

УДК 528.498

© Ю.И. Вронский, С.Д. Головки, В.И. Диковенко, А.В. Третьяк

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ОБСЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ КАНАТНО-ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

© Ju. Vronskyj, S. Holovko, V. Dykovenko, A. Tretjak

SUBSTANTIATION OF THE METHOD OF THE CABLE-BELT CONVEYOR GEOMETRICAL ELEMENTS RELATIVE POSITION SURVEYING DURING THE OPERATING PERIOD

Рассмотрена задача геодезического обеспечения эксплуатации и ремонта канатно-ленточного конвейера. Обосновано применение того способа ведения полевых работ, который был выработан в ходе выполнения исследований и при обеспечении ремонтных работ. Приведен перечень геодезического оборудования, соответствующего рекомендуемому способу выполнения маркшейдерско-геодезических работ.

Розглянуто задачу геодезичного забезпечення експлуатації та ремонту канатно-стрічкового конвеєра. Обґрунтовано використання того способу ведення польових робіт, який було опрацьовано під час виконання досліджень та під час забезпечення ремонтних робіт. Наведено перелік геодезичного обладнання, що відповідає рекомендованому способу виконання маркшейдерсько-геодезичних робіт.

Введение. Современные требования к повышению продуктивности промышленных предприятий обусловили совершенствование технологических процессов. Развитие технологий предполагает применение нового технологического оборудования. Для угольных шахт одним из основных шагов модернизации является использование конвейерного транспорта, что позволяет обеспечить значительное повышение объёмов добычи. Так, для транспортировки угля с шахты ПАО "ШУ «Покровское»" на обогатительную фабрику "ОФ «Свято-Варваринская»" ПрАО «ДМЗ» был построен канатно-ленточный конвейер фирмы *METSO Minerals* [7] общей длиной 5200 метров (рис.1).



Рис. 1. Вид канатно-ленточного конвейера «ОФ«Свято-Варваринская».

В процессе эксплуатации канатно-ленточного конвейера его составляющие элементы изменяют своё положение в пространстве (рис. 2).

