

Геодезическое обследование каркаса котлоагрегата в условиях ограниченной видимости

¹***ХАННАНОВ Рустем Рашитович**, старший преподаватель, khannanov_rustem@mail.ru,

¹**МИХНЕВ Андрей Васильевич**, преподаватель, andmihnev@mail.ru,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Рассматривается методика геодезического обследования каркаса котлоагрегата № 5 котельного цеха ТОО «Главная распределительная энергостанция Топар». Цель обследования – определение геометрических параметров несущих конструкций каркаса котлоагрегата №5. При проведении работ специалисты столкнулись с определенными трудностями – видимость колон ограничена перекрытиями и ограждающими конструкциями каркаса, а также неустойчивое основание на верхних уровнях котлоагрегата. В ходе геодезического обследования было принято решение выверять вертикальность колонн локально по уровням. По результатам было выявлено, что каждое значение крена колонн по уровням совпадает как по направлению, так и его значение прямо пропорционально высоте обследуемого уровня колонны.

Ключевые слова: котлоагрегат, геодезическое обследование, крен, прогиб, балка, колонна, координатный метод, выверка вертикальности колонн, электронный тахеометр, геометрические параметры конструкций, условная система координат.

Введение

Геодезический контроль имеет важное значение при строительстве и монтаже конструкций инженерных сооружений, а также в процессе их эксплуатации. В первом случае измерения проводятся для сопровождения строительного производства и составления исполнительной документации. При эксплуатации инженерных сооружений геодезический контроль производится для проверки стабильности положения и определения деформаций несущих и ограждающих конструкций сооружений.

Специалистами кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Карагандинского технического университета было проведено геодезическое обследование каркаса котлоагрегата № 5 котельного цеха первой очереди ТОО «Главная распределительная энергостанция Топар» (рисунок 1). Целью данного вида работ является определение геометрических параметров несущих конструкций каркаса котлоагрегата № 5. Задачи, которые были решены в ходе геодезического обследования, – определение прогиба балок и выверка вертикальности колонн каркаса.

Геодезические работы выполнены согласно требованиям нормативных и методических документов – строительных правил, государственных

стандартов и методических указаний [1-3].

В связи с тем, что по техническому заданию не требовалась привязка к определенной системе координат и высот, а также отсутствовали данные о наличии реперов на территории ТОО «Главная распределительная энергостанция Топар», было решено принять систему координат – условную; систему высот – относительную. За относительную отметку 0,000 м принят уровень пола существующего здания котельного цеха первой очереди.

Геодезические измерения проводились в июле 2021 года электронным тахеометром Leica TCR1201. Камеральные работы проводились сразу после производства полевых работ в программных комплексах AutoCAD Civil 3D и Leica Infinity.

Методы и материалы

Первым этапом геодезического обследования стало определение прогиба балок каркаса котлоагрегата № 5. В конструкции каркаса котлоагрегата представлены два типа балок, отличающихся по длине – пяти- и восьмиметровые. Измерения проводились по методике тригонометрического нивелирования. Согласно [4, 5], методом тригонометрического нивелирования измеряются наклонное расстояние и угол наклона на наблюдае-



Рисунок 1 – Каркас котлоагрегата № 5 котельного цеха первой очереди ТОО «Главная распределительная энергостанция Топар»

мых точках. В связи с тем, что при геодезическом обследовании каркаса использовался электронный тахеометр Leica TCR1201 с безотражательным режимом измерений работа упростилась, так как при наведении на точку были получены не только угол наклона и наклонное расстояние, но и координаты измеряемых точек X, Y, Z .

Алгоритм данного способа заключался в следующем (рисунок 2):

1. Тахеометр устанавливался на «свободную» станцию, при которой была хорошая видимость на балку. Данное условие актуально при условии того, что техническое задание не регламентировало привязку к единой системе координат.

