

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ МНОГОКРАТНЫХ ИСПЫТАНИЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Шабанов Д.Н., Ягубкин А.Н., Зябкин Е.А., Хватынец В.А., Трамбицкий Е.А.

Введение. Для изготовления предварительно напряженных конструкций, армированных композитной арматурой периодического профиля в заводских условиях, препятствием является отсутствие захватных приспособлений и оснастки. Существующая методика испытаний стеклопластиковой арматуры с применением эпоксидной смолы имеет целый ряд недостатков.

Создание прототипа разборного концевого зажима для стеклопластиковой арматуры периодического профиля является востребованной и актуальной темой на сегодняшний день. Наиболее простым способом проверки работоспособности и надежности спроектированных зажимов является создание опытных образцов с последующим испытанием в реальных условиях.

Однако натурные испытания с помощью физических прототипов являются длительными и затратными, поэтому, первым шагом данной работы стало создание модели концевого зажима и ее виртуального испытания с применением современных систем инженерного анализа, САЕ (Computer - Aided Engineering), а именно в программных комплексах Ansys SpaceClaim и T-FLEX CAD. Данные комплексы позволят создать требуемую модель захватного устройства, а затем численными методами решить задачи для определения ее физико-механических свойств [1].

Основная часть. При помощи системы автоматизированного проектирования Ansys SpaceClaim был смоделирован концевой зажим для стеклопластиковой арматуры периодического профиля (рис. 1). Данный зажим предлагается использовать в устройствах, где необходимо получить значительное усилие зажима или изменить его направление, что позволит увеличивать и изменять направление передаваемой силы.

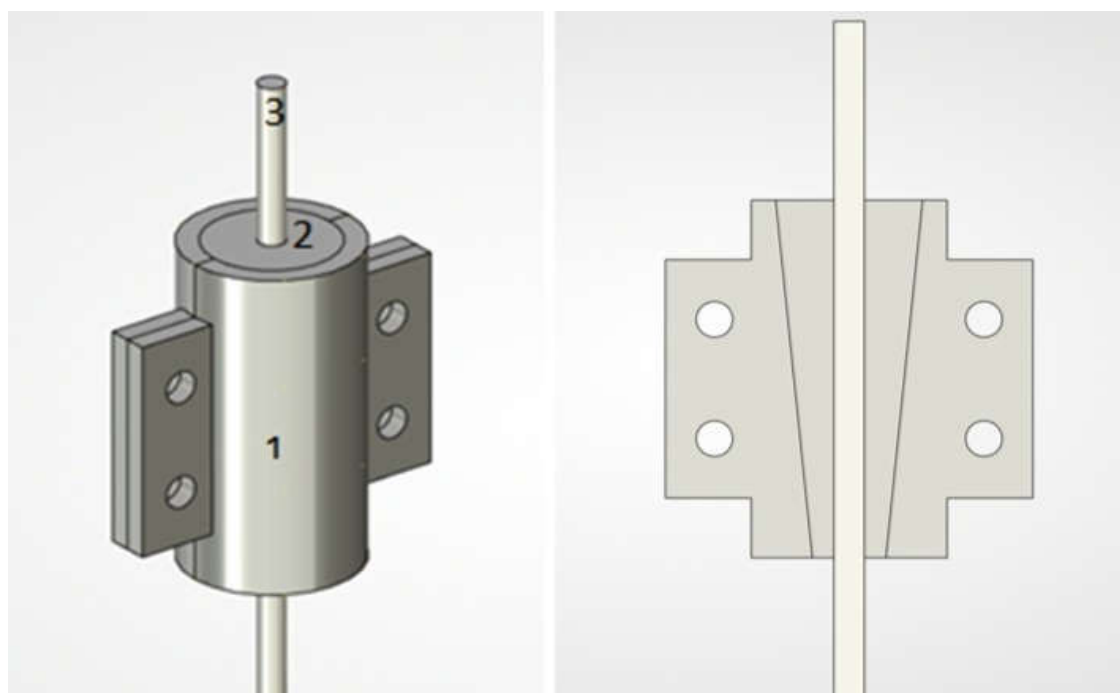


Рисунок 1- Модель концевых зажимов созданная в программном комплексе ANSYS SpaceClaim

Разработанное устройство для испытания композитной арматуры состоит из двух пластин (1), установленных по концам композитной арматуры, внутри которых расположены клинья (2), обжимающие композитную арматуру (3), исключая возможные возникновения концентраторов напряжений.

