

## 6 НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ

УДК 528.4:69

### УСТАНОВЛЕНИЕ ВЕСОВ ПРЕВЫШЕНИЙ ПРИ УРАВНИВАНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ОСАДКАМИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Е. К. АТРОШКО, В. Б. МАРЕНДИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Для проведения геодезических наблюдений за осадками в конструкции сооружений закладывают осадочные марки и периодически, через определенные промежутки времени (циклы) с помощью нивелира измеряют превышения от исходного репера, заложенного вне зоны возможных деформаций, до осадочных марок. Поскольку измеренные превышения содержат погрешности, то их предварительно уравнивают с целью нахождения наиболее надежных значений высот осадочных марок в данном цикле. Разности высот одних и тех же осадочных марок в смежных циклах наблюдений характеризуют величину осадки соответствующей части сооружения.

Места установки осадочных марок для типовых промышленных и гражданских зданий выбирают по периметру сооружения в среднем через 10 метров и по обе стороны осадочных швов здания. Определение осадок для большинства сооружений выполняют с погрешностью 0,5–2 мм, что обеспечивается измерением превышений по программе I, II и III класса государственной нивелирной сети. Однако методика нивелирования осадочных марок имеет ряд особенностей: длина визирного луча должна быть не менее 5 м и не более 25 м; в каждом цикле нивелирование осадочных марок выполняется по одинаковой схеме; высота визирного луча над поверхностью земли или пола должна быть не менее 0,5 метров. Такие условия нивелирования позволяют обеспечить высокую точность геодезических измерений.

Полученные результаты измерений тщательно проверяют, вычисляют невязки в превышениях и сравнивают их с допустимыми значениями. Если вычисленные невязки меньше допустимых, то результаты измерений считают выполненными верно и приступают к уравниванию превышений. Уравнивание превышений имеет две цели: найти наиболее надежное (вероятнейшее) значение неизвестных высот осадочных марок; исключить все математические противоречия в зависимостях между измеряемыми величинами т. е. исключить невязки в превышениях путем введения поправок в результаты измерений. В теории вероятности доказывается, что оптимальной системой поправок является та, которая определяется под условием, что сумма квадратов поправок в превышениях минимальна и формулируется как метод наименьших квадратов:

$$P_1 V_1^2 + P_2 V_2^2 + \dots + P_n V_n^2 = \sum P_i V_i^2 = \min, \quad (1)$$

где  $P_i$  – вес измеренного превышения, характеризующий точность  $i$ -го превышения;  $V_i$  – поправка измеренному превышению.

Вес измерения показывает степень надежности результата измерения, выраженную числом. Чем надежнее и точнее результат измерения, тем больше его вес.

Вопрос правильного установления весов измерений является одним из важнейших в теории обработки геодезических измерений по методу наименьших квадратов. Неправильно подобранные веса неадекватно влияют на конечные результаты, так как поправки не соответствуют точности измеренных величин. Рассмотрим установление весов превышений при наблюдениях за осадками сооружений. Запишем формулу для определения веса превышения на  $i$ -й стоянке нивелира:



$$P_i = \frac{\mu_0^2}{m_{\text{ст}}^2} \quad (2)$$

где  $\mu_0$  – средняя квадратическая погрешность единицы веса;  $m_{\text{ст}}$  – средняя квадратическая погрешность превышения на  $i$ -й станции.

Точность определения превышения на станции при нивелировании коротким лучом зависит от длины луча визирования. Чем длиннее плечо нивелирования, тем больше погрешность превышения. Для определения весов превышений в формуле (2) в качестве  $\mu_0$  можно выбрать среднюю квадратическую погрешность превышения определенного на станции при одном горизонте нивелирования в ходе одного направления с длиной луча визирования  $D = 10$  метров как наиболее распространенную при наблюдениях за осадками сооружений.

Относительно данного выбора ( $\mu_0$ ) можно определить веса превышений с другими длинами визирного луча, используя формулу

$$P_i = \frac{10 \text{ м}}{D_i} \quad (3)$$

Из формулы (3) видно, что вес превышения обратно пропорционален длине луча визирования. На основании формулы (3) составлена таблица весов превышений для различных интервалов расстояний и длин визирного луча от нивелира до рейки (таблица 1).

Таблица 1 – Определение весов превышений

Расстояния $D$ , м	5	7,5	10	15	20	25
Интервалы расстояний, м	До 6	6,1–9	9,1–12,5	12,6–17,5	17,6–22,5	22,6–27,5
Весы превышений	2,00	1,33	1,00	0,67	0,50	0,40

Если превышение на станции определяется при двух горизонтах нивелира, то вес такого превышения увеличивается в 2 раза, а если превышение определено при двух горизонтах нивелира в ходах прямого и обратного направлений, то вес такого превышения увеличивается в 4 раза.

Следует отметить, что из выражения (2) можно определить среднюю квадратическую погрешность любого превышения на станции, если известен вес превышения ( $P_i$ ) и средняя квадратическая погрешность единицы веса ( $\mu_0$ ).

$$m_i = \frac{\mu_0}{\sqrt{P_i}} = m_{\text{ст.10 м}} \sqrt{\frac{1}{P_i}} \quad (4)$$

При этом значении веса превышения можно выбрать из таблицы 1, а величину  $\mu_0 = m_{\text{ст.10 м}}$  для любого класса нивелирования можно вычислить используя допустимые величины погрешностей в нивелировании I, II и III класса. Например,  $m_{\text{ст.10 м}}$  для нивелирования I класса – 0,30 мм; II класса – 0,49 мм; III класса – 1,00 мм. Такую оценку точности можно выполнить на стадии проектирования геодезической сети для наблюдений за осадками сооружений, когда измерения еще не выполнялись. Таким образом, полученная таблица 1 и формула (4) позволяют определить средние квадратические погрешности и веса результатов измерений не только в процессе уравнивания превышений и определения величин осадок точек, но также выполнять предрасчет точности при проектировании геодезических измерений для наблюдений за осадками.

УДК 721.021.2

## РАСЧЕТ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ <sup>ve</sup> С ПОМОЩЬЮ AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS

М. С. АФОНЧЕНКО, А. Б. НЕВЗОРОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Стремительное развитие компьютерной и телекоммуникационной техники, а также индустриализация программной инженерии дали мощный толчок инновационным процессам в мировом об-