

О ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ КОЛОННЫХ ДИФFUЗИОННЫХ АППАРАТОВ

Н. Н. Пушанко канд. техн. наук, А. А. Серегин, КТИПП

Технико-экономические показатели сахарных заводов во многом определяет надежная работа диффузионных установок. Анализ работы диффузионных аппаратов показал [1], что свыше 30% поломок установок колонного типа происходит из-за выхода из строя транспортных систем. Их ремонт в производственный период связан с большими затратами времени и при наличии одного аппарата вызывает длительные простои заводов.

В процессе эксплуатации колонных диффузионных аппаратов на лопасти воздействуют циклические нагрузки, они подвергаются коррозионно-абразивному износу. Исследования, проведенные на ряде сахарных заводов [2], показали, что величины износа элементов транспортных систем неодинаковы по высоте колонн, длине лопастей и колеблются в пределах 0,6—2,3 мм/год. Наиболее интенсивно изнашиваются верхние рабочие поверхности лопастей. Максимально изнашиваются контролопаси на расстоянии 2/3 от трубовала до корпуса.

Несущая способность элементов транспортной системы при воздействии циклических нагрузок и агрессивной среды уменьшается с каждым последующим производственным сезоном. Долговечность диффузионного аппарата определяется не только скоростью износа его основ-

ных элементов, но и распределением напряжений в лопастях и контролопастях. Известные измерения напряжений в статических условиях [3] нельзя признать достоверными. Истинные значения величин напряжений могут быть получены только путем их непосредственного измерения во время работы аппарата при различных режимах.

В производственные сезоны 1976/77 и 1979/80 гг. на Саливонковском и Лучанском

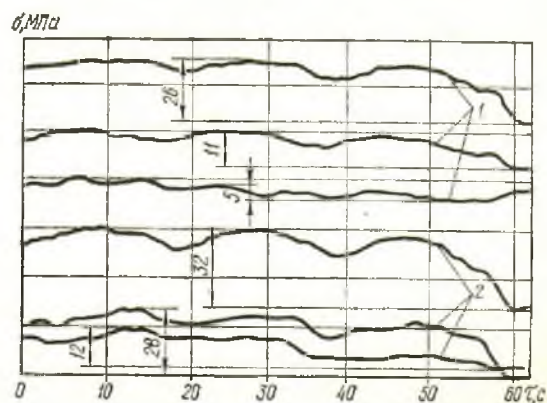


Рис. 1. Оциллограмма напряжений в лопасти.

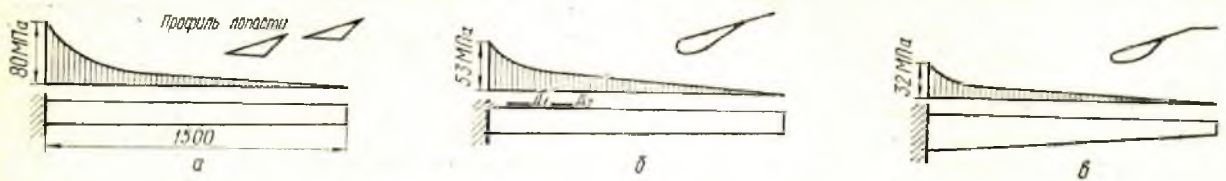


Рис. 2. Распределение напряжений по длине лопастей в транспортных системах: а — КДА-25; б — Буккау — Вольф; в — разработанной в КТИППе.

сахарных заводах проведены исследования напряженного состояния лопастей и контрлопастей в транспортных системах аппаратов КДА-30 и КДА-25 — 59М, модернизированных по типу аппаратов Буккау — Вольф и предложению КТИППа.

Напряжения определяли методом тензоизмерений с помощью осциллографа Н-115 и усилителя 8АНЧ-7м.

Так как напряженное состояние лопастей и контрлопастей является плоским, на их рабочую поверхность выборочно были наклеены датчики типа 2ПКБ-20-200 в виде измерительной розетки. Слой эпоксидной смолы и защитные шитки препятствовали воздействию сока и стружки на датчики. Наклеенные таким образом датчики обеспечивали устойчивую работу измерительной системы на протяжении всего производственного сезона. Кривые 1 и 2 (рис. 1) показывают напряженное состояние лопасти в процессе работы в точках Д₁ и Д₂ (рис. 2) при удельном наполнении колонны 700 кг/м³.

Анализ полученных результатов показывает, что напряжения носят пульсирующий характер и достигают максимума в момент прохождения лопасти под контрлопастью. Так как в одном ряду количество лопастей равно 7, то за один оборот вала лопасть испытывает 7 циклов нагружения. При частоте вращения трубовала 0,7 об/мин и длительности производственного сезона 120 сут лопасть подвергается примерно 1 млн. циклов.

Максимальные напряжения возникают в месте приварки лопасти к трубовалу. Их величина с учетом концентрации напряжений при удельной нагрузке объема аппарата стружкой 700 кг/м³ составляет, соответственно, 80, 53 и 32 МПа (см. рис. 2). Величина напряжений, возникающих в опасных сечениях, может быть определена из условий внешнего нагружения и момента сопротивления опасного сечения лопасти.

В таблице приведены величины максимальных напряжений для транспортных систем диф-

фузионных аппаратов, работающих в эквивалентных условиях при удельной нагрузке 700 кг/м³. Для простоты дальнейших вычислений моменты сопротивления сечений лопастей приведены в относительных единицах.