2. После установки и настройки прибора производилась геодезическая съемка балки по трем контрольным точкам, расположенным во внешней плоскости нижней полки, – две в местах сопряжения с несущими колоннами и одна посередине балки.

3. После съемки балки прибор переставляется на следующую «свободную» станцию для геодезической съемки следующей балки по представленному выше алгоритму.

В дальнейшем после проведения геодезических измерений, в условиях производственной базы проводится камеральная работа. Камеральная работа включает в себя обработку полученных данных, проведение расчетов и анализа состояния каждой балки каркаса котлоагрегата № 5.

Для определения абсолютной величины стрелы прогиба (выгиба) $f_{абс}$ и относительного прогиба (выгиба) $f_{отн}$ расчеты производились по формулам:

$$f_{абс} = \frac{2Z_2 - (Z_1 + Z_3)}{2} \cdot 1000, \text{ мм}, \quad (1)$$

$$f_{отн} = \frac{f_{абс}}{L} \cdot 1000, \text{ мм}, \quad (2)$$

где Z_1, Z_3 – высотная отметка крайних точек наблюдаемой конструкции линейной геометрии, м; Z_2 – высотная отметка средней точки конструкции, м; L – расстояние между крайними точками наблюдения (длина возможной деформированной конструкции), м.

Вторым этапом геодезических измерений являлось определение отклонений колонн котлоагрегата № 5 от вертикали.

Выверка вертикальности колонн производится различными методами с применением электронных и оптических геодезических приборов, а также приборов вертикального проектирования [4].

При выверке вертикальности колонн каркаса котлоагрегата № 5 котельного цеха ТОО «Главная распределительная энергостанция Топар» использовался координатный метод (рисунок 3) [6].

Геодезическое определение вертикальности колонн координатным способом производится с помощью электронного тахеометра с безотражательным режимом измерений. При установке и ориентировке электронного тахеометра в условной системе координат производится взятие отчетов верхней осевой риски и нижней осевой риски. По полученным прямоугольным координатам X_B, Y_B, X_H, Y_H производится расчет крена колонн по следующим формулам (рисунок 3):

$$K_x = (X_B - X_H) \cdot 1000, \text{ мм}, \quad (3)$$

$$K_y = (Y_B - Y_H) \cdot 1000, \text{ мм}. \quad (4)$$

При выверке вертикальности колонн для исполнителя будет удобнее, если оси условной системы координат будут параллельны осям сооружения. При отсутствии осевых рисков необходимо произвести измерения верхних L_B, P_B и нижних L_H, P_H точек колонны. По этим данным будут рассчитываться средние значения координат X_B, Y_B и X_H, Y_H . Если из-за каких-либо препятствий отсутствует видимость низа колонны, то производят обследование комбинированным методом. В этом случае берут отсчеты по рейке P_H при правостороннем её расположении (X_P, X_L) либо отсчеты по рейке L_H при левостороннем её расположении (Y_L, Y_P). Если ось абсцисс условной си-

