

после землетрясения. Чаще всего используют деформационные швы двух видов: с системой Fuse Box (устройство с заданным местом разрушения) и с поворотными траверсами. Например, мост с системой Fuse Box был установлен в Перу (Chilina Bridge), а с поворотными траверсами – в Греции (Рион-Антирион).

Список литературы

- 1 Курбацкий, Е. Н. Сейсмостойкость мостов. Теория и приложения : учеб. пособие / Е. Н. Курбацкий, Е. А. Пестрякова, И. И. Зернов. – М. : АСВ, 2021. – 276 с.
- 2 Skiner, R. I. An introduction to seismic isolation / R. I. Skiner, W. H. Robinon, G. H. McVerry. – New Zealand : JohnWiley&Sons, 1993. – 353 p.
- 3 Kelly, J. M. Earthquake resistant design with rubber / J. M. Kelly. – London etc : Springer-Verl., 1997. – 243 p.
- 4 Nazzal S. Armoutti. Earthquake Engineering: Theory and Implementation US / N. S. Armoutti. – International Code Council, 2008. – P. 538.

УДК 621.181.27:662.9

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЖАРОТРУБНОГО КОТЛА В SOLIDWORKS SIMULATIONS

А. З. СКОРОХОД, Д. С. ПУПАЧЕВ, В. Л. МОИСЕЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проектирование жаротрубных котлов осуществляют посредством выполнения двух расчетов, дополняющих друг друга: теплового и прочностного. Тепловой расчет производится для определения размеров топчного объема, радиационных и конвективных поверхностей нагрева, обеспечивающих номинальную производительность котла при заданных рабочих параметрах. Его целью является разработка проекта нового котла при заданных характеристиках топлива, производительности и параметрах получаемого теплоносителя (пара или горячей воды).

Расчет на прочность жаротрубных котлов помогает обеспечить безопасную и надежную эксплуатацию котла, учитывая различные эксплуатационные факторы.

К методам расчета на прочность относят:

– аналитический метод, основанный на уравнениях механики деформированного тела. Методика расчета описана в РД 10-249 [1]. Он позволяет получить аналитические выражения для определения напряжений и деформаций в стенках котла. Аналитический метод обычно используется в сочетании с экспериментальными данными для точной оценки нагрузок и прочности;

– Метод конечных элементов (МКЭ) является одним из наиболее распространенных методов расчета на прочность котлов. Он основан на разбиении объекта на конечные элементы, для которых решаются уравнения равновесия с учетом граничных условий.

– Методы прочностного расчета позволяют учесть сложную геометрию и нагрузки, а также провести анализ напряжений в различных точках котла, что помогает предотвратить повреждения и аварии, а также повысить эффективность и долговечность жаротрубных котлов. Внутреннее давление – наиболее критический параметр, который оказывает воздействие на стенки котла. Необходимо учитывать максимальное рабочее давление и его возможные перепады. Также важно учитывать наличие высокой температуры, которая может привести к деформациям и повреждениям материала.

Практический интерес представляет сравнение результатов, полученных двумя указанными методиками.

Одними из наиболее энергетически эффективных водонагревательных устройств котельной техники малой мощности являются многоходовые (2-, 3-ходовые) горизонтальные котлы жаротрубного типа.

Конструктивно такой котел (рисунок 1) состоит из цилиндрической жаровой трубы 1, конвективного пучка дымогарных труб 2, переднего 7 и заднего 5 днищ, поворотной камеры 3 с установленным в ней предохранительным взрывным клапаном 4 и патрубком дымовой трубы 6. Особенностью данной конструкции является интенсификация радиационной и конвекционной составляющих теплоотдачи от продуктов горения к нагреваемой поверхности жаровой трубы 1, в которой происходит сгорание сжигаемого топлива, а также дымогарных труб малого диаметра 2, по которым на большой скорости перемещаются дымовые газы [2, 3].

На рисунке 2 показана расчетная модель, состоящая из жаровой трубы и стенки передней. Согласно тепловому расчету, жаровая труба имеет размеры: длина $L_{ж}$ – 2900 мм, внутренний

диаметр $D_{вн} = 770$ мм, толщина стенки $\delta_{ст} = 12$ мм. Соответственно, у стенки передней внешней диаметр – 1306 мм, толщина – 12 мм, диаметр отверстия для приваривания труб – 46 мм, количество отверстий – 134. Для расчета принимается котел, функционирующий при номинальном давлении $P_g = 1,0$ МПа. Соответственно, на внешнюю поверхность жаровой трубы и стенки передней со стороны воды действует давление 1,0 МПа, которое перпендикулярно указанным поверхностям.

