиты в строительстве. – 2023. – Т. 4, № 4. – С. 8–19. – EDN FCYASA.

УДК 69.04

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ФЕРМ НА ОСНОВЕ ДЕКОМПОЗИЦИИ ИХ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

М. В. ЛАТУН

*Научный руководитель – А. А. Васильев (канд. техн. наук, доцент)
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

При создании решетчатых конструкций металлических ферм одним из способов выполнения узлов является сварка. Сегодня это достаточно перспективное направление в различных областях техники. В результате популярности сварочные технологии стремительно развиваются и совершенствуются. Однако при проектировании и создании решетчатых конструкций зачастую происходит игнорирование общих принципов конструирования [1]. Например, при сборке элементов фермы имеет место несоблюдение принципа устранения сложного напряженного состояния, которое обычно обусловлено внецентренным приложением эксплуатационной нагрузки. Всё это приводит к возникновению изгиба в элементах (стойках, раскосах) ферм. Для устранения сложного напряженного состояния авторами рекомендуется анализировать работу сварного узла под нагрузкой с последующей декомпозицией [2].

Не стоит пренебрегать влиянием различного рода дефектов на качество сварных соединений. К примеру, такой дефект, как непровар, приводит к концентрации напряжений. Однако, несмотря на известный факт, исследований по влиянию размеров выпуклости сварного шва на уровень напряжений, не было. При этом имеются сведения о том, что выпуклость может компенсировать частично или полностью уменьшение рабочего сечения, вызванное наличием и размерами выпуклости сварного шва [3].

При оценке влияния таких дефектов, как непровар, на распределение рабочих напряжений принято считать, что выпуклость может частично или полностью компенсировать уменьшение рабочего сечения. Обоснование такого подхода рассмотрено в литературных источниках, например в источнике [4]: «В конструкциях не допускаются: ... непровары в корне шва в соединениях, доступных для сварки с одной стороны, и в соединениях без подкладок, превышающие по высоте 15 % толщины свариваемого металла, или более 3 мм». Тем самым, свод правил фактически разрешает изготавливать и эксплуатировать конструкции (несущие и ограждающие) с непроварами, которые не превышают по высоте 15 % толщины свариваемых пластин. Тогда можно сделать вывод, что здесь выпуклость не рассматривается как вредный фактор, создающий сложное напряженное состояние. Вредный концентратор напряжений (непровар) расположен в зоне максимальных нормальных напряжений, а традиционный подход этого факта не учитывает. В работе [5] установлено, что величина нормальных напряжений, возникающих в зоне непровара, зависит от высоты выпуклости. Для оценки совместного влияния выпуклости и непровара был выполнен конечно-элементный расчет напряженного состояния односторонних стыковых соединений с непроваром на базе программы *SolidWorks Simulation*. В результате расчета установлено, что выпуклость сварного шва не только не компенсирует вредное влияние непровара, но и способствует увеличению уровня нормальных напряжений в корневой части сварного шва.

По результатам расчета установлено, что снижение высоты выпуклости с непроваром до 5 % обеспечивает уменьшение уровня максимальных напряжений в корне шва в 1,25 раза.

При дальнейшем изучении вопроса о снижении высоты выпуклости наблюдалось заметное снижение максимальных нормальных напряжений в корневой части шва, т. е. при наличии выпуклости значение напряжений было 2,871 Па, а при её отсутствии – 2,611 Па. Автором предлагается моделирование соединения с отрицательной высотой выпуклости, т. е. выемкой (углублением). Глубину выемки предлагается принять равной величине непровара (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема одностороннего стыкового соединения с непроваром и выемкой (углублением)

В результате расчета этой модели был частично устранен изгиб, характерный для неё, как следствие, снизились суммарные напряжения. То есть при отсутствии выемки суммарные напряжения составляли 2,611 Па, после выполнения выемки их величина снизилась до 2,228 Па.

При выполнении соединений разных толщин по ГОСТ 14771-76 его рекомендации недостаточно корректны, так как в таких соединениях возникает асимметрия, приводящая к изгибу [6].

При выполнении строительных решетчатых конструкций чаще всего используют прокатные профили и элементы листового проката – фасонки. В узлах таких конструкций при традиционном соединении элементов уголков укладывают на поверхность фасонки и соединяют их угловыми сварными швами (рисунок 2).