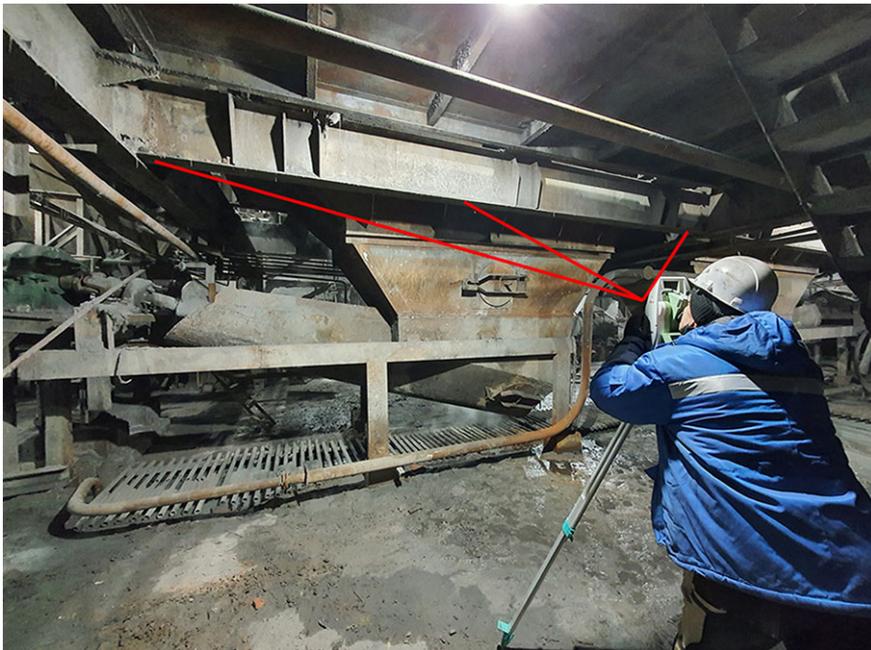


Рисунок 2 – Геодезическое обследование балки методом тригонометрического нивелирования

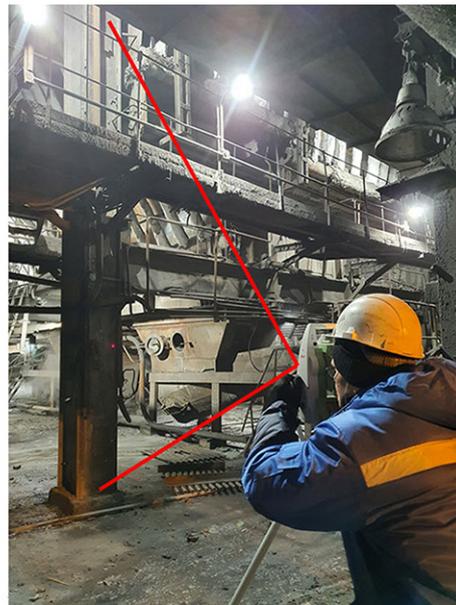
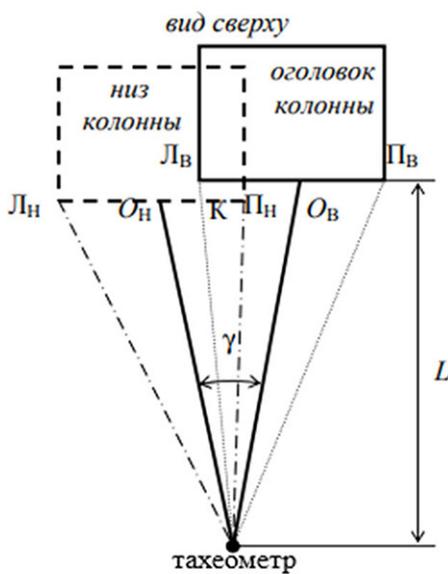


Рисунок 3 – Геодезическое определение вертикальности колонн координатным способом

стемы координат перпендикулярна ряду колонн, а ось ординат параллельна направлению ряда колонн, то координата X_H оси колонны будет равна координате X_P или X_L отсчёта по рейке $П_H$ или $Л_H$. Координату Y_H можно найти, зная расстояния $ОП_H$ или $ОЛ_H$ от оси колонны до соответствующего отсчёта по рейке:

$$Y_H = Y_P - ОП_H, \text{ м}, \quad (5)$$

$$Y_H = Y_L - ОЛ_H, \text{ м}. \quad (6)$$

Во время проведения измерений были выявлены определенные трудности – видимость ко-

лон ограничена перекрытиями и ограждающими конструкциями каркаса, а также неустойчивое основание на верхних уровнях котлоагрегата. Все это не позволило проложить тахеометрический ход на верхние уровни котлоагрегата, чтобы увязать полученные данные. Тем самым было принято решение проводить обследование по уровням (рисунок 4). Поднимаясь с уровня на уровень, были измерены все колонны. В данном случае полученные данные не увязаны между собой, но это не помешало провести анализ состояния колонн на вертикальность.

