

УДК 528.482

*Б.К. АБРАМОВ, Н.Е. КОСТОМАРОВ, Л.Г. КАЛЕНТЬЕВА*

Абрамов Борис Константинович родился в 1939 г., окончил в 1966 г. Свердловский горный институт, кандидат технических наук, доцент кафедры транспорта леса Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 44 печатные работы по инженерной геодезии.



Костомаров Николай Ефремович родился в 1933 г., окончил в 1955 г. Ленинградский горный институт, кандидат технических наук, доцент кафедры транспорта леса Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет около 60 печатных работ по инженерной геодезии.



Калентьева Лидия Гергардовна родилась в 1953 г., окончила в 1977 г. Свердловский горный институт, старший преподаватель кафедры транспорта леса Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 14 печатных работ по инженерной геодезии.



### **ОПЫТ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЗА ПОЛОЖЕНИЕМ ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ**

Приведен комплекс геодезических наблюдений за состоянием подкрановых путей на различных предприятиях, включающий определение ширины колеи, положение путей в плане и вертикальной плоскости, анализ факторов, влияющих на деформирование рельсовых путей.

The package of geodetic studies into the reach of crane tracks' position at different enterprises including determination of gage width, position of rail tracks in a plane and upright position, analysis of factors having an effect on rail tracks' deformation has been presented.

Состояние подкрановых путей козловых и мостовых кранов на различных предприятиях должно отвечать определенным требованиям по их эксплуатации. В связи с этим необходим постоянный и систематический геодезический контроль их положения. Комплекс геодезических наблюдений включает в себя определение фактической ширины колеи, прямолинейности осей рельсов, их продольных и поперечных уклонов.

Допустимые отклонения этих параметров в процессе эксплуатации кранов [1, 2] невелики (табл. 1), поэтому точность геодезических измерений должна обеспечивать надежность их определения, особенно на подкрановых путях протяженностью более 400 м. Общепринятые методы такого контроля не всегда применимы.

Геодезические измерения зачастую осложнились в связи с невозможностью использовать отдельные косвенные способы (микротриангуляция, фотограмметрия, ломаный базис и т.д.) для определения ширины колеи, так как на складах пространство между колоннами или рельсовыми путями, как правило, заполнено складываемым материалом. Применение метода непосредственных измерений ширины колеи связано с большим объемом линейных измерений и остановкой кранов на длительное время.

В данных условиях для определения планового положения подкрановых путей оптимальным для мостовых и единственно возможным для козловых кранов является опробованный авторами статьи способ определения отклонений осей рельсов от двух створных линий. Прямолинейность рельсов при этом определяется не

Таблица 1

**Допустимые отклонения рельсовых крановых путей при эксплуатации**

Допуск, мм	Мостовые краны	Козловые краны
Разность отметок головок крановых рельсов:		
в одном поперечном сечении	20	15
на соседних колоннах при расстоянии между колоннами 10 м и более	20	-
на длине 10 м кранового пути	-	30
Отклонение в расстоянии между осями крановых рельсов, мм	15	12
Отклонение рельса от прямой линии ( для мостовых кранов на участке 40 м, для козловых – 30 м ), мм	20	20

