

УДК 528.48

СОЛОВЕЙ П.И., ЛОБОВ М.И., КОНОНЫХИН Г.А., МИТРАКОВ В.А.,
ПЕРЕВАРЮХА А.Н. (Донбасская национальная академия строительства и
архитектуры)

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ОБЪЕКТОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ И КОНИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Приведены теоретические и экспериментальные исследования параметров деформационного процесса объектов цилиндрической и конической формы. На основе математического моделирования установлены условия применения рабочих формул.

Под воздействием различных возмущающих факторов (ударная и ветровая нагрузки, силовые воздействия, вибрации, неравномерные оседания фундаментов и др.) происходят деформации различных объектов, значительно превышающие допустимые, что приводит к преждевременным ремонтам, а иногда к авариям.

Для выявления недопустимых деформаций проводят регулярный геодезический контроль параметров деформационного процесса. Очень часто необходимо определять деформации сечений объектов цилиндрической и конической формы (бандажи вагоноопрокидывателей и вращающихся печей, дымовые трубы, емкости для хранения жидкостей и др.), находящихся в сложных условиях эксплуатации. Иногда требуется определить геометрические параметры сечений объектов криволинейной формы, находящихся в труднодоступных местах, проектные данные которых неизвестны или требуют уточнения. Возникает необходимость разработки эффективных методов и приборов контроля параметров деформаций.

В геодезической литературе достаточно полно отражены вопросы исследований деформаций дымовых труб, различных резервуаров, вращающихся печей и др., но очень мало исследований посвящено определению геометрических параметров вагоноопрокидывателей. Несмотря на некоторую схожесть вращающихся печей и вагоноопрокидывателей, последние имеют существенное отличие. Вагоноопрокидыватели работают в более тяжелых производственных условиях и, особенно, сопровождаются постоянно ударно-вибрационным воздействием. Поэтому периодичность выверки работающего оборудования для таких агрегатов должна быть значительно чаще, особенно, когда появляется скрежет в приводах или повышенный шум в опорных узлах.

В результате непрерывных ударно-вибрационных воздействий поперечные сечения бандажей, корпуса и венцовой шестерни приобретают форму эллипса, малая ось которого совпадает с направлением удара вагона при разгрузке материалов, что приводит к значительным нагрузкам на приводной вал, а иногда к отрыву его от фундамента. Своевременный геодезический контроль геометрических параметров сечений бандажей вагоноопрокидывателя дает возможность подбора оптимальных величин прокладок для быстрой замены части бандажа или полной замены всего бандажа, при выполнении ремонтных работ.

Пусть в результате непрерывных ударно-вибрационных воздействий вагонов поперечные сечения бандажа вагоноопрокидывателя приобрело криволинейную форму, в общем виде напоминающую эллипс (рис.1). Требуется аппроксимировать криволинейное сечение стандартным эллипсом и определить его параметры: координаты X_0, Y_0 центра эллипса, длину большой a и малой b полуосей, угол α наклона большой полуоси; толщину t_i прокладок для приведения формы эллипса к проектной окружности.

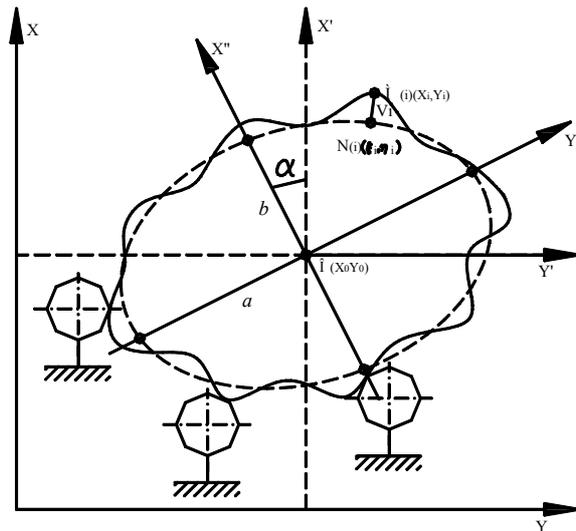


Рис. 1. Принцип определения оптимальных параметров эллиптического сечения вращающегося агрегата.

