

УДК 004.045

*К. С. Корнилов**

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Задача проектирования прессового оборудования для производства резинотехнических изделий (РТИ) заключается в выборе конструкций элементов вулканизационного гидравлического пресса, позволяющих произвести нужное количество продукции требуемого качества за определенный срок с наименьшими затратами. Это сложная задача, требующая комплексного, системного подхода к ее решению.

Предлагается представить общую задачу проектирования прессового оборудования для производства РТИ в виде иерархии взаимосвязанных задач (рис. 1), причем каждая отдельная задача второго и третьего уровней иерархии формулируется как задача оптимизации. Рассмотрим эти задачи подробнее.

Расчет нагревательных плит. Нагревательные плиты являются основным рабочим элементом вулканизационного пресса. В качестве нагревательных элементов в них чаще всего используются индукторы. Полный расчет плиты включает: электромагнитный анализ, расчет поля температур рабочей поверхности плиты, прочностные расчеты, а также оптимизацию конструкции плиты.

Электромагнитный анализ сводится к расчету электромагнитного поля, возбужденного в объеме плиты приложенными переменными токами. Необходимо определить полный электрический ток (с его сторонней и вихревой компонентами), индукцию и напряженность магнитного поля и, как результат, мощность тепловыделения индукторов.

Конфигурация поля температур рабочей поверхности плиты зависит от ее материала, количества, расположения, размеров и мощностей индукторов. Расчет поля температур предусматривает решение уравнения теплопроводности с граничными условиями 3-го (торцы плиты неизолированы), либо 3-го и 4-го рода (торцы изолированы).

Задача прочностного расчета нагревательной плиты при одновременном воздействии температуры и осевой силы (при зажиме прессформ) предусматривает поиск такого материала плиты и ее геометрических размеров, которые обеспечат ее минимальную металлоемкость при отсутствии изменений геометрической формы и качества контактной поверхности при заданном количестве циклов нагружения.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГТТУ» С. В. Карпушкина.

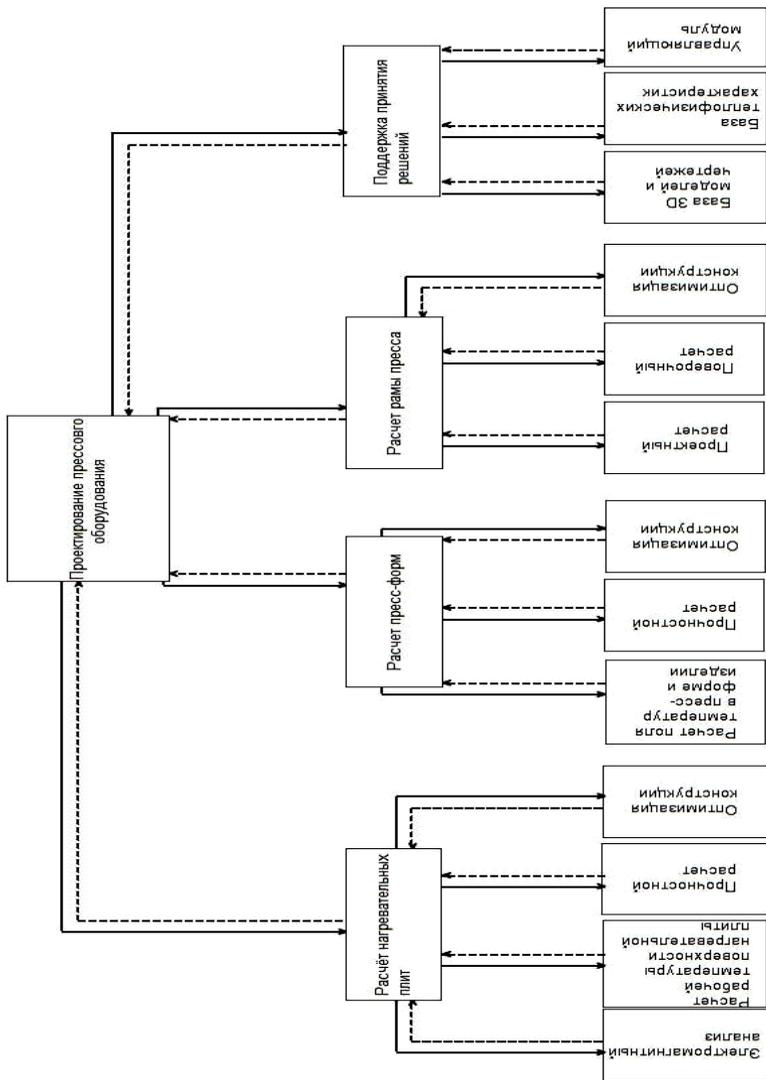


Рис. 1. Иерархия задач проектирования прессового оборудования

Задача оптимизации конструкции плиты сводится к определению ее толщины, количества, расположения, размеров и мощностей индукторов, при которых профиль поля температур рабочей поверхности минимально отличается от заданного. Решение этой задачи требует разработки и реализации итерационного процесса решения всех трех задач, рассмотренных выше.