Принцип анализа колонн по уровням заклю-

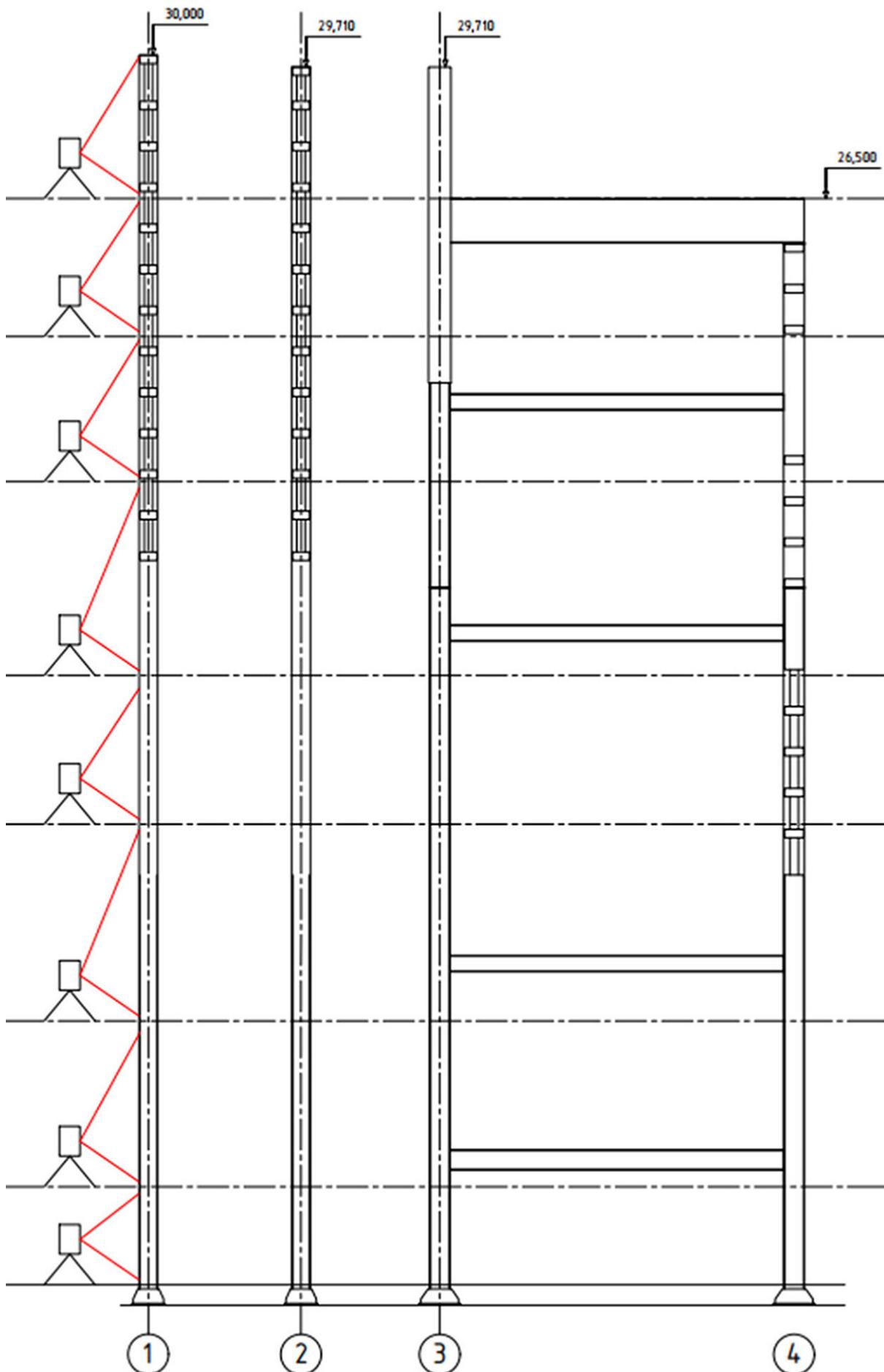


Рисунок 4 – Выверка вертикальности колонн по уровням

чался в следующем. Если колонна имеет крен по определенным осям, то это будет отражено на каждом участке колонны. Крен определенного участка высчитывается по формулам 3 и 4, и таким образом определяется крен по всем уровням каркаса котлоагрегата. Величина крена участка прямо пропорциональна крену всей колонны и высчитывается по следующей формуле:

$$K_x = \sum_{i=1}^n K_i, \text{ мм}, \quad (7)$$

$$K_y = \sum_{i=1}^n K_i, \text{ мм}, \quad (8)$$

где K_i – величина крена по уровням, мм.

Результаты

После проведения геодезических измерений следует этап камеральной обработки и анализа полученных результатов. Все построения и расчеты производятся в ПО AutoCAD Civil 3D и Leica Infinity.

Согласно формулам 1 и 2, были рассчитаны абсолютные величины стрелы прогиба и относительные прогибы балок всего каркаса котлоагрегата № 5. По полученным результатам был про-

веден анализ деформирования балок, который показал, что величина прогиба больше у балок, имеющих наибольшую длину. Эти же балки, согласно таблице (пункт 1), имеют величину деформаций больше, относительно предельных отклонений, регламентируемых в [1].

Касательно расчета и анализа данных выверки колонн по вертикали – это заняло гораздо больше времени, так как необходимо было рассчитать крен колонн по уровням. По данной методике было проанализировано 12 колонн. На каждом уровне локальный крен абсолютно точно совпал с направлением крена на последующих уровнях. Это говорит о том, что в условиях, недоступных для обзора всей конструкции сооружения, отсутствия возможности создания опорной