Следует отметить, что до настоящего времени аппроксимация замкнутых кривых стандартным эллипсом не выполнялась.

Отклонение V_i точек реальной кривой от эллипса будем определять на основе способа наименьших квадратов при условии:

$$F = \sum_{i=1}^n V_{(i)}^2 = \min \quad (1)$$

Из рисунка 1 можно записать, что:

$$V_{(i)}^2 = (X_i - \xi_i)^2 + (Y_i - \eta_i)^2, \quad (2)$$

где X_i, Y_i - прямоугольные координаты точек M_i ;

ξ_i, η_i - прямоугольные координаты точек стандартного эллипса.

Для определения координат X_i, Y_i точек M_i реальной поверхности бандажа разработан и изготовлен прибор [6] на базе оптического теодолита и закрепленной на его горизонтальной оси вращения трубы электронной рулетки DISTO Classic. Выполнены экспериментальные исследования точности определения расстояний S в зависимости от углов наклона ν криволинейной поверхности по отношению к падающему на нее лазерному лучу, позволившие получить прогнозирующую функцию вида:

$$m_s = 0,496 + 0,012 \nu - 0,0004 \nu^2, \text{ мм} \quad (3)$$

для углов наклона ν в пределах $10-60^0$ и расстояния $S=7\text{м}$ (стесненные условия вагоноопрокидывателей).

Аналогичные исследования, выполненные с применением безотражательного электронного тахеометра SET530RK (фирма Сокиа, Япония), позволили получить регрессионную кривую вида:

$$m_s = 0,258 + 0,012 \nu - 0,0003 \nu^2, \text{ мм} \quad (4)$$

для тех же условий эксперимента.

Для определения полярных координат контрольных точек исследуемых деформационных сечений приборы устанавливаются как внутри, так и снаружи сечения. При этом координаты точек установки приборов должны быть определены с необходимой точностью в системе координат X, Y (рис.1).

Координаты контрольных точек M_i бандажа в системе прямоугольных координат X, Y , оси которой совмещены с большой и малой полуосями будут иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} Y_i &= (Y_i - Y_0)\cos \alpha + (X_i - X_0)\sin \alpha; \\ X_i &= -(Y_i - Y_0)\sin \alpha + (X_i - X_0)\cos \alpha, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где $X_o = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$, $Y_o = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$ - координаты вероятнейшего центра поперечного сечения бандажа; n - количество контрольных точек.

Координата ξ_i и η_i точек N_i эллипса получим из решения уравнений эллипса и нормали к эллипсу:

$$\begin{aligned} \frac{\xi_i^2}{a^2} + \frac{\eta_i^2}{b^2} &= 1; \\ x_i'' - \eta_i &= \frac{a^2}{b^2} * \frac{\eta_i}{\xi_i} (Y_i'' - \xi_i). \end{aligned} \quad (6)$$

Так как решить такую систему уравнений сложно, примем:

$$b^2 = a^2(1 + \varepsilon), \quad (7)$$

где ε - коэффициент деформации (сжатия) эллипса, безразмерная малая величина.

После некоторых преобразований и разложения в ряд, окончательно получим выражение целевой функции:

$$F = \sum_{i=1}^n \left[Y_i''^2 \left(1 - \frac{a}{R_i} - \frac{aX_i''^2(2a - R_i)\varepsilon}{2R_i} + \dots \right)^2 + X_i''^2 \left(1 - \frac{a}{R_i} - \frac{a[R_i^3 - Y_i''^2(2a - R_i)]\varepsilon}{2R_i^4} \right)^2 \right], \quad (8)$$

где $R_i = \sqrt{(X_i - X_o)^2 + (Y_i - Y_o)^2}$, а $X_i''^2$, $Y_i''^2$ определяют из соотношений (5).

