

EDN: EQKQJ1

УДК 528.48

**П. И. СОЛОВЕЙ, А. Н. ПЕРЕВАРЮХА, А. А. БЕЛОВА**ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

## **ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛОНН И ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ МОСТОВЫХ КРАНОВ**

**Аннотация.** В статье приведена методика комплексного геодезического мониторинга геометрических параметров подкрановых путей, в том числе крена колонн в сложных условиях эксплуатации промышленных предприятий. Установлено, что деформационный процесс в единой взаимозависимой системе «колонны – балки – подкрановые пути – краны – фермы» требует проведения комплексного геодезического мониторинга геометрических параметров всех элементов системы. Это позволит заблаговременно выявить недопустимые оседания и крены колонн, смещения балок, плановые и высотные деформации подкрановых путей, горизонтальные и вертикальные перекосы ходовых колес кранов и принять меры по предупреждению возможных разрушений путем своевременного ремонта каждого элемента системы. Приведены формулы вычисления продольных и поперечных кренов колонн, расстояний между осями рельсов, эксцентриситетов рельса и балки, а также отклонений рельсов от прямой линии.

**Ключевые слова:** подкрановые пути, колонны, геометрические параметры, комплексный мониторинг.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Высокая эффективность работы промышленных предприятий во-многом зависит от нормальной и бесперебойной работы внутрицехового транспорта и в первую очередь от состояния подкрановых путей мостовых электрических кранов. Технологический процесс современных металлургических, машиностроительных, авиастроительных, судостроительных и других заводов, а также других промышленных предприятий неразрывно связан с работой мостовых кранов, преимущество которых состоит в том, что они позволяют обслуживать почти весь цех, обеспечивая перемещение всех грузов в любом направлении.

Различные возмущающие факторы (неравномерная осадка фундаментов, крен колонн, смещение балок, температурные деформации и другие) нарушают геометрические параметры подкрановых путей и кранов. В результате этого возникает сужение или уширение колеи, преждевременный износ рельсов, перекося ходовых колес кранов, что требует остановки технологического процесса цеха для выполнения незапланированного ремонта по замене рельсов и ходовых колес кранов.

Учитывая важность подкрановых путей и кранов в технологическом процессе промышленных предприятий выполняют регулярный геодезический мониторинг геометрических параметров колонн, балок, подкрановых путей и кранов с целью обнаружения недопустимых деформаций и принятия мер по предупреждению возможных аварий. Поэтому разработка новых эффективных методов геодезического контроля геометрических параметров подкрановых путей и кранов является актуальной задачей.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

В советское время накоплен большой опыт проведения мониторинга геометрических параметров подкрановых путей мостовых электрических кранов. Одной из первых работ, посвященных геодезическим работам при строительстве и эксплуатации подкрановых путей, была монография советских ученых В. Н. Ганышина и И. М. Репалова [1].

© П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, А. А. Белова, 2023



Затем появились обширные работы, написанные Н. Е. Ламбиным [5], Е. В. Гороховым [2], Г. А. Шеховцовым [6] и др. авторами.

В последнее время с появлением безотражательных тахеометров, лазерных сканеров и других современных геодезических приборов появились исследования, посвященные частичной или полной автоматизации геодезического мониторинга геометрических параметров подкрановых путей, находящихся в сложных условиях эксплуатации. Среди таких исследований можно отметить работу А. В. Живогляда [3].

К сожалению такие разработки не нашли широкого применения на производстве из-за их дороговизны и сложности в наладке в условиях эксплуатации, поэтому разработка новых и совершенствование существующих методов геодезического мониторинга геометрических параметров подкрановых путей является актуальной.

## ЦЕЛИ

Разработать методику геодезического мониторинга геометрических параметров подкрановых путей и колонн в сложных условиях промышленных предприятий.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Подкрановые пути, балки, колонны, краны, фермы промышленных предприятий представляют собой единую взаимосвязанную систему. Нарушение геометрических параметров любого из элементов системы может привести к статическим или динамическим деформациям других элементов системы.

Рассмотрим более детально деформационный процесс системы «подкрановые пути – балки – колонны – краны – фермы».

Под воздействием неравномерных осадок оснований фундаментов возникают крены колонн. В условиях Донбасса наибольшее влияние на деформации колонн оказывают разработки угольных пластов, которые приводят к значительным деформациям земной поверхности и расположенных на ней фундаментов. Особую опасность при разработке крутопадающих пластов представляют собой деформации земной поверхности в виде уступов, достигающих несколько десятков сантиметров. Уступы, проходящие через здания или сооружения, вызывают появление недопустимых кренов колонн, возникновению трещин, а иногда к разрушениям.