В процессе работы диффузионного аппарата уменьшаются величины моментов сопротивлений элементов транспортной системы, что снижает несущую способность лопастей.

В литературе отсутствуют данные о совместном действии силового, коррозионно-усталостного и абразивного изнашивания. Исследования показали, что при базе 5 · 10⁷ циклов нагружения условный предел коррозионно-усталостной прочности образцов углеродистых сталей в синтетической морской воде, близкой по удельной электропроводности к диффузионному соку, снижается до 20—100 МПа. Поскольку измерения проводились по ускоренной методике, характер изменения напряжений, вызванный абразивным износом, не учитывался. С учетом абразивного износа значение предела коррозионно-усталостной прочности будет меньше.

Учитывая, что на лопасть действует циклическая нагрузка, коррозия и абразивный износ, срок службы лопасти можно определить по формуле

$$N = \frac{1}{\sigma_1 - \sigma_0} \int_{\sigma_0}^{\sigma_1} f(\sigma) d\sigma, \quad (1)$$

где N — количество циклов нагружения лопасти;

σ_0 — максимальные напряжения в транспортной системе в начале эксплуатации аппарата;

σ_1 — напряжение, при котором происходит коррозионно-усталостное разрушение;

σ — величина напряжений, изменяющаяся в процессе эксплуатации.

При определении σ и $f(\sigma)$ (рис. 3) необходимо учитывать коррозионно-усталостное разрушение стали Ст. 3 в зависимости от числа циклов по данным литературы [4] (кривая 1) и функцию изменения напряжений от абразив-

ного износа (кривая 2), построенную при условии, что напряжения изменяются обратно пропорционально квадрату толщины листа лопасти.

Учитывая, что количество циклов нагружения (N) эквивалентно времени эксплуатации диффузионного аппарата (T), кривую 1 можно считать как функцию T . По известным напряжениям в транспортной системе и скорости абразивного износа легко определяется расчетный срок службы. Например, для аппарата КДА-25—59М установлены следующие значения параметров:

при удельной нагрузке 700 кг/м^2 максимальные значения $\sigma_0 = 80 \text{ МПа}$;

абразивный износ лопастей по данным литературы [2] составляет $1\text{--}1,2 \text{ мм/год}$; начальная толщина стенок лопасти 10 мм .

Значение σ_1 определяется совместным решением аналитических зависимостей, описывающих кривые 1 и 2 (см. рис. 3).

Параметры	Типы транспортных систем			
	БМА	Буккау—Вольф	КДА-25	КДА-25, модернизированные по предложению КТИППа
Моменты сопротивления лопастей в опасном сечении	0,54W	0,88W	0,37W	W
Напряжения в опасном сечении, МПа	72	53	80	32

Обработка данных [4] методом наименьших квадратов позволила установить зависимость (кривая 1) в виде

$$X = 1487,72 \cdot Y^{-2,576} \quad (2)$$

Абразивный износ представлен зависимостью

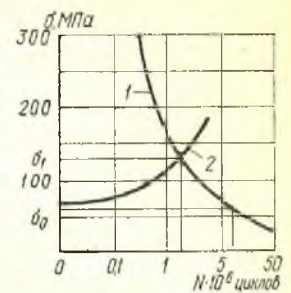
$$Y = 80 + 0,84 \cdot 10^{-6} X^2 \quad (3)$$

Решая совместно уравнения (2) и (3), найдем величину

$$Y = \sigma_1 = 135 \text{ МПа.}$$

Подставив полученные значения в уравнение (1), определим срок службы лопасти ($N = 3,8 \text{ года}$).

Рис. 3. Зависимость напряжения (σ):
1 — от числа циклов; 2 — от абразивного износа.



Срок службы лопасти, который определен из формулы (1), значительно ниже срока службы (10 лет), установленного действующими нормативами. Объясняется это тем, что на практике через каждые 3—4 года проверяется толщина стенок и на рабочие поверхности изношенных лопастей и контролопастей навариваются накладки. Аналогично может быть определен срок службы транспортных систем других диффузионных аппаратов, который составит: для КДА-25—59М — 3,8 года; ВМА — 5,7; Буккау—Вольф — 7,5; КТИППа — 9,2 года при условии, что они изготовлены из одного материала.

Увеличить срок службы, уменьшить объем и стоимость ремонтных работ можно подбором материалов, имеющих большие допускаемые напряжения и лучшее сопротивление абразивному износу.

По приведенной методике можно определить предполагаемый срок службы транспортной системы с учетом особенностей ее конструкции и условий эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роменский Н. П., Преис Г. А., Супрунчук В. К. Повышение долговечности оборудования сахарных заводов. К., Техніка, 1978, 133 с.
2. Исследование износостойкости конструкционных материалов в диффузионных аппаратах непрерывного действия / Явор В. А., Гительман М. М., Ковинская С. В., Роменский Н. П. — Пищевая промышленность, 1980, № 1, с. 39—42.
3. Определение прочностных характеристик лопастей и контролопастей колонны — высолаживателя диффузионной установки КДА-25—59 / Коваль Е. Г., Вайлов В. Я., Ярмилко В. Г. — Труды ВНИИСП, вып. XIV, 1968, с. 67.
4. Похмурский В. И. Исследование процесса коррозионной усталости сталей с анодными покрытиями. — ФХММ, 1977, № 3, с. 48—51.