Чтобы обеспечить сдерживающее усилие, поверхность клина внутри зажима должна создавать необходимое сопротивление на контактной поверхности, возникающее в результате пластической деформации композитной арматуры, когда она перемещается относительно клиньев, что дополняет силу трения. Практика показала преимущество клиновых зажимов по сравнению с другими видами захватных устройств.

Особенность конструктивного исполнения зажима состоит в разборности элементов конструкции, что обеспечивает многократность его использования. Задача состоит в снижении затрат на производство цементно-бетонных изделий, армированных композитной арматурой периодического профиля.

Согласно выдвинутой гипотезе, использование данного устройства позволит повысить достоверность полученных результатов при испытании стеклопластиковой арматуры периодического профиля за счет отсутствия разрушения в местах зажима стержней.

Следующим шагом стало виртуальное испытание полученной нами модели в условиях своей предполагаемой работы. При отсутствии физических образцов, компьютерная симуляция позволила существенно сократить количество первичных экспериментов, подобрав оптимальные параметры конструкции зажима.

Таким образом, перед созданием твердотельного прототипа, в программном комплексе T-FLEXCAD была построена и испытана модель концевых зажимов для стеклопластиковой арматуры (рис. 2).

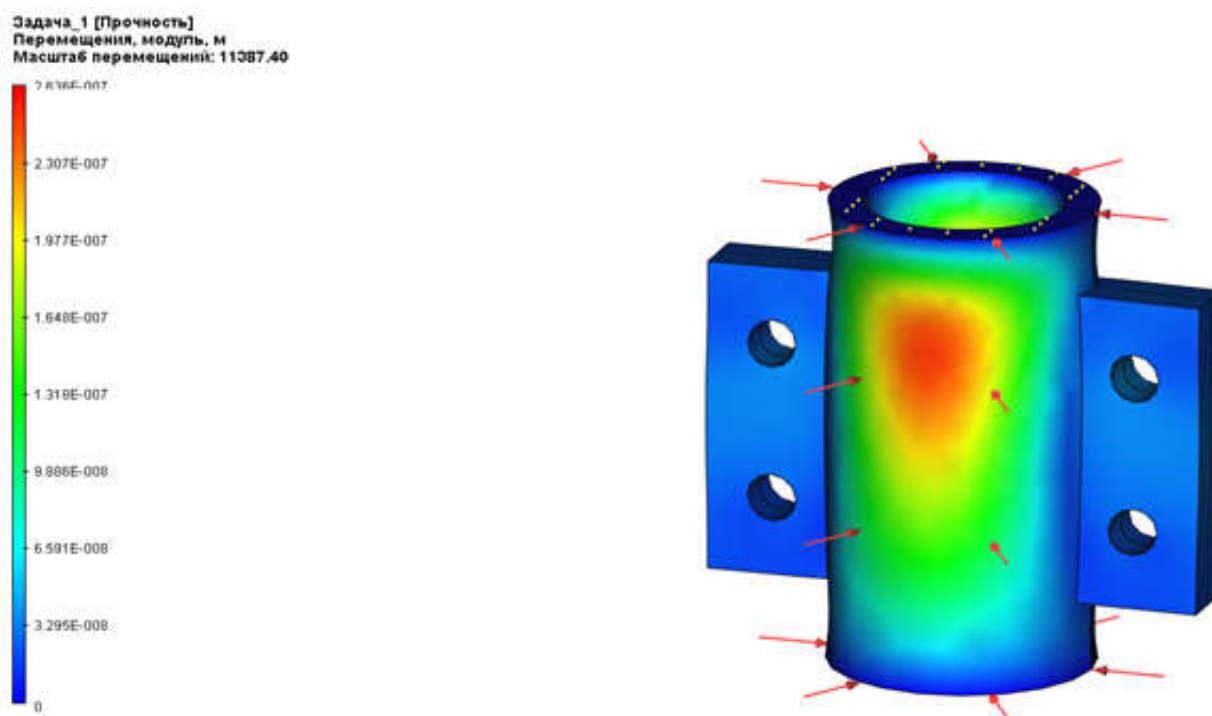


Рисунок 2 - Напряженно-деформированное состояние концевых зажимов созданное в программном комплексе T-FLEX CAD

Результаты виртуальных испытаний позволили проследить развитие внутренних напряжений в испытуемом концевом зажиме при заданных условиях работы и оптимизировать параметры его конструкции.

С учетом специфики и параметров разрывного оборудования, для дальнейшего производства твердотельной модели зажима были выбраны следующие геометрические характеристики клиньев:

