

6. Повышение производительности измерений и снижение случайных погрешностей обеспечивает временной расходомер с адаптацией к расходу параметров отметки и канала регистрации.

Использование представленных рекомендаций позволит повысить точность меточных ЯМР – расходомеров временного типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сарока, В. В. ЯМР - измеритель расхода / В. В. Сарока, И. О. Оробей, А. Л. Пархимович // Компьютеризация в химической и смежных отраслях промышленности: материалы Междунар. науч.-технич. семинара, Новополоцк, 15 декабря 2005 г. / Полоцкий гос. ун-т; – Новополоцк, 2006. –108с. –С. 68-71.

2. Методика определения информативного параметра меточного ЯМР – расходомера по спектральному разложению намагниченности при движении метки по измерительному участку / В. В. Сарока, О. И. Оробей, Д. А. Гринюк, М. А. Анкуда, И. О. Оробей // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информ. – 2009. – Вып. XVII. – С. 77–81.

3. Магнитометр на датчике Холла / И. О. Оробей, И. Ф. Кузьмицкий, Д. А. Гринюк, С. Е. Жарский, В. В. Сарока, М. В. Максимова // Приборы и техника эксперимента. – 2003. – № 2. – С. 141–144.

4. Меточный ЯМР – расходомер временного типа с совмещением адаптации системы регистрации к измеряемому расходу и коррекцией измерительной базы по индукции поля анализатора / В. В. Сарока, О. И. Оробей, Д. А. Гринюк, М. А. Анкуда, И. О. Оробей // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информ. – 2009. – Вып. XVII. – С. 73–76.

УДК 620.22

**Францкевич В.С., Боровский Д.Н.,
Козловский В.И.**

(Белорусский государственный технологический университет)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В БАРАБАННОЙ СУШИЛКЕ

Разрушение металлических изделий, оборудования и конструкций наносит значительный экономический, социальный и экологический ущерб народному хозяйству любой промышленно развитой страны. В связи с этим повышаются требования к эксплуатационно-технической надежности и стойкости под воздействием высоких температур, агрессивных сред и других факторов конструкционных материалов и металлоконструкций, а также к совершенствованию методов их защиты.

Объектом исследования являлась барабанная сушилка СБ 3,2х22 (рисунок 1), предназначенная для высокотемпературной сушки (более 750 °С) минерального сырья. Одним из этапов комплексных исследований был тепловой прочностной расчет, основанный на компьютерном моделировании, для определения возникающих температурных напряжений и расширений под действием высокой температуры и распределенной нагрузки от высушиваемого продукта.

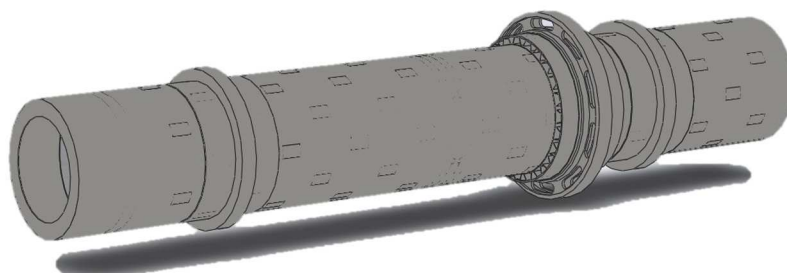


Рисунок 1 – 3D модель корпуса барабанной сушилки

Вследствие различных конструкционных материалов (внешнего стального барабана и внутренних футеровочных жаропрочных металлических обечаяк) и разных температурных зон по длине барабана, сушилка условно была разделена на три исследуемых объекта – внешний барабан и две внутренних обечайки (высокотемпературная и холодная стороны). Также такое условное разделение исследуемого объекта позволило повысить точность расчета из-за наложения на него более мелкой сетки конечных элементов.

Компьютерное моделирование проводилось в Компас-3D V19.1 в приложении АРМ FEM. Расчетным ядром системы АРМ FEM для КОМПАС-3D является программное средство «Конечно-элементная программная система АРМ Structure3D», имеющее Аттестационный паспорт №330 от 18.04.2013 г., выданный Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), ФБУ "НТЦ ЯРБ".