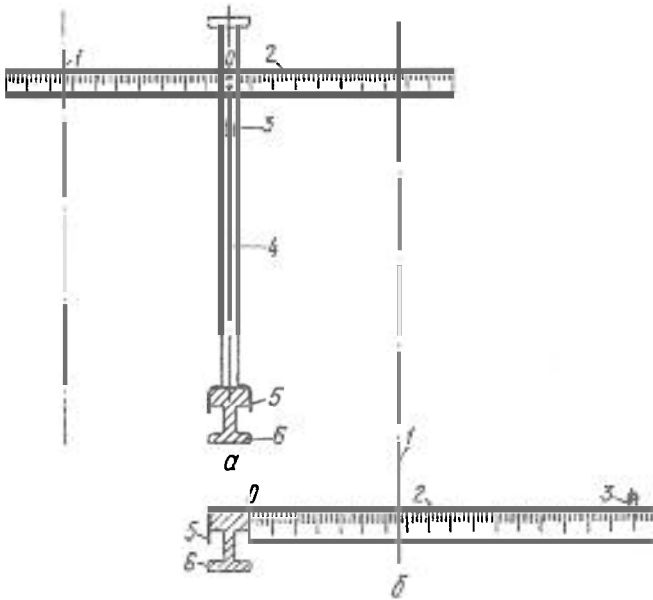
абсолютными смещениями, а отклонениями от прямой, проходящей через середину головки рельса в начале и конце исследуемого участка пути, или от параллельной ей линии. Затем, используя замеры ширины колеи в начале и конце участка пути, вычисляли расстояние между осями рельсов в нужных точках. При таком способе отпадает необходимость в закреплении постоянных створных линий и контроле за их неподвижностью [1]. Для технических целей достаточно при каждой серии измерений создавать временную геодезическую сеть на уровне рельсовых путей.

В качестве створной линии мы использовали оптический луч, проходящий в коллимационной плоскости зрительной трубы прибора. Для повышения точности створных измерений необходимо использовать приборы с большим увеличением. Этому условию, в первую очередь, отвечают специальные створные приборы – алиниометры и микротелескопы с увеличением зрительных труб соответственно  $67\times$  и  $30\times$ . Выпуск специальных створных приборов ограничен, поэтому применяли теодолиты с оптическим центрированием (ЗТ2КП, ЗТ5КП) и с увеличением  $30\times$ .

Конструкции кранов не позволяют прокладывать створ по оси рельса. Поэтому целесообразно смещать его на 30 ... 40 см у мостовых кранов и на 60 ... 70 см у козловых в сторону, где помехи от элементов конструкций опор наименьшие.

В качестве визирного сигнала первоначально использовали стойки прибора рихтовки путей (ПРП), предварительно заменив короткую заводскую рейку на нивелирную с длиной плеч по 0,5 м с обеих сторон штанги (рис. а). Однако в этом случае ошибка на неперпендикулярность штанги, устанавливаемой по круглому уровню, в полном объеме входит в ошибку створных измерений. Эта ошибка исключается в разработанной нами конструкции визирного сигнала (рис. б), в которой отрезок нивелирной рейки длиной 0,9 м опущен до уровня рельса. Пята этой рейки, устанавливаемой в горизонтальной плоскости по круглому уровню, скобой плотно прижимается к щеке головки рельса. Это позволяет более надежно брать отсчеты по рейке на расстоянии до 200 м. У козловых кранов эта длина определяется наличием коридоров в складываемых материалах, позволяющих замерить ширину колеи. На подкрановых путях протяженностью более 200 м используем независимые створы длиной по 200 м, перекрывающиеся по концам на интервалах 30 м у мостовых кранов и 20 м – у козловых. Это необходимо для определения отклонений рельсов от прямой линии на отрезках 40 м у мостовых кранов и 30 м – у козловых, что соответствует требованиям правил их эксплуатации [2].

Временный оптический створ закрепляют следующим образом. На трапе передвижения людей или на поверхности земли в начале рельсового пути или 200-метрового интервала устанавливают в рабочее положение теодолит на рекомендуемых расстояниях от головки рельса. Под теодолитом на рельсе крепят рейку, по которой с помощью



Конструкция створных сигналов-реек: *a* – на базе стойки ПРП; *б* – предложенная авторами; *1* – возможные положения створов; *2* – рейка; *3* – круглый уровень; *4* – стойка ПРП; *5* – упругая скоба; *б* – рельс

оптического центрира берут отсчет, соответствующий расстоянию от вертикальной оси вращения теодолита до щеки головки рельса. Затем визирный сигнал (рейку) переносят и устанавливают на рельсе в конец створа, трубу теодолита наводят на тот же отсчет и в таком положении закрепляют. В целях контроля за неизменностью положения оптического створа в конце участка целесообразно устанавливать экран, на котором отмечают конечную точку створа.