Для проведения термического исследования в SolidWorks Simulation заданы максимальная температура внутренней поверхности стенки жаровой трубы – $T_{ж.т.макс} = 264$ °С [4]; максимальная температура поверхности стенки передней со стороны дымовых газов – $T_{ст.п.макс} = 226$ °С [1]; температура пристеночного кипения воды при давлении в 1,0 МПа – $T_{H_2O} \sim 180$ °С. По результатам расчета получено распределение температур в конструкции, представленное на рисунке 3.

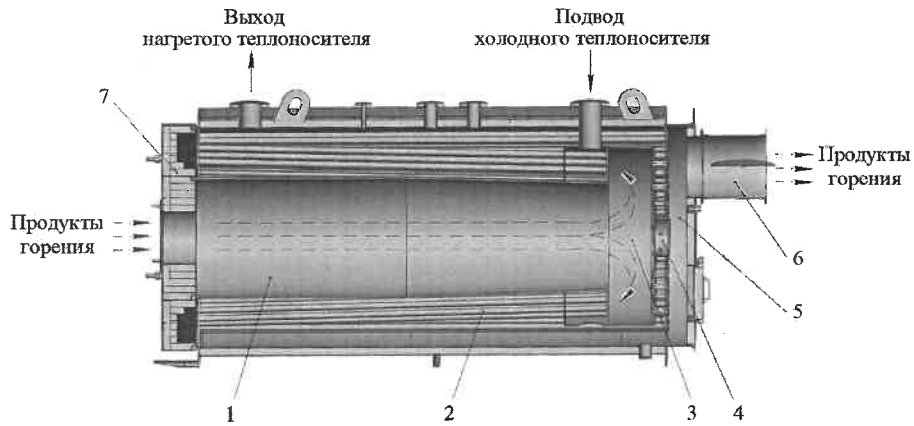


Рисунок 1 – Общий вид котла: 1 – жаровая труба; 2 – пучок дымогарных труб; 3 – поворотная камера; 4 – взрывной клапан; 5 – заднее днище; 6 – дымовая труба; 7 – переднее днище

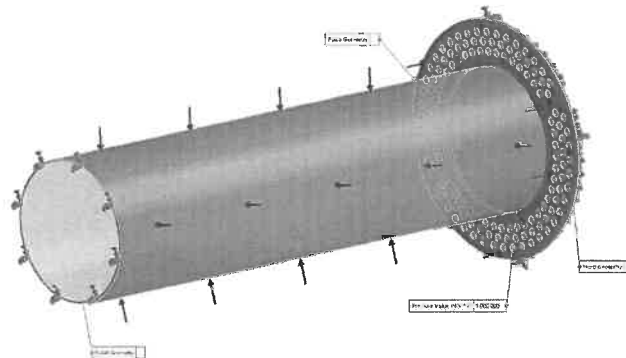


Рисунок 2 – Расчетная модель (стрелками показаны наложенные связи и нагрузки)

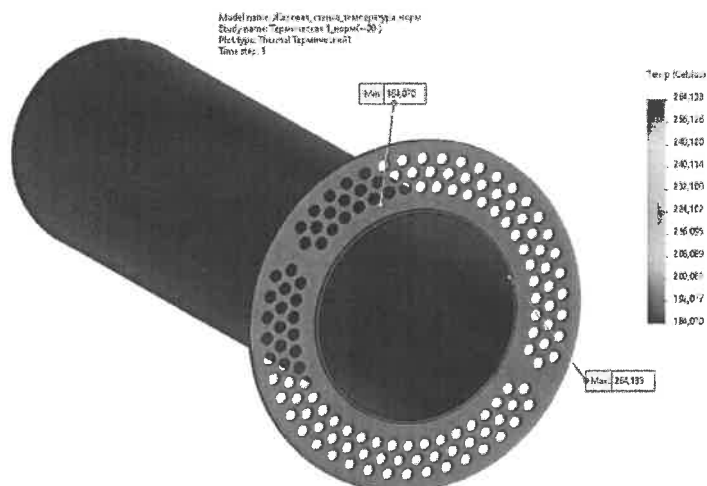


Рисунок 3 – Результаты термического анализа

На основании выполненного статического расчета на прочность с использованием МКЭ (рисунок 4) при коэффициенте запаса по пределу текучести равном 325 МПа видно, что эквивалентное напряжение по Мизесу меньше предела текучести материала примерно на 37 % (см. рисунок 4, а). Максимальная деформация (см. рисунок 4, б) при этом составляет 13,6 мм и находится в области, близко расположенной к стенке передней. Минимальный коэффициент запаса по пределу прочности (см. рисунок 4, в) равен 2,7, что характеризует конструкцию как прочную, даже в самом напряженном месте, рядом с первым конвективным пучком труб.