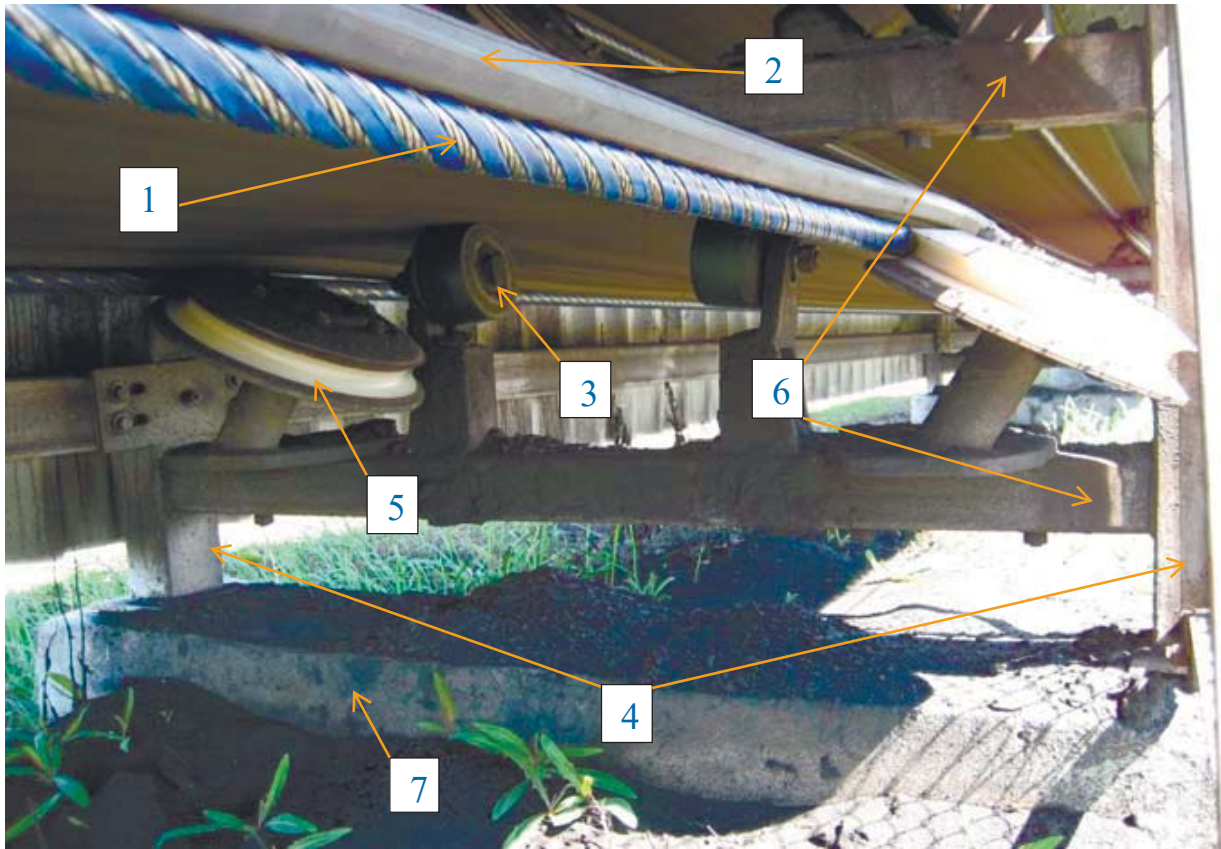


Рис. 2. Составляющие элементы конвейера: 1 - канат, 2 - лента, 3 - поддерживающий ролик, 4 - вертикальная стойка, 5 - несущий ролик, 6 - поперечная балка, 7 - фундамент.

Происходит это вследствие проявления следующих факторов:

- неблагоприятная структура грунтов, находящихся в основании под фундаментными опорами;
- неблагоприятные гидротехнические характеристики грунтов, являющихся основанием для фундаментных опор;
- расположение конвейера в зоне влияния от ведения горных работ;
- влияния вибрации на опоры и на фундаменты конвейера.

Вибрации в некоторых случаях приводят к частичному разрушению фундаментов (рис. 3).

В результате пространственного смещения элементов конвейера происходит повышенный износ подвижных элементов несущей конструкции, повышенный износ ленты и канатов конвейера, а также периодический сход ленты конвейера с несущих роликов. В связи с этим возникла необходимость выполнения обследования состояния конвейера в эксплуатационный период. Для числового отображения результатов обследования необходимо определение

взаимного положения геометрических элементов канатно-ленточного конвейера – в вертикальной плоскости и в горизонтальной плоскости.



Рис. 3. Частичное разрушение бетона в торцевой части фундамента опоры № 140 (южная сторона)

Известно, что принимая к исполнению техническое задание по инженерно-геодезическому или маркшейдерскому обеспечению строительства, монтажа, наладки или обследованию взаимного положения геометрических элементов технологического оборудования, необходимо, в первую очередь, ознакомиться с технической документацией данного оборудования. После этого нужно выделить параметры, которые являются основой для выполнения работы. Главными параметрами для осуществления контроля взаимного положения геометрических элементов оборудования являются допуски на отклонение от проектного положения и точность выполнения измерительных работ. Несоблюдение такого алгоритма может привести к ошибкам при выборе способов выполнения инженерно-геодезических или маркшейдерских работ.

При строительстве канатно-ленточного конвейера фирмы *METSO Minerals* на обогатительную фабрику “ОФ «Свято-Варваринская»”, в технической документации были заявлены следующие требования [9]:

1. Допуск на отклонение от стандартного шага между поперечными сечениями осей фундаментов ± 12 мм.
2. Допуск на превышение левой и правой грани одного фундамента ± 12 мм.
3. Допуск на превышение левой и правой ножки опоры в одном сечении ± 6 мм.
4. Наклон верхней поверхности фундамента ± 6 мм.

5. Наклон стоек в одном сечении ± 3 мм.

6. Отклонение оси симметрии фундамента от проектного положения продольной оси конвейера ± 12 мм.

7. Отклонение оси симметрии пары опор от проектного положения продольной оси конвейера ± 6 мм.

8. Продольный разворот одного фундамента относительно перпендикуляра к продольной оси конвейера ± 6 мм.

9. Продольный разворот пары опор относительно перпендикуляра к продольной оси конвейера ± 3 мм.

10. Отклонение расстояний между левым и правым центрами закладных анкеров в одном фундаменте $+2$ мм и -6 мм.

При анализе перечисленных требований остался открытым вопрос интерпретации параметров «наклон верхней поверхности фундамента» и «наклон стоек в одном сечении», так как он выражен в миллиметрах, а не в угловой мере, а также пересекается с параметрами «допуск на превышение между левой и правой гранями одного фундамента» и «допуск на превышение между левой и правой ножками опоры в одном сечении».