- ширина усеченного клина (верхняя) – 24 мм.
- ширина усеченного клина (нижняя) – 14 мм.
- длина усеченного клинового основания – 33 мм.

Параметры корпуса были подобраны в соответствии с полученными размерами клиньев.

Кроме того, было решено применить численный метод исследований, когда результаты виртуальных испытаний дополняются результатами математического моделирования, которые недостижимы в натурном эксперименте [4]. В этом случае достоверность результатов автоматически подтверждается корреляцией полученного решения с экспериментальным.

Упругие и пластические аналитические решения. На начальном этапе вдавливания клиновидного пуансона ($h \gg 0$) с плоским основанием можно использовать для решения линейной упругой задачи давления пуансона с прямоугольным основанием на полупространстве [8,9]:

$$F = \frac{E}{1-\nu^2} \cdot \frac{\sqrt{wl}}{m} h ;$$

где $E = 210$ ГПа – модуль Юнга, $\nu = 0,3$ – коэффициент Пуассона, $w = 0,024$ м. – ширина усеченного клина, $l = 0,033$ м. – длина усеченного клинового основания, m - параметр, определяемый как отношение сторон основания (если $l/w = 1,375$ $m = 0,95$, рис.3).

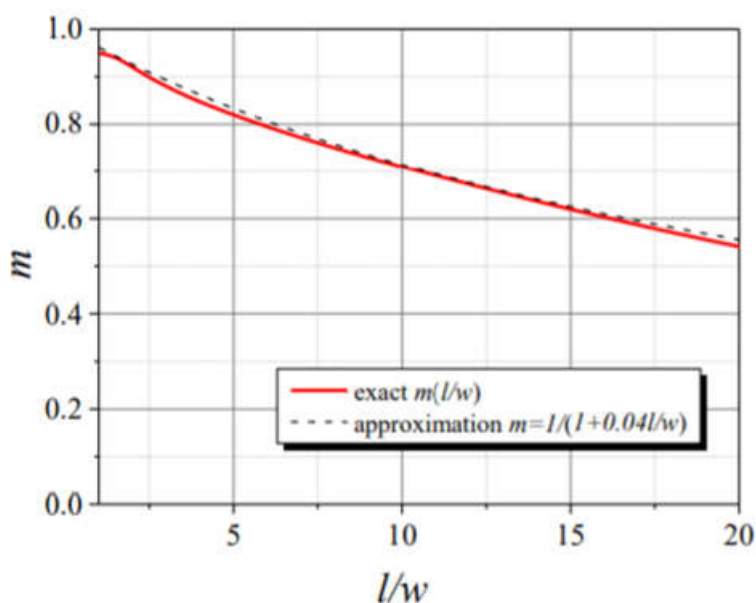


Рисунок 3 - Параметр m в уравнении по отношению к базовой стороне $l/w = 1,375$

Уравнение было получено путем обобщения решения задачи Буссинеска на действие нормальной сосредоточенной силы на поверхности упругого полупространства. Следует отметить, что решение получено на основе предположения о бесконечно малой механике, где малые деформации предполагаются и разность между фактическими и эталонными конфигурациями пренебрегают. В этом случае форма поверхности клина не имеет решающего значения, необходимы только размеры усеченных клиновых оснований.

