

J. KRENIDA, E. KOSTYUKEVICH  
Donetsk State Technical University

## МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ НАСЫПИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА, РАСПОЛОЖЕННОГО В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

## THE METHOD OF DEFORMATION'S MEASUREMENT OF RAILWAY EARTH LINE'S LOCATED IN THE ZONE OF UNDERGROUND WORKINGS' INFLUENCE

**Summary.** Methodology of measurement of railway subgrade deformation within a zone of underground work effect is presented in the paper. Laminar method of determining the deformations was suggested by measuring the lower and upper surface of a layer, distinguishing embankment substrate, zones of mutual interaction as well as layers. Measurement accuracy obtained should be sufficient to determine horizontal and vertical deformations.

## METODYKA POMIARU ODKSZTAŁCEŃ NASYPU KOLEJOWEGO ZLOKALIZOWANEGO W STREFIE WPLYWU ROBÓT PODZIEMNYCH

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono metodykę pomiaru odkształceń torowiska kolejowego w strefie wpływu robót podziemnych. Zaproponowano warstwowe określenie odkształceń poprzez pomiar dolnej i górnej płaszczyzny warstwy z wyróżnieniem podłoża nasypu, strefy wzajemnego oddziaływania oraz warstw. Uzyskana dokładność pomiaru powinna być wystarczająca do określenia odkształceń poziomych i pionowych.

Состояние основания верхнего строения железнодорожного полотна оказывает непосредственное влияние на безопасность и бесперебойность движения поездов и требует непрерывного внимания службы пути. Особенное внимание уделяется насыпям на подрабатываемых территориях, поскольку они возведены над водотоками и подвержены непрерывному изменению естественного круговорота воды и вредному влиянию горных выработок. Сдвигание основания, вызванное подземными горными выработками, приводит не только к изменению заданных уклонов пути, но и к деформации насыпи и, следовательно к изменению ее состояния.

Вопросы изменения состояния насыпи при подработке практически не изучены. В большинстве литературных источников рассматриваются напряженно-деформированное состояние рельсо-шпальной решетки, с которой естественно увязывается безопасная эксплуатация дороги. Однако, как известно, нагрузка на рельсо-шпальную решетку обусловлена деформациями основания полотна, которые трансформируются через насышь и балластный слой. Упоминание [6] о том, что оседание верхнего строения пути происходит также как его основания, обосновано только в первом приближении. Поэтому вопросы изучения взаимосвязи напряженно-деформированного состояния основания и верхнего строения пути железнодорожного полотна является важной научной задачей, а поддержание его нормального состояния при эксплуатации – важной народно-хозяйственной задачей.

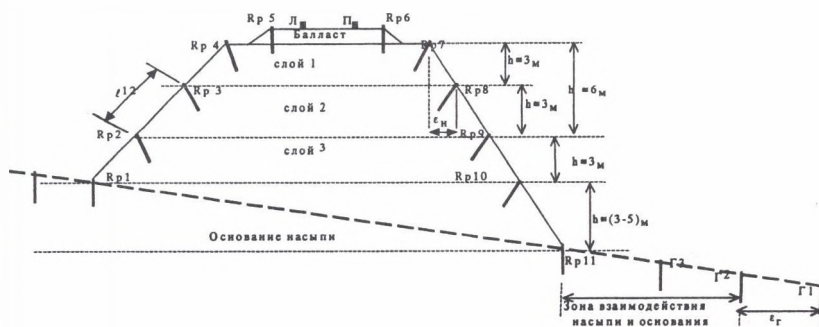
Поскольку вопрос взаимосвязи слабо изучен, то теоретические исследования представляются малоэффективными и основным методом изучения целесообразно полагать экспериментальный.

Методика экспериментального изучения взаимосвязи напряженно-деформированного состояния подрабатываемых оснований и сооружений разработана в общих чертах. Ее содержание состоит в измерении напряжений и деформаций подрабатываемых основания и сооружения. В этой связи разработка конкретной методики измерений деформации насыпи железнодорожного полотна представляет особый интерес.

