

Оценка напряженно-деформированного состояния корпуса сушильного цилиндра бумагоделательной машины

М. В. Данилова¹

Петрозаводский государственный университет

Представлена конечно-элементная модель корпуса сушильного цилиндра для исследования его напряженно-деформированного состояния.

Ключевые слова: сушильный цилиндр бумагоделательной машины, метод конечных элементов, пакет прикладных программ "Зенит".

Сушильный цилиндр № 81.0-4614.01.000, изготовленный в АО "Петрозаводскмаш", является частью к импортной бумагоделательной машине, совместной поставки с фирмой "Фойт". Заказчик - Сыктывкарский ЛПК. На внутренней поверхности корпуса обнаружены шесть литейных дефектов. В связи с этим возникла необходимость в оценке работоспособности сушильного цилиндра, определении влияния технологических несплошностей на безопасность его эксплуатации.

Оценка показателей надежности производилась с использованием вероятностно-статистических методов механики разрушения. Анализ напряженного состояния корпуса выполнялся методом конечных элементов (МКЭ), реализованным в пакете прикладных программ "Зенит". Чертеж цилиндра и генерация сетки конечных элементов выполнены в среде графического препроцессора "GEOSTAR".

Сушильный цилиндр представляет собой вращающийся полый цилиндр, внутрь которого подается под давлением горячий пар. С торцов к цилиндру прикреплены крышки с цапфами, которыми он опирается на подшипники. Цилиндр отлит из серого чугуна СЧ30. Рабочее давление пара в корпусе 0,294 МПа. Наружный диаметр - 1 800 мм; толщина стенки - 28 мм; длина корпуса - 9 020 мм.

Напряжения и деформации в корпусе сушильного цилиндра возникают от действия следующих факторов: внутреннего давления пара; неравномерности нагрева; центробежных сил; натяжения сетки; собственного веса; веса конденсата. Возникающие напряжения циклически изменяются во времени. По "Системе технического обслуживания и ремонта оборудования технологических линий по производству целлюлозы, бумаги и картона" полная остановка сушильного цилиндра производится через 365 часов. При этом происходит полная его разгрузка. За мак-

симальное амплитудное напряжение ΔG_{\max} примем максимальное напряжение от суммарного действия всех перечисленных факторов. При вращении сушильного цилиндра возникает циклическая нагрузка от натяжения сетки, веса конденсата и собственного веса корпуса. Обозначим ее через ΔG_{\min} .

При построении конечно-элементной модели корпус сушильного цилиндра моделировался в виде оболочки с толщиной стенки 28 мм, с крышками и цапфами. Оболочка разбивалась на 512 четырехугольных элементов. Граничные условия типа опора задавались на цапфах. Нагрузка от давления пара, перепада температур, центробежных сил задавалась по всей внутренней поверхности корпуса. Распределенная нагрузка от натяжения сетки задавалась на площади 1/8 от общей поверхности цилиндра вдоль верхней его части. А распределенная нагрузка от веса конденсата - на площади 1/8 от общей поверхности вдоль нижней части корпуса цилиндра.

По результатам расчета МКЭ максимальная интенсивность напряжений от действия внутреннего давления пара, неравномерности нагрева, центробежных сил, натяжения сетки, собственного веса, веса конденсата составляет 27,28 МПа в узловой точке № 374 в середине нижней части корпуса (рис. 1). Наибольшее нормальное напряжение растяжения при этом составляет 19,7 МПа. Максимальная интенсивность напряжений от действия циклической нагрузки (натяжения сетки, веса конденсата, собственного веса цилиндра) составляет 10,52 МПа в середине нижней части корпуса. Наибольшее нормальное напряжение растяжения - 5,4 МПа. Напряженное состояние корпуса цилиндра представлено распечаткой составляющих напряжений по элементам.

Таким образом, за максимальное амплитудное напряжение принимаем $\Delta G_{\max} = 27,28$ МПа, за минимальное амплитудное напряжение $\Delta G_{\min} = 10,52$ МПа.

Для оценки напряжений в окрестности дефектов и учета взаимного влияния близко расположенных литейных дефектов был смоделирован фрагмент корпуса цилиндра. Фрагмент корпуса в виде прямоугольника размером 1,035 на 1,38 м был разбит на 564 четырехугольных элемента толщиной 28 мм. Граничные условия задавались по периметру фрагмента в каждой узловой точке. В центре фрагмента смоделированы два литейных дефекта в виде отверстий диаметром 55 и 68 мм на расстоянии 150 мм друг от друга согласно заводской схеме размещения дефектов на внутренней поверхности корпуса цилиндра.