сети для обследования, возможно принять данный метод геодезических измерений. Если говорить о абсолютной величине крена колонн, то обследование показало, что 11 из 12 колонн превышают предельное значение крена колонн (таблица, пункт 2) [1]. Эти колонны деформированы в ходе эксплуатации сооружения, и для предотвращения аварийных ситуаций необходимо проводить соответствующие мероприятия.

Предельные значения положения металлоконструкций каркаса котлоагрегата		
№	Параметры	Предельное значение, мм
1	Стрела прогиба (кривизна) между точками закрепления сжатых участков балки	0,0013 длины измеренного участка, но не более 15
2	Отклонение осей колонн от вертикали в верхнем сечении при длине колонн, мм:	
	св. 4000 до 8000	10
	св. 8000 до 16000	12
	св. 16000 до 25000	15
	св. 25000 до 40000	20

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП РК 5.03-107-2013 «Несущие и ограждающие конструкции». – Астана, 2013. – 321 с.
2. ГОСТ 26433.1-89 «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления». – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 18 с.
3. Бикташев М.Д. Башенные сооружения. Геодезический анализ осадки, крена и общей устойчивости положения: учеб. пособие для студентов. – М.: Изд-во АСВ, 2006. – 376 с.
4. Хмырова Е.Н., Нагибин А.А., Ханнанов Р.Р. Наблюдения за деформациями сооружений: учебное пособие. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. – 99 с.
5. Марфенко С.В. Геодезические работы по наблюдению за деформациями сооружений: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУГиК, 2004. – 35 с.
6. Уставич Г.А. Определение крена сооружений башенного типа GPS-приемниками и тахеометрами // Геодезия и картография. – 2003. – № 9. – С. 15-18.

