

Рис. 5 – Фрагмент архивного документа (главный фасад синагоги «Зискина Клеймана»)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Национальные рысы беларуской архитектуры. А.І. Лакотка, 1999.
2. Архитектура европейских синагог / А.И. Локотко. – Мн.: Ураджай, 2002. – 156 с.: ил.
3. Хаим Донин – Быть евреем – “Шамир” Иерусалим 5750(1990).
4. Розенблат Е.С. Брестская еврейская община.
5. Журнал “Радовод” № 2.
6. “Памяць” 2 т. Белта, 1997.
7. История г. Бреста-Литовска 1016-1907 г. Х. Зоненберга.

Архивные документы:

1. ф5 о3 д3216
2. ф5 о3 д3217
3. ф5 о3 д3204
4. ф2 о1 д1187
5. ф93 о1 д3079

УДК 528.482

Маркевич Э.А., Моращук Л.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Синякина Н.В.

#### МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА НАКЛОНА ОСИ ВРАЩЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В современных условиях мирового кризиса, когда не только возросли требования к качеству продукции, но и имеет место экономический, социальный аспект производства, строительной отрасли в Беларуси отдается приоритетное направление.

Геодезические работы при возведении зданий и сооружений являются неотъемлемой составной частью технологического процесса на всех этапах строительного производства. Качественное геодезическое обеспечение способствует ускорению выполнения отдельных строительного-монтажных операций, возведению уникальных объектов, монтажу, реконструкции и эксплуатации технологического оборудования различного назначения, что в итоге снижает стоимость, сокращает срок ввода в эксплуатацию и контролирует качество производства.

При производстве строительных материалов часто используются агрегаты и технологическое оборудование, имеющие прямолинейные, отвесные, наклонные и наклонно-

вращающиеся оси. К последним относятся вращающиеся печи обжига на производстве огнеупорных материалов и цементной промышленности. Качество монтажа вращающихся печей во многом определяет коэффициент полезного действия агрегатов при их эксплуатации [1, 2].

Значительное место при монтаже печей отводится геодезическим измерениям, обеспечивающим правильную установку узлов агрегатов в проектное положение и при выверке в процессе эксплуатации.

При монтаже конструкций технологического оборудования, имеющих наклонную ось вращения, иногда возникает задача точного измерения угла наклона оси вращения.

Общепринятая методика измерения вертикального угла предусматривает использование эклиметра, по дуговой шкале которого нужно взять два отсчета  $N_1$  – при одном положении конструкции и  $N_2$  – после поворота ее ровно на  $180^\circ$ ; при этом эклиметр должен быть жестко закреплен на конструкции. В зависимости от установки эклиметра разность отсчетов будет равна либо  $2\phi$ , либо  $180^\circ - 2\phi$ , где  $\phi$  – обозначим угол наклона оси вращения. Поэтому

$$\phi = \pm \frac{(N_2 - N_1)}{2} \quad (1)$$

$$\phi = 90 \pm \frac{(N_2 - N_1)}{2} \quad (2)$$

Обычно вращающиеся конструкции технологического оборудования не имеют вертикального оцифрованного круга для измерения угла поворота, поэтому их поворот на  $180^\circ$  выполняют визуально «на глаз». Рассчитаем при этом погрешность измерения угла наклона и рассмотрим методику измерения, позволяющую исключить эту погрешность.

Угол наклона оси вращения измеряется в вертикальной плоскости, параллельной координатной начальной плоскости XOZ (рис. 1.1) он образуется осью вращения  $O_1O_2$  и ее проекцией  $O_1A$  на горизонтальную плоскость XOY. При вращении линии  $O_1A$  около оси  $O_1O_2$ , она описывает коническую поверхность. Пересекая эту поверхность плоскостью, проходящей через точку A и перпендикулярной оси  $O_1O_2$ , получим конус, касающийся плоскости XOY по образующей  $O_1A$  (рис. 1.1).

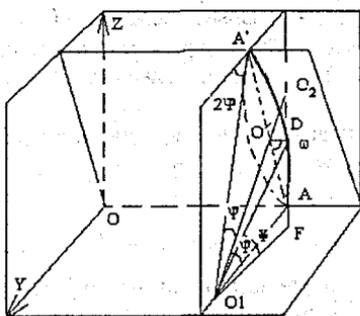


Рис. 1.1

Основание конуса проектируется на плоскость XOZ в виде эллипса (рис. 1.2).

Угол наклона  $\gamma$  образующей конуса  $\ell$  при движении ее по поверхности конуса изменяется согласно математическому закону

$$\sin \gamma = \frac{R \cdot \cos \phi - r \cos \omega}{\ell} \quad (3)$$

где  $r$  – радиус-вектор эллипса;

$\omega$  – угол поворота конструкции вокруг оси.

Этот пример проиллюстрируем на рис. 1.2.