Результаты расчета внутренней обечайки горячего конца сушилки показали, что эквивалентное напряжение по Мизесу составило 2408 МПа, при этом максимальные напряжения возникают в месте жесткого закрепления обечайки при помощи сварного шва в центре сушилки (температура теплоносителя на входе 800 °С, усредненная температура по длине исследуемого участка – 500 °С и распределенная нагрузка по длине обечайки 22,7 Н/мм). Это может приводить к повреждению сварного шва на небольших участках, так как оно в несколько раз превышает допустимое напряжение для исследуемой стали. Также присутствуют

высокие напряжения (697÷837 МПа) на небольших участках спиральных перемешивающих лопастей. В остальном объеме обечайки напряжения находятся в допустимых значениях.

На рисунке 2 отчетливо видны места максимальной волнообразной деформации обечайки, которые максимальны на месте подачи горячего теплоносителя. Деформация обечайки происходит как в радиальном направлении, так и по длине. Причем следует заметить, что волнообразная деформация происходит и в месте закрепления обечайки на величину $7\div 23$ мм, вызывая точечные напряжения до 2900 МПа. На входном конце, где закрепления отсутствуют, деформации достигают величины 57,7 мм. Так как жесткость по диаметру различная из-за установки спиралеобразных лопастей, а также подкладных листов, происходит деформация волнами, которые при циклическом изменении температур могут приводить к усталостным трещинам и разрушению материала. Это подтверждаются низкими значениями коэффициентов запаса текучести и прочности.

Расчет внутренней обечайки холодного конца сушилки показал, что эквивалентное напряжение по Мизесу составило 1251,5 МПа, а максимальные напряжения возникают в месте жесткого закрепления обечайки в сварных швах в центре сушилки (температура теплоносителя на выходе 190 °С, усредненная температура по длине исследуемого участка – 250 °С).

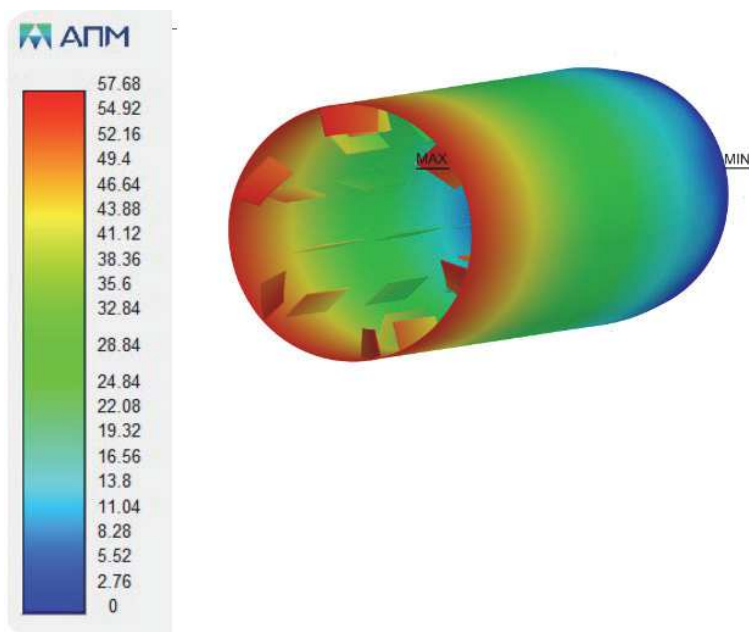


Рисунок 2 – Суммарное линейное перемещение (горячая сторона)

Величина линейных перемещений (деформаций) значительно меньше, нежели для обечайки горячего конца, но они имеют место (рисунок 3).

Деформация в отличие от обечайки с горячей стороны носит только линейный характер. Коэффициенты запаса текучести и прочности имеют допустимые значения.