Шектеулі көріну жағдайында қазандық агрегатының қаңқасын геодезиялық зерттеу¹***ХАННАНОВ Рустем Рашитұлы**, аға оқытушы, khannanov_rustem@mail.ru,¹**МИХНЕВ Андрей Васильевич**, оқытушы, andmihnev@mail.ru,¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. «Топар басты тарату қуат стансасы» ЖШС қазандық цехының № 5 қазандық агрегатының қаңқасын геодезиялық зерттеу әдістемесі қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – №5 қазандық агрегаты қаңқасының көтергіш конструкцияларының геометриялық параметрлерін анықтау. Жұмыстарды жүргізу кезінде мамандар белгілі бір қиындықтарға тап болды-бағандардың көрінуі төбелермен және раманың қоршау конструкцияларымен, сондай-ақ қазандық агрегатының жоғарғы деңгейлеріндегі тұрақсыз негізбен шектеледі. Геодезиялық зерттеу барысында бағандардың вертикальдылығын жергілікті деңгейде тексеру туралы шешім қабылданды. Нәтижелер бойынша бағандар қисаюының әрбір мәні деңгейлер бойынша, бағыт бойынша да, оның мәні бағанның зерттелетін деңгейінің биіктігіне тура пропорционал екені анықталды.

Кілт сөздер: қазандық агрегаты, геодезиялық зерттеу, орама, иілу, арқалық, баған, координаталық әдіс, колонналардың вертикальдылығын тексеру, электрондық тахеометр, конструкциялардың геометриялық параметрлері, координаттардың шартты жүйесі.

Geodetic Survey of the Boiler Frame in Conditions of Limited Visibility¹***KHANNANOV Rustem**, Senior Lecturer, khannanov_rustem@mail.ru,¹**MIKHNEV Andrej**, Teacher, andmihnev@mail.ru,¹NPISC «Abylqas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*corresponding author.

Abstract. The method of geodetic survey of the frame of boiler unit No. 5 of the boiler shop of LLP «Main distribution power station Topar» is considered. The purpose of the survey is to determine the geometric parameters of the load-bearing structures of the boiler unit No. 5 frame. During the work, the specialists encountered certain difficulties – the visibility of the columns is limited by the ceilings and enclosing structures of the frame, as well as an unstable base on the upper levels of the boiler unit. During the geodetic survey, it was decided to verify the verticality of the columns locally by levels. According to the results, it was revealed that each value of the roll of the columns by levels coincides both in direction and its value is directly proportional to the height of the examined level of the column.

Keywords: boiler unit, geodetic survey, roll, deflection, beam, column, coordinate method, vertical alignment of columns, electronic total station, geometric parameters of structures, conditional coordinate system.

REFERENCES

1. SP RK 5.03-107-2013 «Nesushchiye i ograzhdayushchiye konstruksii». – Astana, 2013. – 321 p.
2. GOST 26433.1-89 «Sistema obespecheniya tochnosti geometricheskikh parametrov v stroitel'stve. Pravila vypolneniya izmereniy. Elementy zavodskogo izgotovleniya». – Moscow: IPK Publ. standartov, 2003. – 18 p.
3. Biktashev M.D. Bashennyye sooruzheniya. Geodezicheskiy analiz osadki, krena i obshchey ustoychivosti polozheniya: ucheb. posobiye dlya studentov. – Moscow: Publ. ASV, 2006. – 376 p.
4. Khmyrova Ye.N., Nagibin A.A., Khannanov R.R. Nablyudeniya za deformatsiyami sooruzheniy: uchebnoye posobiye. – Karaganda: Publ. KarGTU, 2018. – 99 p.
5. Marfenko S.V. Geodezicheskiye raboty po nablyudeniyu za deformatsiyami sooruzheniy: ucheb. posobiye. – Moscow: Publ. MGUGiK, 2004. – 35 p.
6. Ustavich G.A. Opredeleniye krena sooruzheniy bashennogo tipa GPS-priyemnikami i takheometrami // Geodeziya i kartografiya. – 2003. – No. 9. – Pp. 15-18.