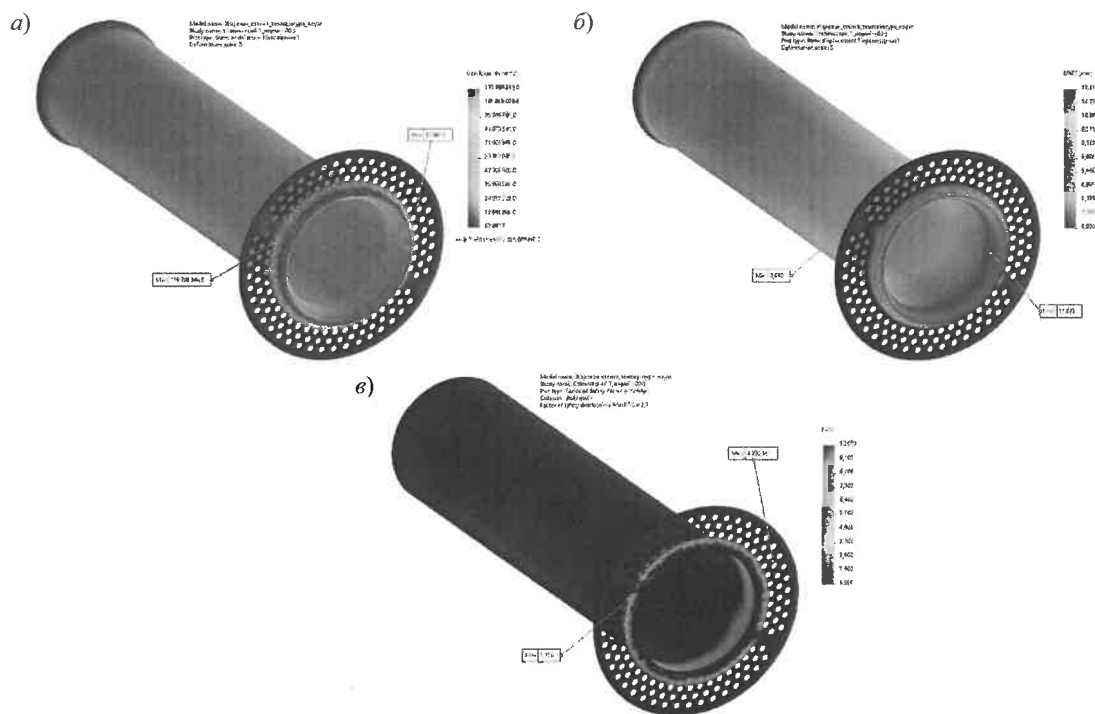


Рисунок 4 – Результаты статического расчета модели с пределом прочности 325 МПа

Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании конструкций жаротрубных котлов.

Список литературы

- 1 РД 10-249-98. Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды. – Введ. 2001-09-01. – Сер. 20, вып. 4. – М. : ЗАО НТЦ ПБ, 2010. – 344 с.
- 2 Соколов, Б. А. Устройство и эксплуатация паровых и догрейных котлов малой и средней мощности : учеб. пособие / Б. А. Соколов. – М. : Академия, 2008. – 64 с.
- 3 Соколов, Б. А. Котельные установки и их эксплуатация : учеб. для нач. проф. образования / Б. А. Соколов. – 2-е изд. – М. : Академия, 2007. – 432 с.
- 4 Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод) / под ред. Н. В. Кузнецова [и др.]. – М. : Энергия, 1973. – 296 с.

УДК 528.4:69

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ И СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛЯХ

Н. С. СЫРОВА, И. П. ДРАЛОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Внедрение инновационных и эффективных технологий позволяет решать множество геодезических задач. На смену традиционным методам постепенно приходят новые перспективные методы, которые становятся незаменимыми. В настоящее время BIM (Building Information Modeling) – геодезия рассматривается как новое направление, включающие в себя различные измерения и обработку данных съемки. Комплекс проводимых работ позволяет оценить рельеф местности, решая