Визирный сигнал последовательно размещают на головке рельса над каждой колонкой, а на наземных подкрановых путях – через 10 м. По рейке сигнала берут отсчеты с помощью зрительной трубы теодолита, закрепленной в направлении створа.

Отклонения оси рельса в любых его точках от прямой, проходящей через центры рельса в начале и конце пути (или 200-метрового интервала), определяют вычитая из отсчета по рейке в начальной точке отсчеты во всех остальных точках при створах, расположенных снаружи и, наоборот, из отсчетов в промежуточных точках отсчет в начальной точке при створе, расположенном внутри подкрановых путей. Если отклонение приводит к уширению колеи, оно считается положительным, к сужению – отрицательным. После этого легко определить недопустимые отклонения оси рельса от прямой линии в зависимости от типа крана на любом 30-40-метровом интервале пути, в том числе и на

сопряжении створов. Аналогично разбивают створ вдоль второго рельса. Находят отклонения оси второго рельса от прямой линии.

Положение оси рельсов в начальной и конечной точках подкранового пути (створа) определяют с помощью штангенциркуля, расстояние между осями рельсов – рулеткой. В измеренные длины вводят поправки на компарирование, провес и температуру рулетки.

Для вычисления ширины колеи во всех необходимых точках определяют ширину створа в начале ( $Ш_n$ ) и в конце ( $Ш_k$ ) подкранового пути (200-метрового интервала):

$$\begin{aligned} Ш_n &= l_n \pm a_n \pm b_n ; \\ Ш_k &= l_k \pm a_k \pm b_k , \end{aligned} \quad (1)$$

где  $l_n, l_k$  – ширина колеи в начальной и конечной точках;

$a_n, a_k$  – отсчеты по рейке в начальной и конечной точках первого рельса;

$b_n, b_k$  – то же в точках второго рельса.

Знак минус принимают в формулах, когда створ располагается между рельсами подкранового пути. Ввиду непараллельности створов ширину колеи в каждой точке ( $l_i$ ) находят по формуле

$$l_i = Ш_n - \frac{Ш_n - Ш_k}{D} D_i \pm a_i \pm b_i , \quad (2)$$

где  $D$  – длина створа;

$D_i$  – расстояние от начала створа до определяемой точки;

$a_i, b_i$  – отсчеты по рейке в определяемой точке, соответственно первого и второго рельса.

Знак минус ставят для створа снаружи колеи, плюс – для створа внутри подкрановых путей.

Однако не всегда удастся создать створные линии таким образом. Например, на Нижнетагильской металлбазе на мостовых кранах № 12, 13 нет пешеходных трапов вдоль рельсов, доступ к подкрановым путям возможен только с кранов. Длина подкрановых путей 204 м. Установка теодолита непосредственно в начале рельсов исключена. Поэтому его размещают на площадке галереи в торце пути, чтобы визирный луч зрительной трубы находился в пределах рейки сигнала. Закрепляют створ и производят створные измерения во всех точках, включая начальную и конечную. В данном случае находят отклонения оси рельса от створа, не параллельного линии, проходящей через центры рельсов в начале и конце пути. Для определения прямолинейности рельса на всем его протяжении нужно отклонение в конечной точке рельса привести к нулю, а в отклонения от прямой линии в любой точке рельса ввести поправки:

$$\Delta n = \frac{n}{D} D_i , \quad (3)$$

где  $n$  – отклонение оси рельса от прямой в конечной точке.

Полученные таким образом отклонения дают общую картину прямолинейности рельса на всем его протяжении, но не на отрезках пути, что требуется правилами безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов [2].

Для определения степени прямолинейности рельса на отрезке 30 ... 40 м в зависимости от типа крана отклонения на концах рассматриваемого интервала от общей прямой необходимо привести к нулевым значениям. Для этого из отклонения оси рельса от общей прямой линии вычитают отклонение от той же прямой в начальной точке интервала. Затем во все полученные отклонения на данном интервале, кроме начального, вводят поправки, определяемые по формуле (3). При этом за  $D$  принимают длину проверяемого отрезка. Таким образом последовательно просчитывают все 30- или 40-метровые отрезки рельса. Результаты вычислений сравнивают с допустимыми значениями этих параметров [2].

