

УДК 528.48

М. И. ЛОБОВ, П. И. СОЛОВЕЙ, А. Н. ПЕРЕВАРЮХА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ФУТБОЛЬНОГО ПОЛЯ С ИСКУССТВЕННЫМ ПОКРЫТИЕМ И ОБОГРЕВОМ

В статье рассмотрены вопросы проведения геодезического мониторинга футбольного поля с искусственным покрытием и обогревом. Выполнен расчет точности геодезических измерений, позволивший выбрать оптимальную методику и приборы. Дано теоретическое обоснование выбора оптимальной длины стороны квадрата геодезической сети, закрепленной на футбольном поле. Приведены результаты экспериментальных исследований влияния погрешности разбивки вершин квадратов на точность определения их высот. Представлены основные результаты геодезического мониторинга футбольного поля и выполнен их анализ.

геодезический мониторинг, футбольное поле, расчет точности, методика измерений, анализ результатов

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В последнее время значительное внимание уделяется развитию футбола как у нас в стране, так и за рубежом. Возведены современные стадионы в Донецке, Киеве, Харькове, Днепропетровске, Львове и др. на уровне мировых стандартов. Созданы тренировочные базы с комплексом футбольных полей, в том числе с искусственным покрытием, дренажом и обогревом. К созданию таких сооружений предъявляются высокие требования, особенно к соблюдению геометрических параметров покрытий футбольных полей. Поэтому дальнейшее совершенствование методики геодезического мониторинга футбольных полей на разных стадиях их создания является актуальной задачей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ предыдущих работ показал, что почти все они посвящены разработке проектов вертикальной планировки микрорайонов, промышленных и строительных площадок методами наименьших квадратов, квадратичного программирования и др. [1, 2, 3, 5 и др.]. Практически отсутствуют работы, освещающие проблемы проведения геодезического мониторинга футбольных полей с искусственным покрытием и обогревом. Анализ состояния футбольных полей в России показал, что в ряде случаев они не отвечают современным требованиям. Основными причинами неудовлетворительного состояния футбольных полей с искусственным покрытием в России являются низкое качество искусственной травы, недостаточная квалификация монтажных организаций, ошибки в проектировании, нарушение методики выполнения работ и ненадлежащий уход за футбольными полями.

ЦЕЛИ

Основной целью работы является разработка методики геодезического мониторинга футбольного поля с искусственным покрытием и обогревом для выявления недопустимых отклонений от проектных значений.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Наличие грубых ошибок в технологии выполнения геодезических и строительных работ по созданию футбольного поля с искусственным покрытием и обогревом привело к необходимости проведения его геодезического мониторинга с целью выявления недопустимых отклонений от проектных.

© М. И. Лобов, П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, 2015

Футбольное поле расположено на тренировочной базе футбольного клуба «Шахтер» в поселке Кирши, города Донецка. Поле имеет размеры 106×68 м (рис. 1). Для организованного стока дождевых и талых вод поле создано в виде 4-х скатной крыши, состоящей из двух треугольников (AFD и BCG) и двух трапеций (ABGF и DFGC). Относительные отметки бровки футбольного поля ABCD равны ±0,000 м. Гребень FG поля имеет максимальную отметку +0,288 м. Проектные уклоны оформляющих наклонных плоскостей составляют 0,008.

