

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ПОДВЕСКИ СТЕКЛОПАКЕТА

Зеньков Е.В.

Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск

Ключевые слова: стеклопакет, метод конечных элементов, интенсивность напряжений, вычислительный эксперимент, ветровая нагрузка, теория упругости.

Аннотация. В статье рассматривается методика расчетного анализа напряженно-деформированного состояния и оценка прочности несущих элементов подвески стеклопакета, изготовленного для монтажа на объекте, на основе использования численного моделирования методом конечных элементов и решения задачи механики упругого деформирования. Результаты численного расчета НДС показали, что уровень интенсивности напряжений в несущем элементе подвески стеклопакета типа внутренней коробчатой стойки превышает допустимых значений для используемого материала стойки и требует дополнительных исследований.

NUMERICAL ANALYSIS OF STRESS-STRAIN STATE AND STRENGTH ASSESSMENT OF GLASS UNIT SUSPENSION

Zenkov E.V.

Irkutsk State Transport University, Irkutsk

Keywords: glass unit, finite element method, stress intensity, computational experiment, wind load, theory of elasticity.

Abstract. The article considers the methodology of calculation analysis of the stress-strain state and assessment of the strength of the load-bearing elements of the double-glazed window suspension manufactured for installation on site. Based on the use of numerical modeling by the finite element method and solving the problem of elastic deformation mechanics. The results of the numerical calculation of the stress-strain state showed that the level of stress intensity in the load-bearing element of the double-glazed window suspension of the internal box-shaped rack type exceeds the permissible values for the rack material used and requires additional research.

В настоящее время здания и сооружения оснащаются технологичными оконными системами, состоящими из различных стеклопакетов. Современные конструкции стеклопакетов включают в себя несколько стёкол, соединённых между собой с помощью вставки, образуя замкнутое пространство. Это пространство герметизируют и заполняют инертным газом, который снижает теплопроводность стеклопакета.

Разработка конструкции стеклопакета и его крепежных элементов осуществляется под конкретные размеры места, куда он будет монтироваться. По заказу были изготовлены стеклопакеты. Позже выяснилось, что изготовленную оконную систему по требованиям заказчика необходимо сместить выше запланированного уровня, что потребовало дополнительного высверливания отверстий под крепеж. Указанное обстоятельство потребовало оценки прочности несущих элементов стеклопакета в местах установки.

Конструктивно схема подвески стеклопакета в области ее крепления (монтажа) к стене оконного проема приведена на рисунке 1. Стеклопакет

включает внутреннюю 1 и наружную 2 коробчатые стойки (рис. 1). Крепление стеклопакета производится с помощью двух болтов (поз. 3 и 4 на рис. 1), соединенных с жесткой неподвижной пластиной. На подвес действует вертикальная сила от тяжести стеклопакета массой 500 кг (по. 6 на рис. 1) и сила от ветровой нагрузки 13 кН (по. 7 на рис. 1), распределённая таким образом, чтобы эту силу воспринимали два из трех болтов – средний болт 5 и нижний болт 2 (поз. 4 на рис. 1), входящих в конструктивную схему подвески.