Рассмотрим практическое применение теоретических выводов на примере исследования деформаций бандажей вагоноопрокидывателя ВРС-93 одного из химических заводов.

В результате аппроксимации сечения бандажа эллипсом и окружностью, получены следующие параметры: длина большой полуоси $a=3506$ мм, длина малой полуоси $b=3483$ мм, угол наклона большой полуоси $\alpha=47^0$, толщина t_i прокладок под бандаж для приведения эллипса к окружности (рис.2).

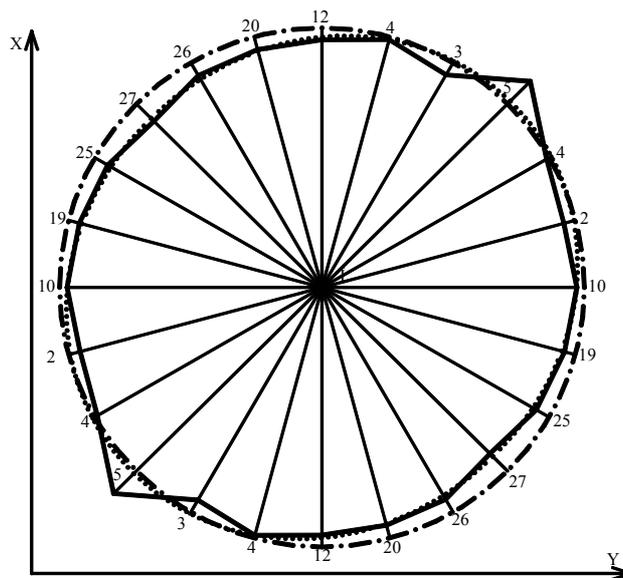


Рис. 2. Аппроксимация поперечного сечения вагоноопрокидывателя эллипсом.

Согласно [5] овальность бандажей не должна превышать $\Delta = 0,0005d$ (d – проектный диаметр бандажа). При $d = 7500\text{мм}$, получим $\Delta = 0,0005 \cdot 7500 \approx 4\text{мм}$. В нашем случае овальность бандажа составила $\delta = a - b = 3506 - 3483 = 23\text{мм}$, что почти в 6 раз превышает допустимое значение и требует выполнения рихтовочных работ путем установки прокладок толщиной t_i под бандаж.

Библиографический список

1. **Асташенков Т.Г.** Геодезические работы при эксплуатации крупногабаритного промышленного оборудования. –М. :Недра. -1986. -151с.
2. **Баран П.И.** Геодезические работы при монтаже и эксплуатации оборудования. –М. :Недра. -1990. -233с.
3. **Лобов М.И.** Разработка и совершенствование технологии геодезических работ для обеспечения строительства и эксплуатации сооружений башенного типа. –М. :МИИГАиК. –Докт.дисс. -1989. -320с.
4. Аппроксимация деформированных сечений сооружений цилиндрической и конической формы эллипсом. **Переварюха А.Н., Лобов М.И., Кононыхин Г.А., Митраков В.А.** // Инженерная геодезия. -2007. –Вып.53. –с.177-184.
5. **Руководство** по геодезическому обеспечению монтажа и эксплуатации технологического оборудования цементной промышленности. –М. :Недра. -1983. -112с.
6. Геодезический контроль геометрических параметров вагоноопрокидывателя в сложных условиях эксплуатации. **Соловей П.И., Лобов М.И., Переварюха А.Н., Шаталова Н.Ю.** //Сб.”Строительство -2006”. –Мат. метод. науч.-практ. конф. –Ростов-на-Дону :РГСУ. -2006. –с.71-74.

© Соловей П.И., Лобов М.И., Кононыхин Г.А., Митраков В.А., Переварюха А.Н., 2009