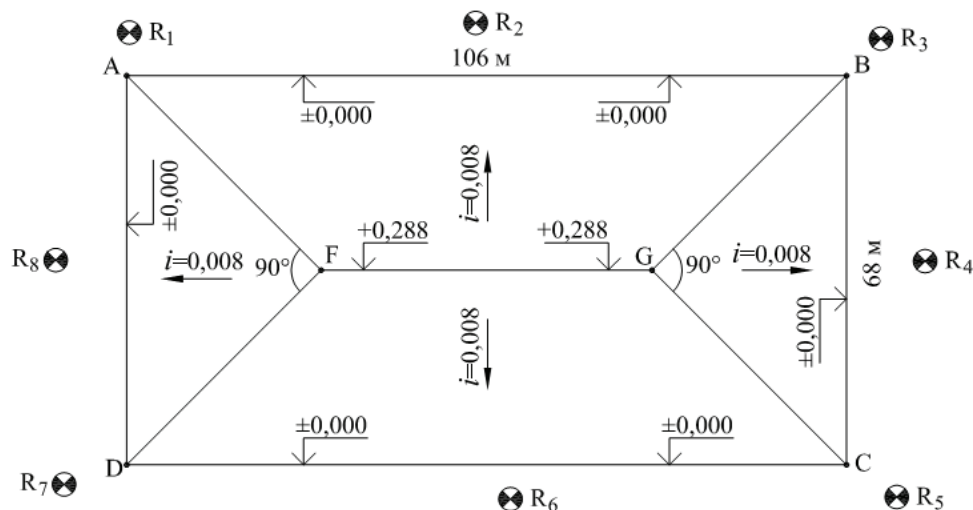


Рисунок 1 – Проектные геометрические параметры футбольного поля.

Геодезический мониторинг футбольного поля предложено выполнять относительно 8 опорных реперов $R_1 - R_8$ (рис. 2), закрепленных специальными знаками за бровкой поля. Превышения между опорными реперами измерялось высокоточным электронным нивелиром SDL-30 фирмы Sokkia (Япония) и специальной штрих-кодовой рейки по методике геометрического нивелирования II класса. Максимальное расстояние от нивелира до реек не превышало 30 м. Высоты опорных реперов вычислены в условной системе высот.

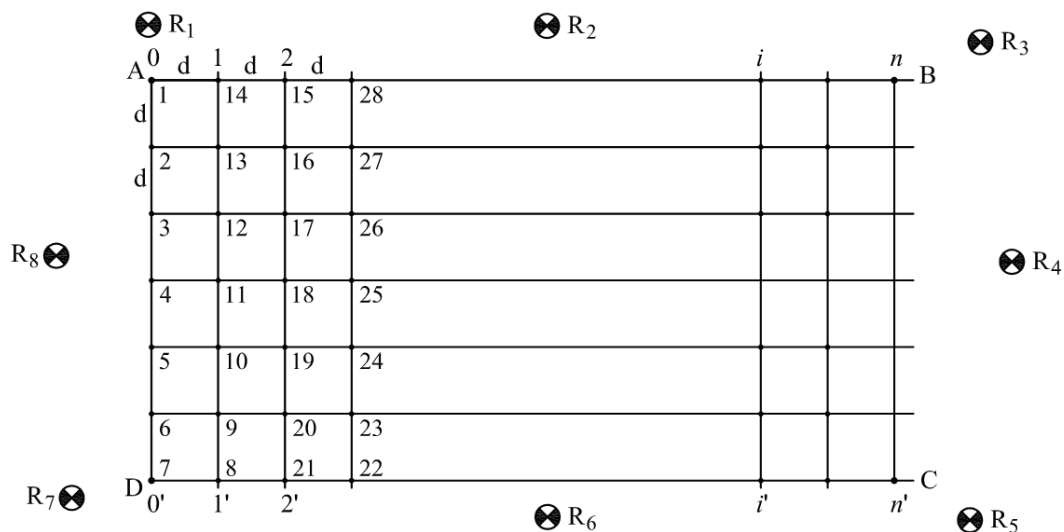


Рисунок 2 – Схема расположения опорных реперов и разбивки сетки квадратов.

Геодезический мониторинг выполнялся методом геометрического нивелирования III класса по квадратам с применением высокоточного оптического нивелира с компенсатором Ni007, фирмы Karl Zeis (ГДР). В связи с невозможностью закрепления вершин квадратов на футбольном поле предложена следующая методика геодезического мониторинга.

По бровкам футбольного поля теодолитом ЗТ5КП был разбит и закреплен прямоугольник ABCD (рис. 2). Стороны прямоугольника AB и DC через равные интервалы $d = 2$ м были закреплены гвоздями 1, 2, ..., i , ..., n и 1', 2', ..., i' , ..., n' .