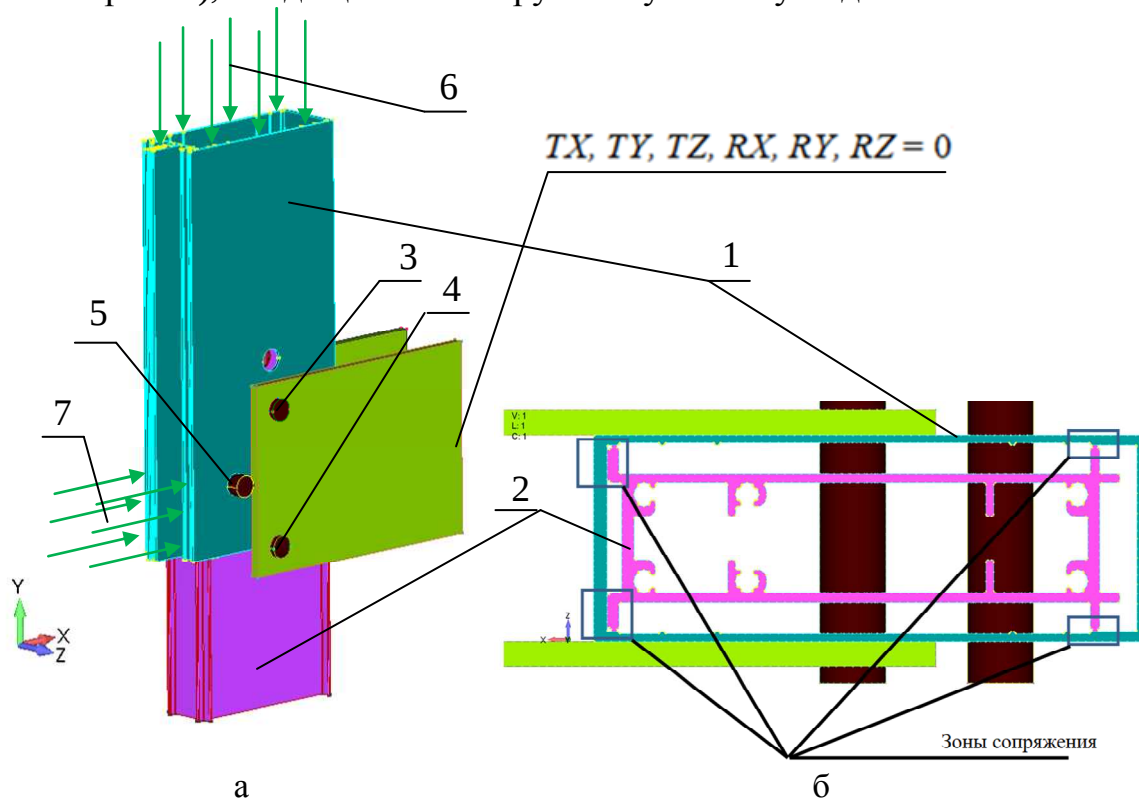


Рис. 1. Расчетная схема подвески стеклопакета: а – общий вид; б – вид сверху с указанием зон сопряжения стоек

Расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) и последующий анализ статической прочности подвески стеклопакета осуществлялся с помощью численного моделирования на основе использования метода конечных элементов (МКЭ) [1-3]. При моделировании НДС принято:

- учет совместной работы наружной и внутренней стоек – сопряжение стоек в зонах их контакта, а также учет податливости болтов;
- механические свойства (модуль продольной упругости, предел текучести и предел прочности) материала стоек принимался алюминиевый сплав, болтов – конструкционная сталь по ГОСТ [4];
- принята математическая модель деформирования, основанная на уравнениях механики упругого деформирования.

Дискретная конечно-элементная (КЭ) модель подвески стеклопакета состояла из 1,2 млн. гексагональных конечных элементов типа Solid. В зонах концентрации напряжений – отверстий, плотность КЭ разбивки увеличивалась. Результаты моделирования НДС в несущих элементах подвески стеклопакета приведены на рисунке 2 и рисунке 3.