Положение подкрановых рельсовых путей в вертикальной плоскости получают геометрическим нивелированием с использованием нивелиров Н-3, Н-ЗКЛ. Вертикальное положение наземных подкрановых путей определяют техническим нивелированием, а надземных – нивелированием 4-го класса. Для повышения точности целесообразно прокладывать замкнутые нивелирные ходы вдоль рельсов с последующим уравниванием, а нивелирование проводить короткими лучами до 50 м. Однако это не всегда возможно.

На Нижнетагильской металлобазе установка нивелира возможна только в торце подкрановых путей. В этом случае высоты головок рельсов вычисляют через горизонт прибора при условии взятия отсчетов по черной и красной сторонам рейки с введением поправок за неравенство лучей визирования. При проведении поверок нивелира тщательно определяют значение угла  $i$  ( между осью цилиндрического уровня и визирной осью зрительной трубы у нивелиров Н-3 или между горизонтальной плоскостью и осью зрительной трубы у нивелиров с компенсаторами). Поправку  $\Delta h_i$  находят по формуле

$$\Delta h_i = \frac{i \Delta l}{\rho''}, \quad (4)$$

где  $\Delta l$  – неравенство лучей визирования;

$\rho''$  – число секунд в радиане.

Многолетний опыт наблюдений за состоянием подкрановых путей показал, что на неизменное положение рельсов, наряду с механическим воздействием кранов, большое влияние оказывают сезонные колебания температуры. Значительному деформированию подвержены подкрановые пути в зимне-весенний период, находящиеся на участках со сложными гидрогеологическими условиями, особенно наземные пути. Наиболее сложной в этом отношении была весна 1994 г. Например, на Свердловской металлобазе № 1 даже визуальный

Таблица 2

**Результаты геодезических измерений  
на подкрановых путях крана ККС-10 Свердловской металлбазы № 1**

Номер пикета	Ширина колеи, м		Высота головки рельса относительно опорного репера, м			
			северного		южного	
	19.04.94	20.08.94	19.04.94	20.08.94	19.04.94	20.08.94
0	19,990	19,995	10,000	10,000	9,974	10,009
1	19,996	19,979	9,993	9,988	9,980	9,995
2	20,001	19,980	10,006	9,971	9,995	9,991
3	20,004	19,995	10,055	9,976	9,997	9,992
4	20,012	19,994	10,097	9,996	10,087	9,998
5	20,009	19,997	10,032	9,980	9,991	9,996
6	20,003	19,998	10,040	9,988	9,978	10,002
7	20,003	20,008	10,034	9,991	9,973	10,003
8	20,002	20,013	10,023	9,992	10,001	9,985
9	20,000	20,005	10,073	9,983	10,017	9,991
9 + 8,5 м	20,016	20,012	10,059	9,999	9,995	10,008

осмотр рельсов, проведенный 19 апреля, показал, что они на отдельных участках вспучены и искривлены. Результаты инструментальных наблюдений приведены в табл. 2. После полного оттаивания грунтов положение намного улучшилось, о чем свидетельствует летняя серия измерений (20 августа).

Исходя из сказанного, мы пришли к заключению, что геодезический контроль за состоянием подкрановых путей целесообразно проводить в летний период – после полного оттаивания грунта и до его замерзания. К этому периоду следует приурочивать и ремонт путей. В период замерзания и оттаивания грунтов геодезический контроль за подкрановыми путями неэффективен, так как рихтовка путей зимой невозможна, а весной нежелательна ввиду того, что с наступлением теплого времени положение рельсов стабилизируется. В этот период достаточно ограничиваться визуальными осмотрами подкранового пути.

Изложенный опыт геодезического контроля будет интересен для специалистов данного профиля и может быть ими использован в условиях, аналогичных описанным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гальшин В.Н., Репалов В.Н. Геодезические работы при строительстве и эксплуатации подкрановых путей. - М.: Недра, 1980. - 123 с.  
[2]. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. - М.: Металлургия, 1982. - 232 с.