Мерным тросом, размеченным через 2 м, задавались створы 0-0', 1-1', 2-2', ..., $i-i'$, ..., $n-n'$. После этого измерялись превышения между ближайшим опорным репером и вершинами квадратов, отмеченными мерным тросом через 2 м. В дальнейшем мерный трос устанавливался в следующем створе и т. д. Проведенные экспериментальные исследования показали, максимальная погрешность разбивки вершин квадратов, вызванная нестворностью троса, составила 45 мм в средней части 70-метрового створа.

Обоснованность выбора предложенных приборов и оптимальной длины стороны квадратов подтверждена расчетом точности геодезических измерений, выполненным перед мониторингом футбольного поля, и который заключался в следующем.

Пусть со станции N (рис. 3) нивелиром Ni007 измерены превышения h_B и h_C между опорным репером R и соседними вершинами B и C квадрата геодезической сетки, закрепленной на футбольном поле. Из рисунка 3 можно записать:

$$h_B = a - b, \quad (1)$$

где a и b соответственно отсчеты по рейкам на репере R и в точке B.

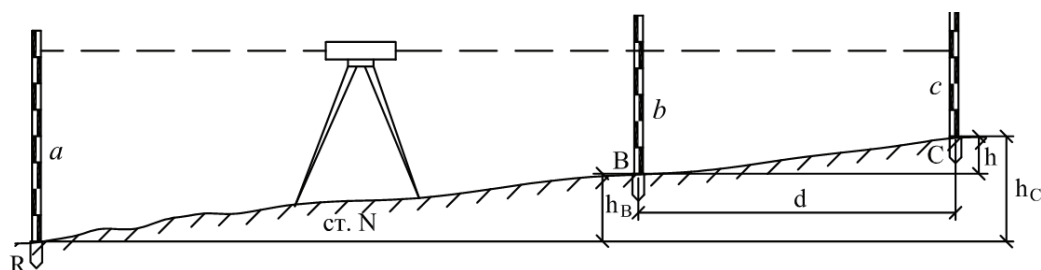


Рисунок 3 – Схема измерения превышений между опорным репером и вершинами квадрата.

Продифференцировав выражение (1) и перейдя к средним квадратическим погрешностям, получим:

$$m_{h_B}^2 = m_a^2 + m_b^2, \quad (2)$$

где m_a и m_b – средние квадратические погрешности взглядов a и b соответственно по рейкам в точках R и B.

Учитывая одинаковые условия измерений и применив принцип равных влияний, можно записать:

$$m_a = m_b = m_{\text{взг}}, \quad (3)$$

Подставив выражение (3) в (2), получим:

$$m_{h_B} = m_{\text{взг}} \cdot \sqrt{2}. \quad (4)$$

Так как превышение между соседними вершинами квадрата:

$$h = h_B - h_C, \quad (5)$$

то средняя квадратическая погрешность:

$$m_h = (m_{\text{взг}} \cdot \sqrt{2}) \cdot \sqrt{2} = 2m_{\text{взг}}. \quad (6)$$

На погрешность взгляда будут влиять следующие основные погрешности:

1. Погрешность установки визирной оси нивелира в горизонтальное положение:

$$m_y = \frac{m_k \cdot S}{\rho}, \quad (7)$$

где m_k – погрешность установки компенсатора;
 S – расстояние от нивелира до рейки;
 $\rho = 206\,265''$.

При $m_k = 0,5''$ (нивелир Ni007); $S = 40$ м:

$$m_y = \frac{0,5'' \cdot 40\,000}{206\,265''} = 0,10 \text{ мм.}$$

2. Погрешность из-за неточного отсчета на глаз доли интервала t – наименьшего деления шкалы рейки вычислим по формуле [4]:

$$m_o = 0,136 \frac{S(M)}{V} + 0,03t, \quad (8)$$

где V – увеличение зрительной трубы нивелира.