Деформации колонн приводят к деформациям подкрановых балок, которые в свою очередь приводят к значительным плановым и высотным деформациям подкрановых путей. Нарушение геометрических параметров подкрановых путей приводит к преждевременному износу реборд ходовых колес кранов и рельсов, что требует остановки технологического процесса для их замены.

Силовые воздействия кранов приводят к значительным деформациям рельсов, что также приводит к износу рельсов и перекосам ходовых колес, что требует их ремонта.

Неравномерный солнечный нагрев металлических стен и кровли вызывает значительные температурные деформации колонн, которые изменяют геометрические параметры подкрановых балок и рельсов, что отрицательно влияет на геометрические параметры подкрановых путей и кранов.

Таким образом для предупреждения возникновения недопустимых деформаций подкрановых путей и кранов необходимо проведение комплексного мониторинга геометрических параметров всех элементов системы «колонны – подкрановые балки – подкрановые пути – краны – фермы».

Рассмотрим методику комплексного мониторинга планово-высотных параметров подкрановых путей и крена колонн в условиях промышленного цеха, насыщенного крупногабаритным технологическим оборудованием. Для перемещения технического персонала в цехе использованы узкие проходы вдоль рядов  $MN$  и  $FG$  колонн (рисунок), а также проходы вдоль поперечных осей 1 и  $n$  в начале и в конце цеха.

На полу цеха разбивают прямоугольник  $ADCD$  (рисунок, а) таким образом, чтобы длинные стороны были параллельны продольным осям колонн и по возможности на минимальном расстоянии от них. Измеряют расстояния  $L = AD = BC$ .

Устанавливают электронный безотражательный тахеометр в точке  $A$ , визируют зрительную трубу на точку  $D$  и способом наклонного проектирования на уровне подкрановых рельсов закрепляют точку  $F$  на минимальном расстоянии от ряда колонн.

Визируют на точку  $B$  и измеряют безотражательно расстояния  $S_1, S_2, \dots, S_3, \dots, S_n$  до поверхности колонн, для чего используют выдвижную пластину 1 (рисунок, а).