В соответствии с нормативными документами [1] основным критерием возможности извлечения запасов угля под железными дорогами является безопасная глубина. При этом должен выполняться ряд условий, одним из которых являются наблюдения за железнодорожными путями [2], заключающиеся в нивелировании пути и определении его профиля по головкам рельсов (через 10-20 м), проверки состояния стыковых скреплений, определении приближений подвижного состава к строениям (проверки нарушения габарита приближения строений). Выполнение этих условий создало значительную базу результатов нивелирования. Однако для изучения взаимосвязи напряженно-деформационного состояния основания и пути этого не достаточно, так как на полотно воздействуют не только вертикальные, но и горизонтальные сдвиги и деформации, которые направлены как вдоль, так и поперек оси пути.

Что касается продольных сдвигов и деформаций, то желательно дополнить наблюдения за оседаниями рельсо-шпальной решетки измерениями горизонтальных деформаций. При этом целесообразно согласовать длины измеряемых продольных интервалов с поперечными.

В поперечном направлении в зависимости от высоты насыпи откосы имеют различную крутизну (различные уклоны). Высота этих слоёв кратна трём метрам, что обуславливает необходимость изучения деформаций отдельных слоёв насыпи высотой кратной 3 метрам. Поэтому закладку рабочих реперов на насыпи целесообразно осуществлять примерно через 3 метра по высоте (рисунок 1).



Rp1-Rp11 - Грунтовые реперы на поверхности насыпи, Г1- Г5 - Грунтовые реперы в основании насыпи,  $\epsilon_n, \epsilon_g$  - горизонтальные деформации соответственно насыпи и грунта, Л, П - рельсовые пути.

Рисунок 1 - Схема расположения реперов на откосах насыпи

Rys. 1. Schemat rozmieszczenia reperów na skarpach nasypy

Fig. 1. Schema distributions of measuring - points on slopes of embankment

С обеих сторон за подошвой насыпи, по аналогии с зоной взаимодействия подрабатываемых оснований и зданий, целесообразно предположить зону взаимодействия основания и насыпи (реперы Г2, Г3, Рр 11). Деформации в этой зоне ожидаются переходными, а за зоной взаимодействия деформаций следует считать деформации основания насыпи (реперы Г1 и Г2).

Вертикальную составляющую вектора сдвига в общем случае можно определить несколькими методами, однако для снижения трудоемкости работ по нивелированию откосов насыпи целесообразно использовать специальную методику наклонным лучом [4].

В соответствии с этой методикой горизонтальное проложение D и превышение H определяются по известным формулам тригонометрического нивелирования.

$$D=S' \cos \delta, \quad (1)$$

$$H=S' \sin \delta + \Delta a \quad (2)$$

где  $\delta$  – угол наклона визирного луча, который должен быть постоянным для всех серий наблюдений;

$S'$  – проекция на наклонный луч визирования расстояния S, измеренного между реперами i и (i+1).

$$S'_{i,i+1} = S_{\dots,i+1} - \Delta S_1 - \Delta S_2 \quad (3)$$

$$\Delta S_1 = d \sin \delta \quad (4)$$

$$d = \Delta a_{i,i+1} - \Delta v_{i,i+1} \quad (5)$$

где  $\Delta a_{i,i+1}$  – разность отсчетов по рейке, мм;

$\Delta v_{i,i+1}$  – разность высот штативов, мм.

Поправка  $\Delta S_2$  всегда отрицательна.

$$\Delta a_{i,i+1} = a_i - a_{i+1}, \quad (6)$$

$$\Delta v_{i,i+1} = v_i - v_{i+1}, \quad (7)$$

$$\Delta S_2 = [(d \cos \delta)^2 / 2S_{i,i+1}] + [(d \cos \delta)^4 / 8S_{i,i+1}^3], \quad (8)$$

$$\Delta a_{cp} = [(a'_{ч} + a''_{ч}) + (a'_{к} + a''_{к} - p)] / 4, \quad (9)$$

где

$a'_{ч}, a''_{ч}, a'_{к}, a''_{к}$  – отсчеты по черной и красной сторонам рейки соответственно в прямом и обратном ходах;

p – отсчет, соответствующий пятке красной стороны рейки, а затем среднее значение из прямого и обратного ходов.