При $S = 40$ м, $V = 31$, $t = 10$ мм:

$$m_o = 0,136 \frac{40}{31} + 0,03 \cdot 10 = 0,48 \text{ мм.}$$

3. Погрешность, зависящая от разрешающей способности трубы нивелира:

$$m_m = \frac{60''}{V \cdot \rho} \cdot S. \quad (9)$$

При $V = 31$, $S = 40$ м:

$$m_m = \frac{60'' \cdot 40\,000}{31 \cdot 206\,265''} = 0,38 \text{ мм.}$$

4. Погрешность, вызванная неравенством плеч:

$$m_n = (S_3 - S_{II}) \frac{i''}{\rho''}, \quad (10)$$

где S_3 , S_{II} – расстояния от нивелира соответственно до задней и передней реек.

При $S_3 = 40$ м, $S_{II} = 25$ м, $i'' = 3''$ (из поверки нивелира):

$$m_n = (40 - 25) \frac{3''}{206\,265''} = 0,22 \text{ мм.}$$

5. Погрешность нанесения делений рейки (получена экспериментальным путем):

$$m_o = 0,30 \text{ мм.}$$

6. Погрешность, вызванная наклоном рейки, снабженной круглым уровнем:

$$m_n = \frac{b \cdot \nu^2}{2\rho^2}, \quad (11)$$

где b – максимальный отсчет по рейке;
 ν – угол наклона рейки.

При $b = 1\,500$ мм, $\nu = 1^\circ$ (получено из исследований):

$$m_n = \frac{1\,500 \cdot 1^2}{2 \cdot (57,3)^2} = 0,23 \text{ мм.}$$

Погрешность за кривизну Земли и рефракцию компенсирована методикой измерений.

С учетом перечисленных погрешностей погрешность взгляда составит:

$$m_{\text{взг}} = \sqrt{m_y^2 + m_o^2 + m_m^2 + m_n^2 + m_o^2 + m_n^2}, \quad (12)$$

а с учетом численных значений:

$$m_{\text{взг}} = \sqrt{0,10^2 + 0,48^2 + 0,38^2 + 0,22^2 + 0,30^2 + 0,23^2} = 0,68 \text{ мм,}$$

что почти соответствует погрешности нивелирования на станции при геометрическом нивелировании III класса.

Подставив $m_{\text{взг}} = 0,68$ мм в формулу (6), получим погрешность превышения между двумя соседними вершинами квадрата геодезической сетки:

$$m_h = 2m_{\text{взг}} = 2 \cdot 0,68 = 1,36 \text{ мм.} \quad (13)$$

Из рисунка 3 будем иметь:

$$h = i \cdot d. \quad (14)$$

Продифференцировав выражение (14) и, перейдя к средним квадратическим погрешностям, получим:

$$m_h^2 = (dm_i)^2 + (im_d)^2, \quad (15)$$

где m_i и m_d – погрешности задания уклонов и измерения длин сторон квадрата.

Анализ формулы (15) показывает, что второй член пренебрегаемо мал по сравнению с первым, поэтому можно записать:

$$m_h = d \cdot m_i. \quad (16)$$

Откуда:

$$d = \frac{m_h}{m_i}. \quad (17)$$

Потребуем, чтобы погрешность m_i была на порядок меньше максимального уклона оформляющих плоскостей футбольного поля, т. е. $m_i = 0,1 \cdot i = 0,1 \cdot 0,008 = 0,0008$. Тогда, с учетом $m_h = 1,36$ мм (из формулы (13)), получим:

$$d = \frac{1,36}{0,0008} = 1\,700 \text{ мм} \approx 2 \text{ м}.$$

Таким образом, чтобы надежно определять локальные неровности футбольного поля, которые, согласно проекта, не должны превышать ± 6 мм на 4 м, оптимальная длина стороны квадрата должна быть равной 2 м.

После вычисления условных отметок всех вершин квадратов составлен топографический план футбольного поля в масштабе 1:100 с сечением искусственного рельефа равным 5 мм.