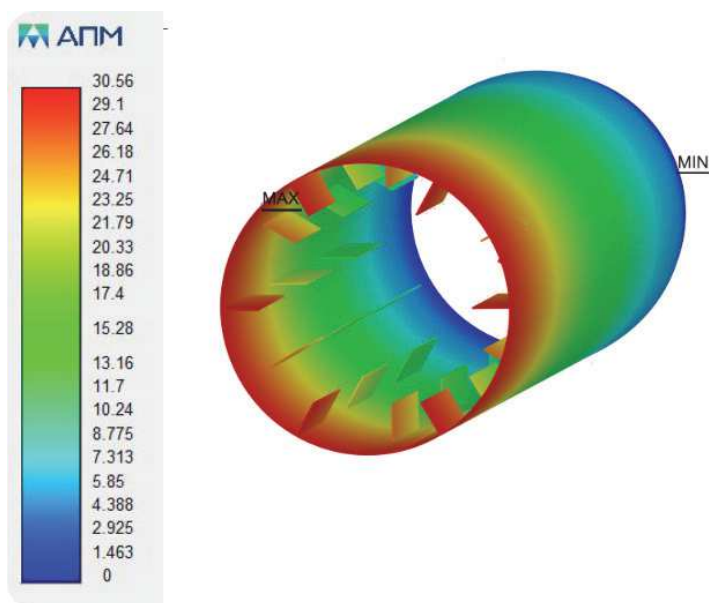


Рисунок 3 – Суммарное линейное перемещение (холодная сторона)

Результаты статического расчета корпуса сушилки под действием температуры показали, что суммарное линейное перемещение составляет менее 40 мм (рисунок 4), что не превышает допустимых конструкцией значений (принималась максимально возможная температура корпуса 400 °С).

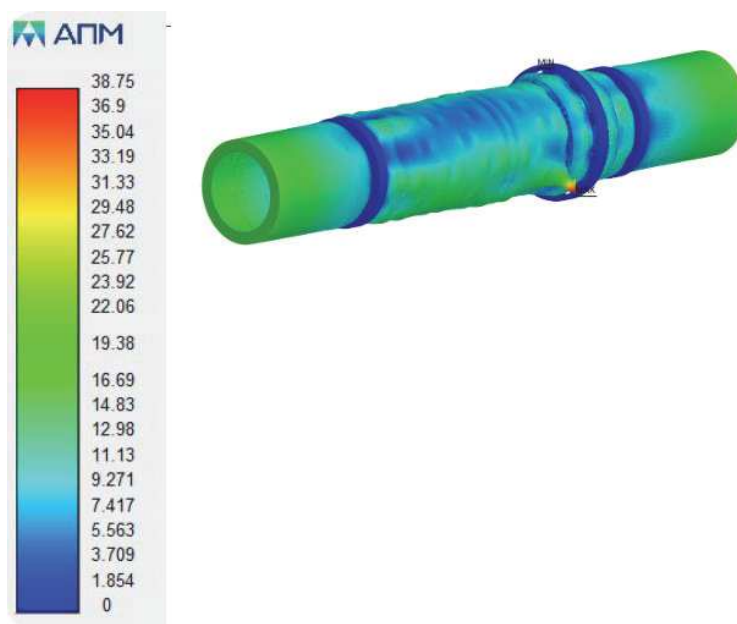


Рисунок 4 – Суммарное линейное перемещение корпуса сушилки

Полученные результаты расчетов при помощи компьютерного моделирования показали влияние температуры на геометрию внутренней и внешней обечаек. Деформации в основном наблюдались на концах внутренних обечаек. Причем, следует отметить, они носили волнообразных характер, который вызван несколькими причинами: жесткое соединение внутренних элементов (спиралевидные лопасти); подкладные листы на внешнем барабане выполнены в шахматном порядке, которые также жестко сжимают внутренний барабан и не дают равномерно расширяться и спокойно удлиняться под действием высоких температур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полный марочник сталей и сплавов. – URL: <https://vse-stali.ru/> (дата обращения 10.05.2022).

2. Сорокин В.Г., Волосникова А.В., Вяткин С.А., и др. Марочник сталей и сплавов. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

УДК 004.032

**Гринюк Д.А., Олиферович Н.М.,
Оробей И.О., Михновец А.С.**

(Белорусский государственный технологический университет)

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА НА ДИНАМИКУ КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ

Устоявшиеся подходы к построению систем управления предполагают определение динамических каналов на основании теоретического анализа или (и) путем анализа экспериментальных данных. Наибольшей достоверностью обладают методы с применением активной идентификации, при которой до начала эксплуатации или в процессе функционирования производят активное воздействие на канал регулирования в разомкнутом или замкнутом состоянии [1–4]. При структурном анализе очень важным является вопрос всесторонней проверки системы управления путем математического моделирования. Классическим подходом к этому является использование для моделирования декомпозиции системы на составляющие контура стабилизации: объект, датчик, исполнительное устройство, регулирующий орган и т.д., где каждая из компонент рассматривается как независимое динамическое звено. Для оценки объективности данного были проведен активный эксперимент.