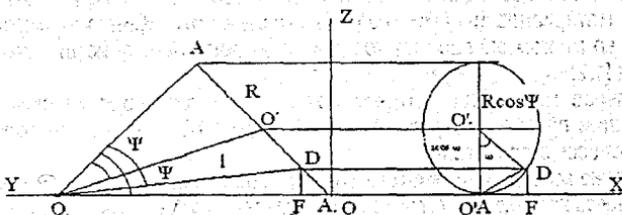


Рис 1.2

Выразим  $r$  через  $R$ ,  $\phi$  и  $\omega$ , используя известные соотношения между параметрами эллипса, в результате получим

$$r = R \cos(1 - \sin^2 \phi \sin^2 \omega)^{-1/2} \quad (4)$$

Подставим значение формулы (4) в (3), получим

$$\sin \gamma = \sin \phi \cos \phi \left( \cos \omega (1 - \sin^2 \phi \sin^2 \omega)^{-1/2} - 1 \right). \quad (5)$$

Дифференцируя формулу (5) по  $\omega$  и приравнявая нулю производную  $\frac{d\gamma}{d\omega}$ , можно найти значение угла поворота  $\omega$ , при котором угол наклона  $\gamma$  имеет экстремальные ( $\max$ ,  $\min$ ) значения. Как и следовало ожидать,

$$\text{что } \frac{d\gamma}{d\omega} = 0 \text{ при } \omega_1 = 0^\circ \text{ и } \omega_2 = 180^\circ \quad (6)$$

Уравнение (5) в точках  $\omega_1 = 0^\circ$  и  $\omega_2 = 180^\circ$  примет вид

$$\sin \gamma_1 = 0^\circ; \quad \sin \gamma_2 = \sin 2\phi. \quad (7)$$

отсюда получаем следующие равенства

$$\gamma_1 = 0^\circ; \quad \gamma_2 = -2\phi. \quad \gamma_2 = 180^\circ - 2\phi. \quad (8)$$

Погрешность измерения угла наклона  $\phi$  с использованием эклиметра зависит от погрешности установки эклиметра в начальное положение ( $\gamma_1 = 0^\circ$ ) и погрешности в определении поворота конструкции на  $180^\circ$ . Для расчета суммарного влияния этих погрешностей воспользуемся формулой (5), предварительно приняв значения в окрестностях точек  $\omega_1 = 0^\circ$  и  $\omega_2 = 180^\circ$ .

Обозначим истинную погрешность величин символом  $\Delta$ . Тогда

$$\sin \omega = \frac{\Delta \omega}{\rho}; \quad \sin \gamma = \frac{\Delta \gamma}{\rho}; \quad \cos \omega = \pm 1. \quad (9)$$

$$\Delta \gamma = \Delta N = \sin^3 \phi \cos \phi \frac{(\Delta \omega^2)}{\rho}, \quad (10)$$

где  $\Delta N$  – влияние на отсчет по эклиметру погрешности угла поворота конструкции  $\Delta \omega$ .

Учитывая, что  $\Delta \phi = \Delta N \sqrt{2}$ , рассчитаем интервал поворота конструкции (равный допустимой погрешности ее поворота  $\Delta \omega$ ) в зависимости от заданной точности измерения угла наклона  $\phi$  для разных его значений, данные приведены в табл. 1.

Из изученной схемы вопроса (таблица 1) можно предложить следующую методику измерения угла  $\phi$ .

1. Выбрать из табл. 1 интервал  $\Delta \omega$ , соответствующий заданной точности измерения угла  $\phi$ .

2. Закрепить эклиметр технологической конструкции объекта так, чтобы плоскость отсчетного круга эклиметра была вертикальна и параллельна оси вращения конструк-

ции. Крепление эклиметра должно жестко фиксироваться, чтобы обеспечить его надежную неподвижность при вращении конструкции.

Таблица 1 – Интервалы  $\Delta\omega$  поворота конструкций

$\Delta\varphi \backslash \varphi$	30°	40°	50°	60°	70°	80°
10'	8°	6°	5°	5°	5°	6°
5'	6°	4°	3°	3°	3°	4°
2'	4°	3°	2°	2°	2°	3°
1'	2°	2°	1°	1°	1°	2°
30"	2°	1°	1°	1°	1°	1°
5"	0,8°	0,6°	0,5	0,5	0,5	0,6°

3. Повернуть конструкцию вокруг оси вращения на два-три интервала  $\Delta\omega$ .

4. Поворачивая конструкцию в обратном направлении, взять 5-6 отсчетов по эклиметру через каждый интервал  $\Delta\omega$ . Определить по измерениям отсчет № 1 – экстремальный.

5. Повернуть конструкцию примерно на 180°, не довернув 2-3 интервала  $\Delta\omega$ .

6. Поворачивая конструкцию в том же направлении, взять 5-6 отсчетов по эклиметру через каждый интервал  $\Delta\omega$ , по ним определить второй экстремальный отсчет № 2.

7. По формуле (1) или (2) вычислить угол  $\varphi$ .

Предлагаемая методика рассчитана на применение типовых эклиметров. В случае необходимости для измерения угла наклона оси вращения конструкции можно применить теодолит соответствующей точности [3].

По описанной методике были выполнены полевые испытания и измерены углы наклона оси вращения опорно-поворотных устройств крупного радиотелескопа ООО «Сигнал» г. Бреста.

При использовании измерений вертикальным кругом теодолита точность определения угла наклона оси вращения конструкции составляет 5"±3".

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Неумывакин Ю.К., Сухов А.Н., Шмелин Н.А. Геодезический контроль качества строительно-монтажных работ. – М.: Стройиздат, 1988.

2. Руководство по геодезическому обеспечению монтажа и эксплуатации технологического оборудования цементной промышленности. – М.: Недра, 1989.

3. Михелев Д.Ш. Инженерная геодезия. – М., Высшая школа, 2001.

УДК 519.3: 681.3

Рудлевский Д.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В.И.

#### К РАСЧЕТУ ПЛОСКИХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ УПРУГОЙ ПОДАТЛИВОСТИ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В реальных сооружениях соединение стержней в узлах чаще всего не является идеально жестким либо шарнирным, а имеет определенную упругую податливость, которая обычно не учитывается в расчетах, но может существенно влиять на распределение усилий в системе. Для учета этого фактора необходимо в методике расчета учитывать возможность упругой податливости узловых соединений.