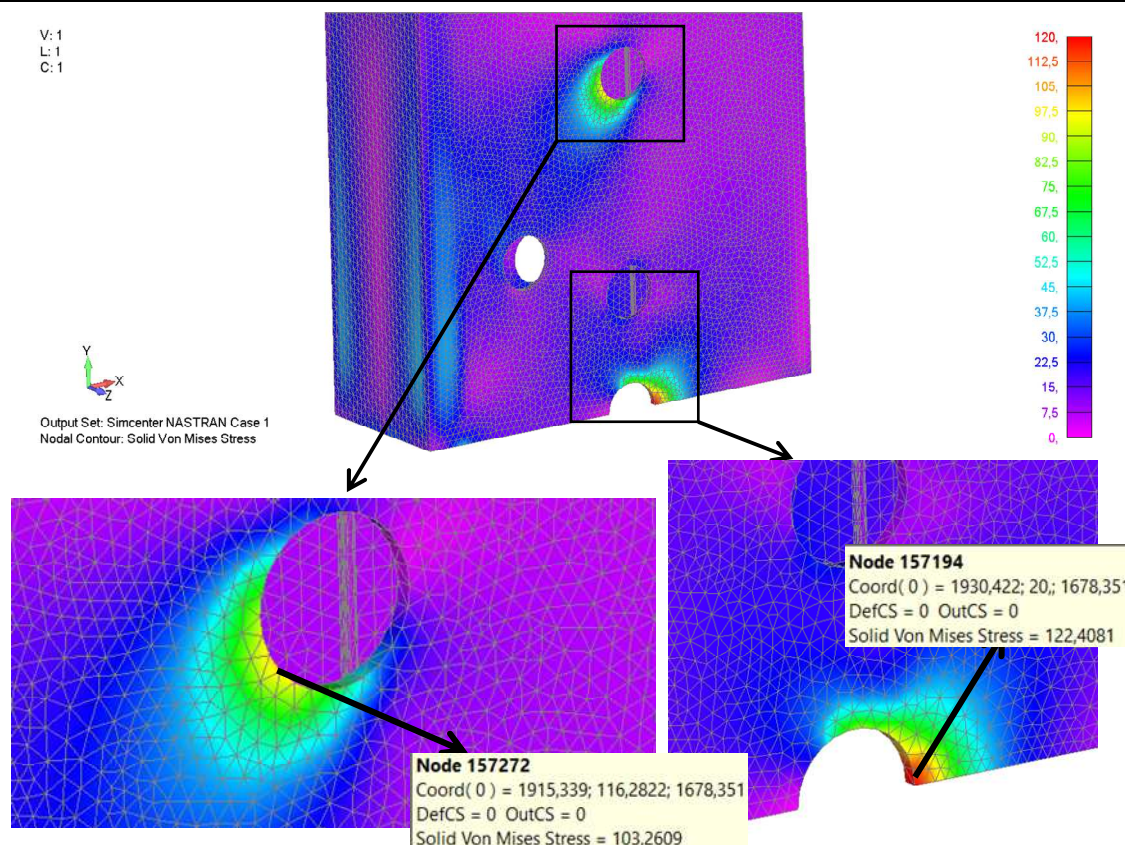


Рис. 2. Распределение интенсивности напряжений в зоне кромки отверстий наружной коробчатой стойки

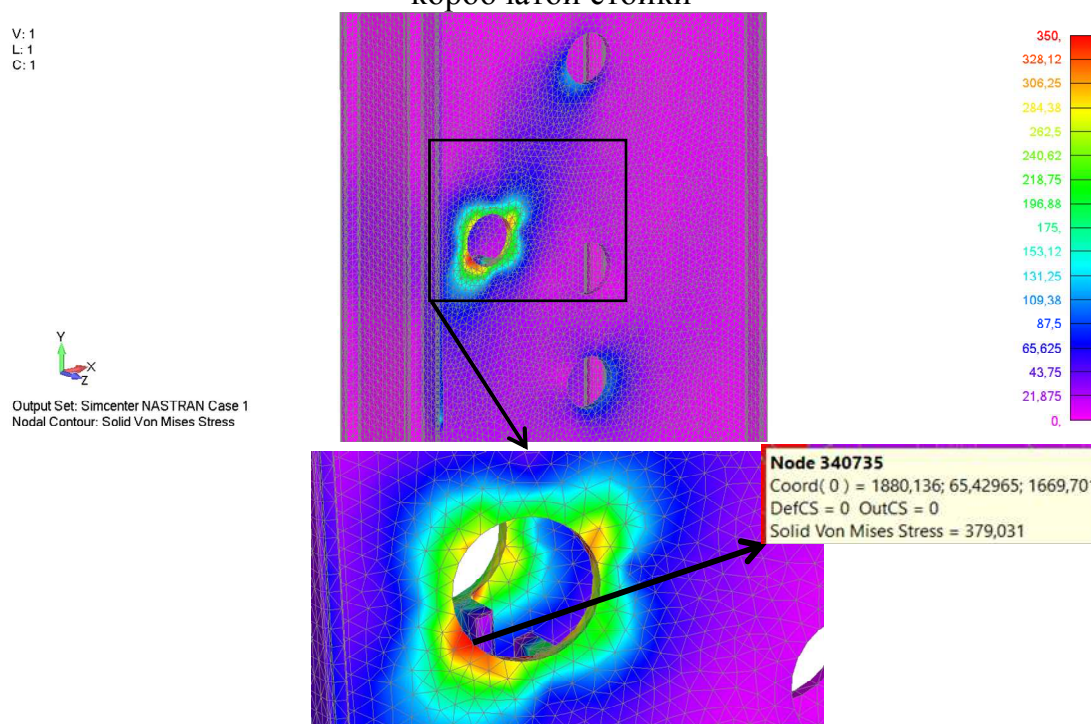


Рис. 3. Распределение интенсивности напряжений в зоне кромки отверстия во внутренней коробчатой стойке под вспомогательный (средний) болт

Анализ численных результатов по рисункам 2 и 3 показывает, что интенсивность контактных напряжений на кромке нижнего полуотверстия наружной коробчатой стойки (рис. 2) составляют около 122 МПа за счет включения в работу внутренней коробчатой стойки. В тоже время интенсивность напряжений на кромке отверстия на внутренней коробчатой стойки (эта стойка

включается в упругую работу за счет сопряжения с наружной коробчатой стойкой) составила 380 МПа (рис. 3), что превышает предел текучести используемого материала (алюминиевого сплава) и не допустимо в подобных конструкциях. Таким образом, высверливание дополнительных отверстий в несущих элементах подвески стеклопакета приводят резкому повышению уровня местных напряжений во внутренней коробчатой стойке, что требует дополнительного исследования.

Список литературы

1. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. – М.: Наука, 1979. – 560 с.
2. Цвик Л.Б., Зеньков Е.В. Физические основы теории упругости и метода конечных элементов: учебное пособие. – Иркутск: ИрГУПС, 2022. – 116 с.
3. Цвик Л.Б., Зеньков Е.В. Трехмерный инженерный анализ модельных напряженных состояний упругих тел: лабораторный практикум. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2017. – 132 с.
4. ГОСТ 1050-2013 Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2013. – 36 с.

Сведения об авторе:

Зеньков Евгений Вячеславович – к.т.н., доцент, доцент кафедры управления качеством и инженерная графика.