В результате расчетов МКЭ максимальная интенсивность напряжений вблизи дефектов от действия факторов, обуславливающих максимальное амплитудное напряжение (местное), составляет $\Delta G_{\max} =$

¹ Автор - преподаватель кафедры технологии металлов и ремонта

135,6 МПа. Максимальная интенсивность напряжений от действия циклических нагрузок, обуславливающих минимальное амплитудное напряжение, составляет $\Delta G_{\min} = 19,6$ МПа. Напряженное состояние фрагмента корпуса цилиндра представлено на рис. 2.

Полученные напряжения использовались в дальнейшем для оценки показателей надежности корпуса сушильного цилиндра бумагоделательной машины.

Предложенная конечно-элементная модель корпуса сушильного цилиндра может применяться для

исследования напряжений при различных схемах нагружения сушильных цилиндров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобров В. А., Заваров В. А., Кутепов С. М. и др. Комплексная диагностика работоспособности сушильного цилиндра при наличии дефекта типа трещины //Химическое и нефтяное машиностроение. 1991. № 9. С. 4.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М: Мир, 1975. 539 с.

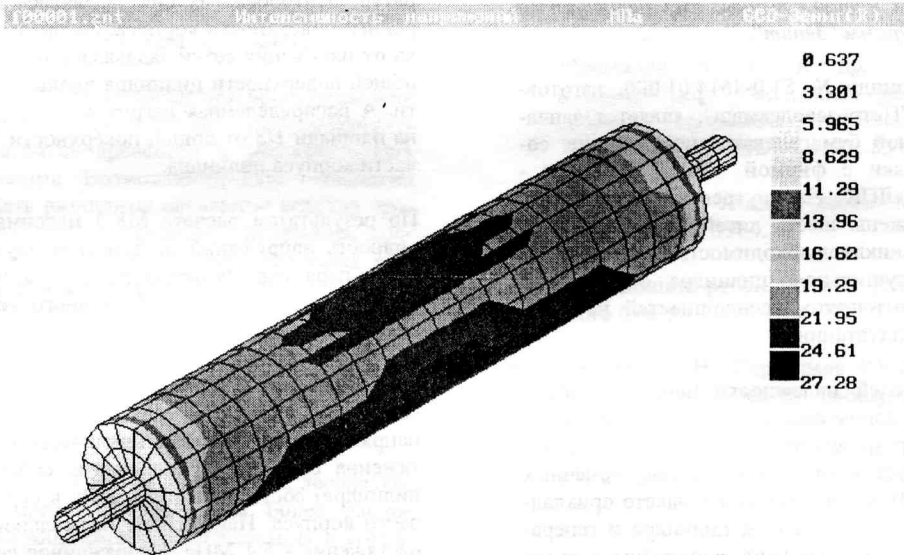


Рис. 1. Напряженное состояние корпуса сушильного цилиндра бумагоделательной машины

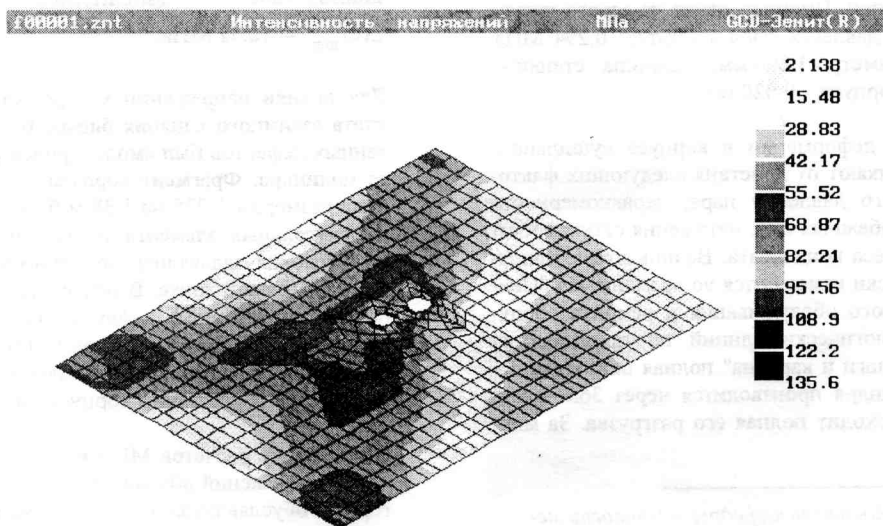


Рис. 2. Напряженное состояние фрагмента корпуса сушильного цилиндра с литейными дефектами