

## ПРИМЕНЕНИЕ ЗАРУБЕЖНЫХ МЕТОДИК ДЛЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОСТИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ПОЛОВ В СКЛАДСКИХ ЗДАНИЯХ

Шумаков И.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Секретная В.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, г. Харьков),

<sup>2</sup> Компания «АВЭК и Ко», г. Харьков

Контроль качества готовых покрытий полов является важным этапом во всей технологической цепочке их устройства. Ровность высокопрочного бетонного пола является одним из основных требований при его приемке. Для складских зданий особое значение придется выявлению неправильного уклона плиты пола, не предусмотренного проектом.

Ровность бетонного пола напрямую зависит от технологии укладки, состава и однородности бетона, способа и ритмичности его доставки на объект, технологии финишной отделки верхнего слоя, погодноклиматических факторов, предопределяющих образование воздушных потоков, температурных перепадов на месте производства работ. Учет этих и других факторов требует высокой квалификации рабочих и точного соблюдения технологии, постоянного контроля за качеством работ на каждом этапе производства.

В соответствии с методикой контроля ровности полов [1, 2] определен параметр Floor Levelness (FL) - показатель горизонтальности (уклона) пола.

В разных источниках он вычисляется на основании измерений перепада высот (отметок) точек, находящихся на расстоянии 3 м друг от друга и характеризует общий уклон пола [3, 4]. Данный показатель можно также получить с помощью напольного профилографа, кроме того, рассчитать математически по формулам, заложенным в его программное обеспечение [5, 6].

В качестве примера рассмотрим участок плиты пола одного из логистических центров Харькова размером 2400 × 4800 мм. Наметим 6 линий измерений с шагом 300 мм. На каждой линии условно обозначим 14 точек измерений с тем же шагом. Определим отметки каждой точки относительно условного горизонта. Отметки могут

определяться с помощью напольного профилографа либо другого измерительного прибора соответствующего уровня точности.

Методика обработки данных сводится к составлению таблицы 1.

Таблица 1 – Данные измерений ровности пола по точкам

Точки	Линии измерений					
	1	3	4	5	6	7
$h_0$	418,617	418,592	418,338	418,617	418,846	419,735
$h_1$	419,938	421,081	419,659	418,973	418,135	420,37
$h_2$	421,894	422,072	419,227	419,1	418,998	421,64
$h_3$	423,748	421,513	419,227	420,878	419,405	422,199
$h_4$	425,221	420,04	418,668	419,989	420,294	423,342
$h_5$	424,739	421,132	418,186	419,227	420,37	423,748
$h_6$	423,799	420,675	418,973	419,684	421,64	423,875
$h_7$	424,307	421,64	419,379	420,751	421,259	424,688
$h_8$	425,425	421,894	420,141	420,065	422,91	423,672
$h_9$	424,688	421,538	419,532	421,259	423,926	423,672
$h_{10}$	423,164	421,183	418,643	421,386	424,053	424,282
$h_{11}$	422,758	421,894	418,719	418,846	423,164	422,148
$h_{12}$	420,472	419,684	416,763	419,887	422,732	420,624
$h_{13}$	416,738	420,04	414,782	418,363	422,834	
$h_{14}$		417,982			421,513	

Для получения  $F_l$  - показателя горизонтальности пола, характеризующего его уклон, по каждой из линий измерений произведем вычисления. В качестве примера приведём методику обработки данных для вычисления значения  $F_l$  по линии 1.

1. Вычисляем значения величины  $Z_i$  – перепада высот между всеми замеренными точками, расположенными на расстоянии 3 м друг от друга.

$$Z_i = h_i - h_{i-10}, \text{ мм, где } i \geq 10, \quad (1)$$

Параметр  $Z_i$  характеризует положительный или отрицательный уклон линии измерения пола. Если предыдущее значение меньше последующего, то ему можно присвоить положительный знак и наоборот. Взяв значения с  $Z_{10}$  до  $Z_{13}$  для линии измерения 1 из таблицы 1, получим:

$$Z_{10} = h_0 - h_{10} = 418,617 - 423,164 = 4,547 \text{ мм}$$

$$Z_{11} = h_1 - h_{11} = 419,938 - 422,758 = 2,819 \text{ мм}$$

$$Z_{12} = h_2 - h_{12} = 421,894 - 420,472 = -1,422 \text{ мм}$$

$$Z_{13} = h_3 - h_{13} = 423,748 - 416,738 = -7,010 \text{ мм}$$

Расчёт по всем линиям измерений сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Перепад высот между точками по линиям измерения через каждые 3 м

Линия измерения						
Точки	1	2	3	4	5	6
$Z_{10}$	4,547	2,591	0,305	2,769	5,207	4,547
$Z_{11}$	2,819	0,813	-0,940	-0,127	5,029	1,778
$Z_{12}$	-1,422	-2,388	-2,464	0,787	3,734	-1,016
$Z_{13}$	-7,010	-1,473	-4,445	-2,515	3,429	
$Z_{14}$		-2,057			1,219	
$Z_{15}$						