При строительстве данного объекта было принято решение об использовании высокоточных GPS измерений для создания сети наблюдательных пунктов. При этом в качестве базисных пунктов были использованы пункты полигонометрии 1 разряда – ПП 2983, ПП 0028, ПП 014, а также – пункт триангуляции 4 класса “Димитровский”. Несмотря на относительно невысокую линейную точность координат исходных пунктов в истинной системе координат (порядка десятка сантиметров), исполнителем работ была заявлена точность определения координат наблюдательных пунктов от 1 мм до 10 мм. В результате выполненного инженерно-геодезического обеспечения, канатно-ленточный конвейер был построен [4].

В период эксплуатации, в связи с деформациями фундаментов и, как следствие, – с возникновением сбоев в работе данного оборудования, возникла задача выполнения обследования взаимного положения геометрических элементов канатно-ленточного конвейера. После изучения соответствующей технической документации [9] было сформулировано соответствующее техническое задание. Анализ поставленной задачи привёл к необходимости выбора такого способа выполнения полевых и камеральных работ, который обеспечит необходимую точность определения координат характерных точек. Поскольку данное оборудование – линейное сооружение, то наиболее выгодной формой маркшейдерской наблюдательной станции является вытянутый вдоль конвейера полигон в виде жестко закреплённых (забетонированных в грунт) пунктов, плановые координаты X , Y и высотные отметки Z которых определяются продолжением полигонометрического хода и нивелирования заданной точности [3]. При заложении пунктов наблюдательной станции необходимо обеспечить следующие требования:

1. Расстояния между смежными пунктами наблюдательной станции должны обеспечивать минимальное влияние внешних условий на погрешности m_{β_i} измерений горизонтальных углов, вычисляемых по формулам:

$$m_{\beta_i} = \sqrt{m_{\text{прибор}i}^2 + m_{e_i}^2}$$

где $m_{\text{прибор}i}$ – приборная погрешность измерения горизонтального угла на i -ой станции;

m_{e_i} – погрешность измерения горизонтального угла, обусловленная влиянием внешних условий измерений.

$$m_{\text{прибор}i} = \frac{m_{\text{ном.}}}{\sqrt{n}}$$

где $m_{\text{ном.}}$ – номинальная погрешность измерения горизонтального угла на i -ой станции одним полным приёмом;

n – количество полных приёмов при измерении горизонтального угла на станции.

$$m_{e_i} = \frac{\rho \cdot e}{a \cdot b} \cdot \sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \beta_i}$$

где ρ – один радиан, выраженный в секундах, $\rho = 206265''$;

e – точность центрирования визирных сигналов, а также теодолита или электронного тахеометра на станции;

a, b – длины сторон, составляющих угол на станции;

β_i – значение измеряемого горизонтального угла на станции.

2. Месторасположение каждого пункта наблюдательной станции должно обеспечивать видимость на максимальное количество снимаемых характерных точек элементов конвейера.

3. Месторасположения пунктов наблюдательной станции должны обеспечивать видимость на все необходимые снимаемые характерные точки элементов конвейера.

4. Суммарные погрешности определения плановых координат и высотных отметок характерных точек элементов конвейера не должны превышать установленных допусков.

Суммарные погрешности определения плановых координат характерных точек элементов конвейера должны учитывать накопление ошибок за счёт угловых и линейных измерений в полигонометрическом ходе, а также – съёмки элементов конвейера, выполняемой с пунктов наблюдательной станции. При этом необходимо разделять погрешности по направлениям, так как допуски тоже относятся к различным направлениям – параллельно продольной оси конвейера, и перпендикулярно этой оси. Кроме того, следует учитывать, что погрешности определения координат характерных точек элементов конвейера должны определяться отдельно – без накопления – на каждом из чередующихся участках – на криволинейных и прямолинейных. Это связано с тем, что для

каждого криволинейного участка исходными являются фактические, а не проектные положения смежных прямолинейных участков. Каждый из прямолинейных участков должен рассматриваться, как отдельная прямая линия, опирающаяся на фактическое положение начальной и конечной точки. Такой способ оценки точности определения планового положения характерных точек позволяет не учитывать погрешности, которые не оказывают влияния на качество работы технологического оборудования. Это также согласуется с отсутствием в предоставленной технической документации допусков на задание в натуре продольной оси конвейера.