Как следует из приведенных выражений, точность определяемых величин зависит от точности измерений угла наклона  $\delta$ , расстояний  $S$  и отсчетов по рейке. С целью уменьшения влияния погрешностей измерений этих величин полевые наблюдения необходимо выполнять по следующей методике:

1. Перед началом измерений определяется место нуля вертикального круга.
2. Теодолит устанавливается в створе линии реперов (с точностью 5-10 см). Для этого реперы следует заложить с отклонением от створа не более 2-3 см.
3. При „круге лево” с учетом определенного места нуля откладываем выбранный угол.
4. Последовательно на каждом репере берутся отсчеты по черной и красной сторонам рейки (прямой ход). Разность в отсчетах по красной и черной сторонам с учетом их нулей не должна превышать 5-10 мм.
5. В обратном ходе при „круге право” разность в отсчетах по одноименным сторонам рейки между прямым и обратным ходами должна быть не более 15 мм.
6. Следует не допускать использования складных реек, а также уменьшать отсчеты по рейке.
7. Значительная погрешность возникает при расположении точек взятия отсчета и центра репера не на одной вертикали. Поэтому при установке репера следует использовать специальные подпорки, обеспечивающие постоянную вертикальность рейки, и не допускать отклонение рейки от вертикали более 5-10’.
8. Измерение расстояний  $S$  между реперами производить стальной компарированной рулеткой с учетом поправок за температуру и компарирование.

Автор [4] приводит данные о точности определения горизонтального проложения 2,9 мм и превышения 4,6 мм при:  $S=17$  м,  $\delta=30^\circ$ ,  $d=0,5$  м,  $m_s=2,5$  мм,  $m_a=3$  мм,  $m_v=1$  мм,  $m_\delta=7''$ . Погрешности общего горизонтального проложения и превышения составляют 2,4 -2, 5 мм при длинах линий от 240 до 310 м. Такая точность определения необходимых величин соответствует точности тригонометрического нивелирования, однако затраты времени для выполнения работ существенно ниже.

Что касается измерения горизонтальных расстояний, то следует учитывать значительные изменения температуры воздуха при измерениях над поверхностью откосов и основной площадки. Как показывает опыт измерений, деформации на

застроенных территориях [5], над асфальтовым покрытием, в тени высоких объектов, и над травяным покровом разность температур воздуха в летнее время достигает 40-50°. Учет только средней температуры приводит к существенным погрешностям измерений расстояний. Поэтому при измерениях расстояний между интервалами необходимо мерный прибор выдерживать над измеряемым интервалом несколько минут до достижения им температуры окружающего воздуха, после чего измерять температуру мерного прибора в соответствии с которой вводить поправку.

В соответствии с излагаемым следует сделать вывод. Для оценки изменения состояния насыпи её деформации следует определять послойно. В каждом слое необходимо измерять деформации верхней и нижней плоскостей слоев. При этом различать основание насыпи, зону взаимосвязи и слою. Точность измерений должна обеспечивать надежное определение горизонтальных и вертикальных деформаций, что особенно важно при современных больших глубинах ведения горных работ, при которых деформации земной поверхности составляют 0,5 – 2,0 мм/м.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – М.: Недра, 1981.
2. Инструкция по наблюдениям за движением горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях. – М.: Недра, 1989.
3. Методические указания по наблюдениям за движением горных пород и за подрабатываемыми сооружениями. – Л.: ЛИИЖТ, 1987.
4. Ю.Н. Гавриленко. О нивелировании профильных линий наклонным лучом. – „Разработка месторождений полезных ископаемых”, 1980, вып. 55, с 30-35.
5. Ю.Ф. Кренида и др. А.С. №1677496. Способ измерения деформаций объектов. Бюл. №34 от 15.09.91.
6. Ю.П. Нехорошев, М.В. Коротков. Выемка угля под магистральными железными догами. – М.: Недра, 1968. – 96 с.

Recenzent: prof. dr hab. inż., dr h. c. Bernard Drzęźła

**Abstract**

Methodology of measurement of railway subgrade deformation within an effect zone of underground work is presented in the paper (Fig.1.). Laminar method of determining the deformations was suggested by measuring the lower and upper surface of a layer, distinguishing embankment substrate, zones of mutual interaction as well as layers at 3 m level. Measurement accuracy obtained should be sufficient to determine horizontal and vertical deformations, which fact is specially important when work are driven on large depths.