

имеет ряд преимуществ: лучшие условия освещения, более простую и удобную планировку, большую площадь придомового участка при одинаковой глубине квартала.

Традиционная планировка таунхауса основана на поэтажном разнесении общей и интимной зон. Кроме этого, широко используется прием, при котором подсобные помещения (гараж, кухня и др.) выносятся на уличный фасад, а основные жилые – на дворовой, и из них организуется второй выход на участок. При достаточной поэтажной площади на первом этаже размещаются и гараж, и блок общей зоны, состоящий из гостиной, столовой и кухни, и подсобные помещения. В стесненных условиях гараж либо выносится (превращаясь в пристройку или отдельную постройку на участке), либо вытесняет общую зону на второй этаж, что позволяет разместить на первом более развитый хозяйственный блок или дополнительную зону отдыха (например, блок помещений сауны), а в отдельных случаях – рабочие помещения (офис, мастерскую, кабинет). Однако такая пространственная организация разрывает непосредственную связь общей зоны с участком, затрудняя, например, возможность устройства “летней столовой”. Спальни, как правило, размещаются на последнем, зачастую мансардном этаже.

На участках с неровным рельефом, когда оба уровня квартиры могут иметь связь с участком, взаимное расположение общей и спальной зон меняется, если вход в квартиры предусмотрен с верхнего уровня. Хотя спальни, как правило, располагаются на втором этаже, санитарные узлы, когда их несколько, могут быть разделены между этажами. Санитарный узел на нижнем этаже обслуживает зону дневного пребывания и гостей и может быть использован также для обслуживания спален второго этажа, если к нему имеется доступ без пересечения зоны дневного пребывания.

Таким образом, коттедж в таунхаусе предлагается проектировщиками как вариант летнего дома для отдыха, так как он экономичен в обслуживании и не требует дополнительных затрат времени и денег на подготовку к летнему сезону, всегда присмотрен и готов к эксплуатации в любое время. Кроме того, таунхаус – это выгодное вложение средств. Вкладывая деньги в недвижимость, можно получить прибыль за счет роста стоимости объекта в процессе строительства даже без учета роста рыночных цен.

За прошедшие годы белорусы успели оценить достоинства таунхаусов и сформировали определенный спрос на такой вид жилья на рынке недвижимости, что сделало таунхаусы перспективным видом строительства в Республике Беларусь.

УДК 004.414.23:693.554.1

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРНЫХ КРЕСТООБРАЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ МАЛЫХ ДИАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*В. В. КУЗНЕЦОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Применение математических методов и математического моделирования сварочных процессов превратилось в мощный инструмент исследований и познания процессов, происходящих в сложных технологических системах, позволяющих не только получить формализованное описание их основных закономерностей, но и эффективно управлять ими. Существующие в настоящий момент математические методы и модели в основном созданы для широко используемых и глубоко изученных способов сварки: ручная дуговая сварка, механизированная сварка и автоматизированная сварка под слоем флюса. При производстве сварных металлоконструкций всё более широкое применение находят способы сварки с управляемым каплепереносом электродного металла, такие как, дуговая сварка полуавтоматом в среде защитных газов. Однако возможности дуговой сварки в производстве соединений арматуры из малых диаметров мало изучены и до конца не раскрыты. Накоплен лишь небольшой опыт использования дуговой сварки в среде защитных газов для соединения изделий из тонколистовой стали. Расчетный анализ крестообразных сварных соединений арматуры до настоящего времени не выполнялся, а определялся только на основе эксперимента. В связи с этим представляется актуальной разработка при помощи компьютерных программ модели

поведения конструкции, включая процессы деформации и разрушения материала, с определением мест начала разрушения и траекторий роста напряжений непосредственно в процессе моделирования. Объединение расчетного и экспериментального подходов позволит выйти на новый уровень оценки прочности и работоспособности исследуемых сварных соединений.

Цель работы – создание и исследование конечно-элементных моделей крестообразных соединений арматуры диаметрами до 10 мм, сваренных дуговым способом в среде активного газа  $\text{CO}_2$ . Требуется выяснить, будет ли сварное соединение удовлетворять условиям прочности по первой группе предельных состояний на действие расчетных нагрузок.

Для расчета сварных конструкций существует много методик, пособий, но самым оптимальным методом сегодня является метод конечных элементов (далее МКЭ). Расчет МКЭ позволяет получить более точную оценку напряженно-деформированного состояния в сечениях в зависимости от геометрии и схемы приложения усилий, по сравнению с сопроматом или другими приближенными методиками.

Объектом исследований служил узел, выполненный дуговым способом сварки полуавтоматом в среде активного газа  $\text{CO}_2$  плавящимся электродом в виде крестообразного соединения из арматуры в месте ее пересечения. Для крестообразных соединений использовалась стальная арматура диаметрами  $d = 4, 5, 6, 8, 10$  мм.

Для выяснения причин разрушения крестообразного сварного соединения из арматуры малых диаметров в процессе нагружения была создана конечно-элементная модель сварного соединения средствами расчетно-программного комплекса ANSYS Mechanical.

Разработка математической модели включала следующие основные этапы: создание геометрии модели, ввод данных о физических свойствах материалов, задание начальных и граничных условий (механические нагрузки, контактные характеристики), формирование алгоритма расчета. В качестве критериев оценки напряженного состояния приняли характер распределения эквивалентных напряжений по всей плоскости соединения, локализацию максимальных эквивалентных напряжений в зоне стыка и размер зоны, в которой эквивалентные напряжения превышают предел текучести основного металла.

Принципиальная схема распределения напряжений была одинакова во всех случаях. Различия наблюдались лишь в значении напряжений. Анализируя результаты моделирования выявлено, что в профиле сварного соединения на его внешней стороне наблюдалось увеличение напряжений в местах присоединения материала сварного шва с основным металлом, хотя посередине сварного шва происходила разгрузка. На внутренней поверхности шва сварного соединения в области провара арматуры также наблюдалась концентрация напряжений. Однако следует заметить, что данная величина концентрации напряжений не оказывала существенного влияния на несущую способность сварного соединения.

Наиболее значительная концентрация напряжений наблюдается в местах переходов от шва к основному металлу и колеблется от 693 до 1560 МПа. Эти участки стыкового соединения являлись наиболее уязвимыми при приложении растягивающих нагрузок, т. к. в этих зонах напряжения значительно превышали предел текучести основного металла. В центре сварного шва значения напряжений по мере перехода к границе соединения с арматурой изменялись от 173 до 346 МПа. Увеличение фрагментации расчетной схемы не оказало влияния на сходимость конечных результатов. Таким образом, в данном случае запас прочности сварного соединения составил как минимум 30 %.

Таким образом, анализ полученных эквивалентных напряжений в узлах и деталях конструкции сварного шва показал, что для рассмотренных условий нагружения они не превышали допустимых для всех диаметров. Установлено, что запас прочности для такого типа соединений в среднем составлял от 30 до 60 %. Расчетные значения напряжений на поверхности сварного узла (распределение осевого напряжения по окружности на уровне сварочного шва) удовлетворительно согласуются с данными натурных испытаний – разрыв по арматуре в зоне сопряжения сварного шва и арматуры. Расхождение расчетных и экспериментальных данных составляет не более 10 %. Это подтверждает корректность выбора расчетных схем и достоверность получаемых результатов численного моделирования.