Решение справедливо только для очень слабых сил вдавливания и, следовательно, для неглубоких глубин проникновения ($h \Rightarrow 0$), когда пластичной зоной и контактом на лицевой стороне клина можно пренебречь. Когда получено решение, предполагается, что контактное давление равномерно распределено, не было трения, а (h) принималось за среднее значение смещения. Такие условия не имеют решающего значения, так как в отличие от решения для жесткого пуансона (постоянные смещения и переменные контактные давления) составляет около 8% [8].

На следующем этапе был создан прототип концевого зажима для испытания и получения предварительно напряженной композитной арматуры периодического профиля (рис. 4).



Рисунок 4 - Прототип концевого зажима для испытания и получения предварительно напряженной композитной арматуры периодического профиля

Данная твердотельная модель была изготовлена согласно оптимизированным параметрам компьютерного и математического моделирования и требует дальнейших натуральных испытаний с целью доработки и улучшения в своих реальных условиях эксплуатации.

Выводы. Используя системы автоматизированного проектирования, при помощи программных комплексов Ansys SpaceClaim и T-FLEXCAD, была построена и испытана виртуальная модель концевых зажимов для стеклопластиковой арматуры. Областью применения спроектированной модели являются устройства, где требуется получить или изменить направление значительного усилия зажима.

По результатам компьютерного моделирования, был создан прототип концевого зажима для стеклопластиковой арматуры. В дальнейшем, планируется использовать данный прототип для испытаний и получения предварительно напряженной композитной арматуры периодического профиля.

CAE относятся к разряду наукоемких систем, которые непрерывно развиваются. С каждым днём разрабатываются новые и более совершенные алгоритмы вычислений, одним из средств использующих это является компьютерное моделирование. Оно сочетает в себе теоретические и практические методы исследования, тем самым упрощая научный процесс.

Список источников

1. BIM-технологии. Опыт внедрения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ais.by/article/bim-tehnologii-opyt-vnedreniya>. – Дата доступа: 25.09.2018.
2. Эффективная Россия. Производительность как фундамент роста [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dikipedia.ru/document/1727932>. – Дата доступа: 27.09.2018.

3. Строительный 3D-принтер. Новая технология строительства домов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fb.ru/article/257514/stroitelnyiy-d-printer-novaya-tehnologiya-stroitelstva-domov>. – Дата доступа: 27.09.2018.
4. Куликовский, Д.П. Повышение рентабельности проектно-строительного производства в условиях применения технологии информационного моделирования (BIM). Новая роль архитектора/проектировщика // Архитектура и строительство. – 2015. – №2.
5. Бабичев, С.В. Особенности организации вычислительного эксперимента по формированию шейки цилиндрического образца при растяжении // Известия ВолгГТУ. – 2005. – №3 (12).
6. Шабанов, Д.Н. Эра технологий в современном строительстве // Сборник статей республиканского научно-технического семинара. Актуальные проблемы архитектурного Белорусского Подвинья и сопредельных регионов. Новополоцк. – 2015. – С. 216
7. Белов, В.В. Компьютерная реализация решения научно-технических и образовательных задач: учебное пособие / В.В. Белов, И.В. Образцов, В.К. Иванов, Е.Н. Коноплев // Тверь: ТвГТУ, – 2015. – С. 108
8. Modeling of indentation and slip of wedge punch [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://engstroy.spbstu.ru/index_2017_06/08.pdf. – Дата доступа: 27.09.2018.
9. Theory of Elasticity [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.scribd.com/doc/114461790/Timoshenko-S-P-and-Goodier-J-N-Theory-of-Elasticity>. – Дата доступа: 27.09.2018.