Проведенные горизонталы позволили наглядно выявить недопустимые отклонения параметров во многих местах футбольного поля:

1. Максимальная относительная отметка составила +355 мм вместо проектного значения +288 мм.
2. Максимальная относительная отметка бровки футбольного поля составила +81 мм вместо проектного значения ± 00 мм.
3. На многих участках футбольного поля зафиксированы локальные неровности, значительно превышающие требования проекта (± 6 мм на 4 м).
4. На многих участках не выдержано постоянство проектного уклона 0,008. Максимальный фактический уклон составил 0,031, что в 4 раза превышает проектное значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баран, П. І. Інженерна геодезія [Текст] : Монографія / П. І. Баран. – Київ : ПАТ «ВПОЛ», 2012. – 618 с.
2. Баран, П. І. Відкриті спортивні споруди [Текст] / П. І. Баран, С. М. Дівішек. – К. : Будівельник, 1969. – 95 с.
3. Видуев, Н. Г. Геодезическое проектирование вертикальной планировки [Текст] / Н. Г. Видуев, В. П. Гржибовский. – М. : Недра, 1964. – 250 с.
4. Красовский, Ф. Н. Руководство по высшей геодезии [Текст]. Ч. 1, вып. 2 / Ф. Н. Красовский, В. В. Данилов. – М. : Ред. Бюро ГУГК, 1938. – 419 с.
5. Левчук, Г. П. Прикладная геодезия [Текст] / Г. П. Левчук, В. Е. Новак, В. Г. Конусов. – М. : Недра, 1981. – 438 с.

Получено 02.10.2015

М. І. ЛОБОВ, П. І. СОЛОВЕЙ, А. М. ПЕРЕВАРЮХА
 ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ФУТБОЛЬНОГО ПОЛЯ ЗІ ШТУЧНИМ
 ПОКРИТТЯМ І ОБІГРІВОМ
 Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглянуті питання проведення геодезичного моніторингу футбольного поля зі штучним покриттям та обігрівом. Виконано розрахунок точності геодезичних вимірювань, який дозволив вибрати оптимальну методику і прилади. Надано теоретичне обґрунтування вибору оптимальної довжини сторони квадрата геодезичної мережі, закріпленої на футбольному полі. Наведені результати

експериментальних досліджень впливу похибки розмічування вершин квадратів на точність визначення їх висот. Представлені основні результати геодезичного моніторингу футбольного поля і виконано їх аналіз.

геодезичний моніторинг, футбольне поле, розрахунок точності, методика вимірювань, аналіз результатів

MICHAIL LOBOV, PAVEL SOLOVEJ, ANATOLY PEREVARJUHA
GEODETIC MONITORING OF A FOOTBALL FIELD WITH ARTIFICIAL TURF
AND HEATED

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In the article the questions of the geodetic monitoring of a football field with artificial turf and heated have been considered. The calculation of accuracy of geodetic measurements to ensure optimum methods and instruments have been done. The theoretical rationale for the selection of optimal length of the square of the geodetic network, fixed on the football field, have been given. The results of experimental have been studies, the effect of splitting the vertices of squares error on the accuracy of their heights determining have been given. The main results of geodetic monitoring of a football field have been represented and their analysis has been carried out.

geodesic monitoring, a football field, the calculation accuracy, measurement techniques, analysis of the results

Лобов Михайло Іванович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерної геодезії Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Академік академії наук Вищої школи України з проблем будівництва. Наукові інтереси: комплексні геодезичні дослідження деформацій висотних споруд баштового типу.

Соловей Павло Іларіонович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій висотних будівель і споруд.

Переварюха Анатолій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій коливних і обертових об'єктів.

Лобов Михаил Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной геодезии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Академик академии наук Высшей школы Украины по проблемам строительства. Научные интересы: комплексные геодезические исследования деформаций высотных сооружений башенного типа.

Соловей Павел Илларионович – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций высотных зданий и сооружений.

Переварюха Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций колеблющихся и вращающихся объектов.

Lobov Michail – D.Sc. (Eng.), Professor, the Head of the Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. The academician of the Academy of Sciences of the Higher school of Ukraine on problems of construction. Scientific interests: complex geodetic researches of deformations of high-altitude constructions of tower type.

Solovej Pavel – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Geodesy Department, 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, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of varying and rotating objects.