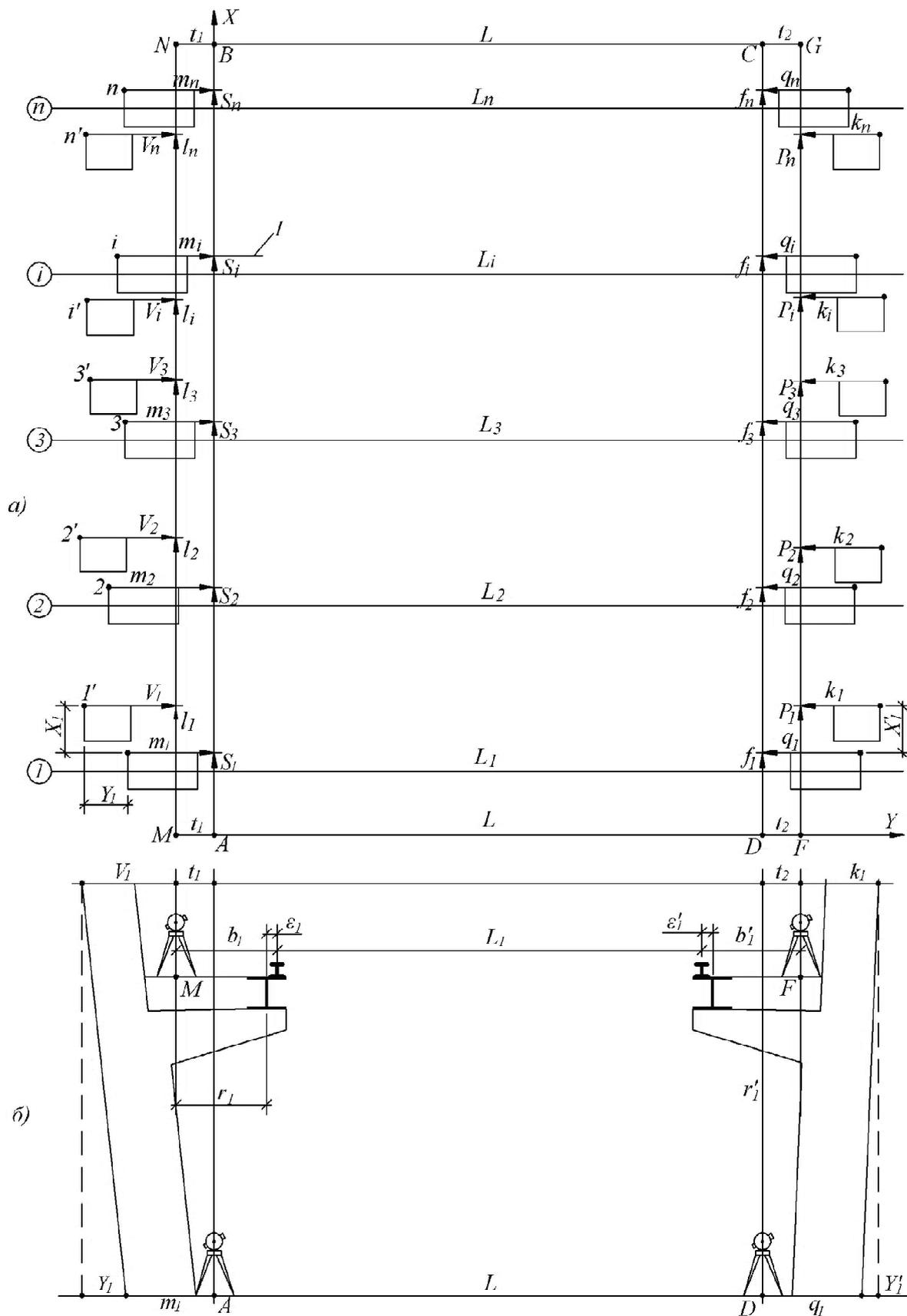


Рисунок – Положение колонн промышленного цеха (а) и на профиле (б).

Одновременно способом бокового нивелирования производят отсчеты  $m_1, m_2, m_3, \dots, m_i, \dots, m_n$  по нивелирной горизонтальной рейке, ноль которой прижимают к ребрам колонн в точках 1, 2, 3, ...,  $i$ , ...,  $n$ .

Устанавливают тахеометр в точке  $D$ , визируют на точку  $A$  и наклонным проектированием выносят точку  $M$  на уровень подкрановых путей таким образом, чтобы она расположилась на минимальном расстоянии от ряда колонн. Затем визируют на точку  $C$  и измеряют расстояния  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_i, \dots, f_n$ , а также берут отсчеты  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_i, \dots, q_n$  по нивелирной горизонтальной рейке, прикладываемой нулем к ребрам колонн.

После этого наклонным проектированием из точек  $B$  и  $C$  выносят на уровень подкрановых путей точки  $G$  и  $N$ . При этом расстояния  $t_1 = AM$  и  $t_1 = BN$  должны быть одинаковыми. Кроме этого расстояния  $t_2 = DF$  и  $t_2 = CG$  также должны быть одинаковыми. Эти требования легко достигают с применением электронного безотражательного тахеометра.

Вынесенный на уровень подкрановых путей прямоугольник  $MNGF$  будет подобным прямоугольнику  $ABCD$ , вынесенному на полу цеха. Стороны прямоугольников будут параллельны.

Электронный тахеометр переносят в точку  $M$  и от оптического створа  $MN$  измеряют отрезки  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_i, \dots, l_n$  и боковым нивелированием определяют расстояния  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_i, \dots, V_n$ .

Затем тахеометр устанавливают в точке  $F$  и от оптического створа  $FG$  измеряют  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_i, \dots, P_n$  и боковым нивелированием определяют расстояния  $k_1, k_2, k_3, \dots, k_i, \dots, k_n$ .

На этом измерения с применением электронного тахеометра заканчивают и вычисляют крены колонн и основные плановые параметры (ширина колеи, эксцентриситет рельса и балки, а также отклонения рельсов от прямой линии) подкрановых путей.

Продольные и поперечные крены колонн по ряду  $MN$  вычисляют по формулам соответственно:

$$\left. \begin{aligned} X_i &= S_i - l_i; \\ Y_i &= V_i + t_1 - m_i. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Продольные и поперечные крены колонн по ряду  $FG$  вычисляют из выражений:

$$\left. \begin{aligned} X'_i &= f_i - P_i; \\ Y'_i &= k_i + t_2 - q_i. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Расстояния между осями рельсов (ширина колеи) вычисляют по формуле:

$$L_i = L + t_1 + t_2 - (b_i + b'_i), \quad (3)$$

где  $L = AD = BC$  – расстояния, измеренные электронным тахеометром на полу цеха;  
 $b_i$  и  $b'_i$  – расстояния от створов  $MN$  и  $FG$  до оси рельса в каждом поперечном сечении, измеряемые боковым нивелированием.