При соблюдении перечисленных условий, можно обосновать выбор следующего способа определения координат характерных точек элементов конвейера. В полигонометрическом ходе, проложенном по пунктам наблюдательной станции, углы необходимо измерять теодолитом с погрешностью измерения горизонтального угла одним полным приёмом $m_{ном.}=3''$. Горизонтальные углы измерять тремя полными приёмами. Допустимое расхождение между минимальным и максимальным значениями горизонтального угла в приёмах – не более $3''$ на одной станции. Центрирование теодолита и сигналов выполнять в начале участка оптическим способом с точностью не ниже 1,0 мм. Центрирование переднего сигнала на остальных пунктах станции выполнять оптическим способом с точностью не ниже 1,0 мм, а центрирование теодолита и заднего сигнала – автоматическим способом с точностью центрирования 0,5...0,8 мм. Длины сторон в полигонометрическом ходе измерять светодальномером с погрешностью не выше $m_s=\pm(2,0 \text{ мм} + 2,0 \text{ мм/км})$.

Съёмку характерных точек выполнять теодолитом с погрешностью измерения горизонтального угла одним полным приёмом $m_{ном.}=3''$. Горизонтальные углы измерять одним полным приёмом. Измерения выполнять после центрирования теодолита и сигналов оптическим способом с погрешностью не более 1,0 мм. Длины сторон измерять светодальномером с погрешностью не выше $m_s=\pm(2,0 \text{ мм} + 2,0 \text{ мм/км})$.

Для определения высотных отметок характерных точек также нужно учесть, что допуски на не горизонтальность отдельных элементов не привязаны к какой-либо исходной уровенной поверхности, а относятся только к взаимному расположению этих элементов в пределах одного фундамента или одной опоры, либо относятся к смежным фундаментам или опорам. Таким образом, достаточно выполнить следующие требования. Нивелирный ход проложить по пунктам наблюдательной станции, при этом выполняя требования методики нивелирования III класса [1,2]. С пунктов наблюдательной станции нивелирование для получения высотных отметок характерных точек выполнять теми же нивелирами и рейками, либо вместо реек использовать металлические линейки с ценой деления 1 мм; с точностью взятия отсчётов 0,5 мм.

Выполненные исследования и практические работы по геодезическому обеспечению эксплуатации и ремонтных работ канатно-ленточного конвейера указывают на необходимость применения специальной методики определения

его геометрических параметров. Такая методика предусматривает использование соответствующего точного маркшейдерско-геодезического оборудования.

Для получения достоверной информации об изменении во времени положения геометрических элементов конвейера необходимо регулярно – не менее одного раза в год – выполнять мониторинг элементов опор конвейера. Это позволит своевременно выявлять участки с превышением допустимых отклонений геометрических параметров, а также – определять причины пространственного смещения опор конвейера. Полученная информация является основанием для принятия инженерно-технических решений по ремонту оборудования.

Перелік посилань

1. Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах. Інструкція. – Київ: Мінтопэнерго України, 2001. – 264 с.
2. Инструкция по производству маркшейдерских работ. – М.: “Недра”, 1987. – 240 с.
3. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. (ГКНТА-2.04-02-98). – Київ, 1998. – 113 с.
4. А.А. Шоломицкий, А.А. Лунев, К.В. Ковалев. Геодезическое обеспечение строительства канатно-ленточного конвейера. //Наукові праці Донецького національного технічного університету. – Донецьк: ДонНТУ, 2010. – Випуск 12(173).
5. Микольский Ю.Н. Выверка и центровка промышленного оборудования. / Ю.Н. Микольский, В.М. Кравченко. К.: Будівельник, 1979. – 188 с.
6. Баран П.И. Геодезические работы при монтаже и эксплуатации оборудования. / П.И. Баран. М.: Недра, 1990. – 234 с.
7. www/metso.com – сайт фирмы METSO Minerals – электронный ресурс.
8. Льюис Э. Канатно-ленточные конвейеры производства METSO MINERALS. Э.Льюис, А.Л. Гребенешников. // Научно-технический журнал Горная промышленность. – 2008. – № 2 – с.40-42.
9. Техническая документация к канатно-ленточному конвейеру обогатительной фабрики “ОФ «Свято-Варваринская»” ПрАО «ДМЗ» фирмы *METSO Minerals*.

ABSTRACT

Purpose. Substantiation of the method of the cable-belt conveyor geometric parameters geodetic control.

The methodology of the surveying is based on the practical experience of geodetic works during the repair process of the cable-belt conveyor.

Findings. An optimal method of field and calculation work performance during geodetic back-up of operation and repair of the cable-belt conveyor is developed.

The originality consists in refusing to apply the complex methods of higher geodesy when surveying of the cable-belt conveyor geometric parameters.

Practical implications. The results of the research allow for solving of the complex problems of the determining of the cable-belt conveyor geometric elements relative position using the geodetic methods of an engineering accuracy.

Keywords: *cable-belt conveyor, geodetic control, accuracy of surveying works*