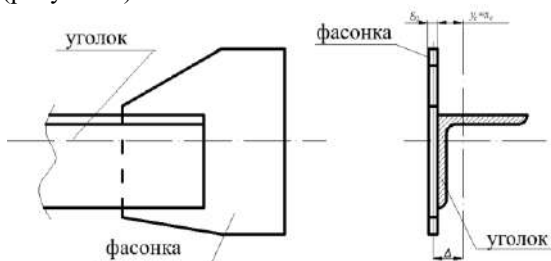


Рисунок 2 – Схема известной конструкции соединения уголка с фасонкой [1]

При внимательном анализе конструкции, приведенной в источнике [7], можно заметить, что в ней имеется несоосность. Несимметричный уголок плохо сочетается с симметричной фасонкой.

Рассматривая боковую проекцию известного соединения, приведенную на рисунке 2, можно отметить несовпадение осей уголка и фасонки. Между параллельными осями уголка и фасонки имеется расстояние Δ , которое рассчитывается по формуле

$$\Delta = x_c + \frac{\delta_2}{2}, \quad (1)$$

где $x_c = y_c$ – координата центра тяжести сечения уголка;

δ_2 – толщина фасонки.

Указанный эксцентриситет приводит к сложному напряженному состоянию при воздействии рабочей продольной нагрузки. В сечении уголка возникает изгибающий момент (2), пропорциональный эксцентриситету дельта,

$$M_{из} = P \Delta = P \left(x_c + \frac{\delta_2}{2} \right). \quad (2)$$

Для частичного устранения эксцентриситета предлагается конструкция, при которой наружные плоскости уголка и фасонки совпадают. Соответственно для их соединения используется стыковой сварной шов. Расчеты показывают, что для соединения уголка 35×35×5 с фасонкой толщиной 6 мм величина эксцентриситета уменьшается с 1,34 до 0,74 см, т. е. в 1,81 раза. Соответственно в 1,81 раза снижается уровень дополнительных напряжений от изгиба.

Вывод.

1 Проведен анализ технических решений на базе принципа декомпозиции напряженного состояния, который показал необходимость учета явления изгиба при конструировании сварных соединений.

2 Предложены более эффективные конструкции соединений, обеспечивающие снижение суммарных напряжений в ее элементах.

Список литературы

1 Орлов, П. И. Основы конструирования : справ.-метод. пособие : в 2 т. Т. 1 / П. И. Орлов. – М. : Машиностроение, 1988. – 560 с.

2 Декомпозиция напряженного состояния при оценке прочности неразъемных соединений / Т. С. Латун, Ю. А. Цумарев, В. К. Шелег [и др.] // Вестник машиностроения. – 2022. – № 8. – С. 56–59.

3 Влияние выпуклости на прочность односторонних стыковых швов с непроваром / Ю. А. Цумарев, Т. С. Латун, А. Н. Сеница, М. В. Латун // Вестник машиностроения. – 2024. – Т. 103, № 4. – С. 323–325.

4 СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 (с Изменениями № 1, 3). – Введ. 01.07.2013. – М. : Госстрой, 2013. – 197 с.

5 Цумарев, Ю. А. Влияние внецентренного растяжения на напряженное состояние стыкового сварного соединения / Ю. А. Цумарев // Сварочное производство. – 2010. – № 6. – С. 6–10.

6 Распределение напряжений в стыковых сварных соединениях деталей разной толщины / Ю. А. Цумарев, А. Н. Сеница, Н. И. Рогачевский [и др.] // Сварочное производство. – 2021. – № 5. – С. 8–13.

7 Майзель, В. С. Сварные конструкции / В. С. Майзель, Д. И. Навроцкий. – Л. : Машиностроение, 1973. – С. 103.

УДК 69.05

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ОТ ЗАЩИТЫ КОНСТРУКЦИЙ ДО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ

П. С. МАСЛО

Научный руководитель – А. А. Карамышев (ст. преп.)

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Строительная индустрия переживает глубокую трансформацию, вызванную развитием новых материалов и автоматизированных технологий. Если еще десять лет назад сектор полагался на традиционные методы, то сегодня инженеры имеют доступ к инновационным решениям, которые не только повышают долговечность зданий, но и ускоряют процесс строительства, снижают затраты и улучшают условия труда.