Вычисляют эксцентриситет рельса и балки по рядам  $MN$  и  $FG$  в каждом поперечном сечении по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_i &= b_i - r_i; \\ \varepsilon'_i &= b'_i - r'_i. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где  $r_i$  и  $r'_i$  – расстояния от створов  $MN$  и  $FG$  до оси балки, измеряемые боковым нивелированием в каждом поперечном сечении.

Прямолинейность рельсовых путей вычисляют по отклонениям оси рельса от створов и из выражений:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_i &= b_l - b_i; \\ \Delta'_i &= b'_l - b'_i. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где  $b_l$  и  $b'_l$  – расстояния  $b_i$  и  $b'_i$  измеряют боковым нивелированием [4].

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Предложенная методика позволяет определять крены колонн и геометрические параметры подкрановых путей мостовых кранов, расположенных в сложных условиях эксплуатации. Для получения полной информации о состоянии единой взаимосвязанной системы «колонны – балки – подкрановые пути – краны – фермы» необходим комплексный мониторинг геометрических параметров каждого элемента системы. Это позволит оперативно принимать меры по своевременной замене рельсов и ходовых колес, устранению возможных перекосов колес и разработки проекта рихтовки подкрановых путей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганьшин, В. Н. Геодезические работы при строительстве и эксплуатации подкрановых путей : монография / В. Н. Ганьшин, И. М. Репалов. – Москва : Недра, 1980. – 120 с. – Текст : непосредственный.
2. Горохов, Е. В. Методы и средства измерений при строительстве и эксплуатации подкрановых путей : монография / Е. В. Горохов, Н. Е. Ламбин, В. Н. Ламбин. – Макеевка : Графити, 1977. – 234 с. – Текст : непосредственный.
3. Живогляд, А. В. Разработка методов дистанционного геодезического мониторинга технологических направляющих с использованием электронных технологий : специальность : 05.24.01 «Геодезия, фотограмметрия и картография» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Живогляд Артур Васильевич ; Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. – Макеевка, 2012. – 18 с. – Место защиты : Киевский национальный университет строительства и архитектуры. – Текст : непосредственный.
4. Инженерная геодезия : учебное пособие / М. И. Лобов, П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, А. С. Чирва. – Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 2019. – 200 с. – Текст : непосредственный.
5. Ламбин, Н. Е. Геодезические работы при монтаже и эксплуатации подкрановых путей : учебное пособие / Н. Е. Ламбин. – Макеевка : МакКИСИ, 1993. – 187 с. – Текст : непосредственный.
6. Шеховцов, Г. А. Современные методы геодезического контроля ходовой части и путей мостовых кранов : монография / Г. А. Шеховцов. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 1999. – 164 с. – Текст : непосредственный.

Получена 01.11.2023

Принята 24.11.2023

PAVEL SOLOVEJ, ANATOLY PEREVARJUHA, ALINA BELOVA  
 FEATURES OF GEODETIC MONITORING OF DEFORMATIONS OF HIGH-RISE STRUCTURES UNDER TEST CONDITIONS  
 FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation, Makeevka

**Abstract.** The article presents a methodology for complex geodetic monitoring of the geometric parameters of crane tracks, including the tilt of columns in difficult operating conditions of industrial enterprises. It has been established that the deformation process in a single interdependent system «columns – beams – crane tracks – cranes – trusses» requires comprehensive geodetic monitoring of the geometric parameters of all elements of the system. This will allow early identification of unacceptable subsidence and tilting of columns, displacement of beams, horizontal and vertical deformations of crane tracks, horizontal and vertical distortions of crane running wheels and take measures to prevent possible damage through timely repair of each element of the system. Formulas are given for calculating the longitudinal and transverse rolls of columns, the distances between the axes of the rails, the eccentricities of the rail and beam, as well as the deviations of the rails from a straight line.

**Keywords:** crane tracks, columns, geometric parameters, comprehensive monitoring.

**Соловей Павел Илларионович** – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций высотных зданий и сооружений.

**Переварюха Анатолий Николаевич** – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой инженерной геодезии ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций колеблющихся и вращающихся объектов.

**Белова Алина Александровна** – старший преподаватель кафедры инженерной геодезии ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: геодезический мониторинг металлических высотных сооружений башенного типа.

**Solovej Pavel** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Geodesy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: research of static and dynamic deformations of high-rise buildings.

**Perevarjuha Anatoly** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Head of the Engineering Geodesy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: research of static and dynamic deformations of varying and rotating objects.

**Belova Alina** – Senior Lecturer, Engineering Geodesy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: geodetic monitoring of metal high-rise tower-type structures.