Расчет пресс-форм. Пресс-форма – основная часть вулканизационного пресса, служащая для создания формы РТИ и его вулканизации. Несмотря на то, что пресс-форма в процессе вулканизации постоянно контактирует с нагревательной плитой, ее расчет является самостоятельной задачей, включающей: расчет поля температур в пресс-форме и изделии, прочностные расчеты и оптимизацию конструкции пресс-формы.

Цель расчета полей температур в пресс-форме и РТИ – сравнение последнего с требованиями технологического регламента. Поскольку процесс вулканизации конкретного РТИ, как правило, изучен недостаточно, в частности, обычно неизвестен его тепловой эффект, необходимы экспериментальные значения температур хотя бы в нескольких точках объема изделия. Заметим, что немаловажную роль играет и расчет поля температур пресс-формы: именно от выбора материала пресс-формы и особенностей ее геометрии (канавок, отверстий под крепежные элементы, ручек, литевых каналов) напрямую зависит распределение температур в вулканизуемом изделии.

Задача прочностного расчета пресс-формы сводится к выбору ее материала и определению геометрических размеров, при которых, с одной стороны, обеспечиваются наилучшие условия передачи тепла от пресс-формы к вулканизируемому РТИ (минимальная толщина стенок), а с другой – выполняются условия сохранения ее формы при рабочих температурах и усилиях зажима между нагревательными плитами.

Задача оптимизации конструкции пресс-формы предусматривает поиск значений параметров ее конструкции, при которых отклонение температуры в объеме вулканизируемого РТИ от указанной в технологическом регламенте минимально и не превышает допустимого.

Расчет рамы пресса. Рама пресса представляет собой стальной замкнутый контур, состоящий из передней и задней стоек, плит, ребер и фланцев. Она воспринимает пульсирующее толкающее усилие гидроцилиндра через нагревательные плиты. Под действием этого усилия продольные части стоек работают на растяжение и изгиб, а поперечные – только на изгиб [1]. Расчет рамы включает задачи проектного и поверочного расчета, а также оптимизацию конструкции рамы.

При проектном расчете из условий прочности определяются геометрические размеры поперечных сечений элементов рамы для соответствующего вида деформации. Площадь поперечного сечения продольной части рамы должна удовлетворять условию прочности при

растяжении пульсирующей нагрузкой. Поверочный расчет состоит в проверке выполнения условий прочности ее элементов при заданных геометрических и внутренних силовых параметрах их поперечных сечений. Проектные и поверочные расчеты выполняются по соотношениям, известным из курса сопротивления материалов.

Оптимизация конструкции рамы пресса включает определение геометрических характеристик ее элементов, обеспечивающих выполнение условий прочности и минимальную металлоемкость.

Поддержка принятия решений. Для автоматизации процесса проектирования прессового оборудования необходимо создание системы информационной поддержки, позволяющей обеспечить: а) формирование, хранение и оперативную коррекцию графического представления конструкции нагревательных плит, индукторов, пресс-форм; б) ввод, хранение и предоставление информации о геометрических размерах и технических характеристиках плит и пресс-форм, индукторов, используемых в рассматриваемой плите, характеристиках РТИ и резиновых смесей; в) формирование и хранение отчетов о выполненных операциях в формате Microsoft Word.

Система должна включать:

– базу 3D моделей и чертежей, элементов пресса, используемых для их теплового и прочностного расчета в системах инженерного анализа (например, COMSOL), а также для оптимизации конструкции;

– базу теплофизических характеристик материала нагревательных плит, пресс-форм и резинотехнических изделий, необходимых для тепловых и прочностных расчетов;

– управляющий модуль, обеспечивающий работу с базами данных, связь с системой инженерного анализа и формирование документов, пригодных для использования в проектной документации.

Таким образом, задачу проектирования прессового оборудования для производства РТИ предлагается декомпозировать на ряд более простых взаимосвязанных задач, второго (расчет нагревательных плит, расчет пресс-форм, расчет рамы пресса, поддержка принятия решений) и третьего уровней иерархии (электромагнитный анализ, расчет полей температур нагревательной плиты, пресс-формы и РТИ, прочностные расчеты, оптимизация конструкций).

Список литературы

1. *Методика* проектного расчета рам гидравлических вулканизационных прессов для производства резино- и асбестотехнических изделий [текст] / ЗАО «Завод Тамбовполимермаш». – 2008. – 17 с.

Кафедра «Автоматизированное проектирование технологического оборудования» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»