2. Суммируем полученные значения от  $Z_{10}$  до  $Z_{13}$  по формуле:

$$\sum_{i=10}^{n_j-1} Z_i = Z_{10} + Z_{11} + Z_{12} + Z_{13} + \dots + Z_{n-1}, \text{ мм} \quad (2)$$

$$\sum_{i=10}^{n_j-1} Z_i = 4,547 + 2,819 - 1,422 - 7,010 = -1,066 \text{ мм}$$

3. Вычисляем  $\bar{Z}_{i_j}$  - среднее значение  $(n_j - 10)$  точек измерения:

$$\bar{Z}_{i_j} = \frac{\sum_{i=10}^{n_j-1} Z_i}{n_j - 10}, \text{ мм} \quad (3)$$

$$Z_{i_j} = \frac{-1,066}{4} = -0,267, \quad n_j = 14 \quad (\text{так как точек измерения } 4).$$

4. Вычисляем сумму квадратов  $Z_i$  для всех точек измерения:

$$\sum_{i=10}^{n_j-1} z_i^2 = (Z_{10})^2 + (Z_{11})^2 + (Z_{12})^2 + \dots + (Z_{n_{j-1}})^2, \text{ мм}^2 \quad (4)$$

$$\sum_{i=10}^{n_j-1} z_i^2 = (4,547)^2 + (2,819)^2 + (-1,422)^2 + (-7,010)^2 = 79,784 \text{ мм}^2$$

5. Вычисляем  $V_{z_j}$  - отклонение величины  $Z_i$ :

$$V_{z_j} = \frac{\sum_{i=10}^{n_j-1} Z_i^2 - \bar{Z}_{i_j} \sum_{i=10}^{n_j-1} Z_i}{n_j - 11}, \text{ мм}^2 \quad (5)$$

$$V_{z_j} = \frac{79,784 - (-0,267)(-1,066)}{3} = 26,49 \text{ мм}^2$$

6. Вычисляем  $S_{z_j}$  - стандартную девиацию  $z_j$  - измерений:

$$S_{z_j} = \sqrt{S_{z_j}}, \text{ мм} \quad (6)$$

$$S_{z_j} = \sqrt{26,49} = 5,148 \text{ мм}$$

7. Определяем  $F_l$  - показатель горизонтальности:

$$F_{l_i} = \left( \frac{314,67}{3S_{z_i} + |\bar{z}_{i_j}|} \right) \quad (7)$$

$$F_{l_i} = \frac{314,67}{(3 \cdot 5,148 + 0,267)} = 20$$

Результаты расчета  $F_{l_i}$  по всем 6 линиям, расположенным на расстоянии 3 м друг от друга приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчёта показателя  $F_{l_i}$  по линиям

Линия измерения	1	2	3	4	5	6
Показатель горизонтальности пола $F_{l_i}$	20,0	45,6	39,2	46,2	36,9	31,1
Кол-во точек измерения по линии г	4	5	4	4	5	3

Общая горизонтальность пола рассчитывается исходя из значений горизонтальности каждой из шести линий (табл. 3):

$$F_{j+k} = F_j F_k \sqrt{\frac{r_j + r_k}{r_k F_j^2 + r_j F_k^2}} \quad (8)$$

где  $F_{j+k}$  - показатель горизонтальности, получаемый сложением показателей по линиям  $j$  и  $k$ ;  $F_j$  - показатель горизонтальности по линии  $j$ ;  $F_k$  - показатель горизонтальности по линии  $k$ ;  $r_j$  - количество показаний  $q_i$  или  $z_i$  по линии  $j$  для получения  $F_j$ ;  $r_k$  - количество показаний  $q_i$  или  $z_i$  по линии  $k$  для получения  $F_k$ .

Если  $F_{L_1} = 20$ ,  $F_{L_2} = 45,6$ ,  $r_{q_1} = 4$ ,  $r_{q_2} = 5$ , получаем:

$$F_{L_{(1+2)}} = 20 \cdot 45,6 \sqrt{\frac{4+5}{5 \cdot (20)^2 + 4 \cdot (45,6)^2}} = 27$$

Поступенчато подставляя значения, получаем  $F_{L_{(1+2)+3}} = 29,5$ ;  $F_{L_{(1+2+3)+4}} = 31,8$ ;  $F_{L_{(1+2+3+4)+5}} = 32,8$ ;  $F_{L_{(1+2+3+4+5)+6}} = 32,6$ . Таким образом, общий показатель горизонтальности пола составляет 32,6.

Данное значение сравнивается с нормативным [7], где предусмотрена классификация промышленных полов по ровности в зависимости от назначения помещения. В данном случае значение показателя  $F_L$  соответствует значениям, предусмотренным для складских зданий.

В связи с широким внедрением в Украине систем транспортной логистики обработка грузов на больших складских площадях требует нового подхода к вопросам качества при устройстве высокопрочных полов. При больших объемах работ по устройству полов на таких специфических объектах может образовываться уклон всей плиты пола, не предусмотренный проектом. Точность и скорость установки стеллажного оборудования и дальнейшая эффективная и безаварийная работа склада, в т.ч., имеющихся там транспортных средств напрямую связаны с показателями ровности пола.

### **Выводы**

Действующие в Украине нормы не учитывают показателя горизонтальности (уклона) пола. В связи с этим было бы полезно применять приведенный метод с использованием соответствующих измерительных приборов с дальнейшей математической обработкой. Это даст возможность получить показатель горизонтальности (уклона)

пола, сравнить его с нормативным, вовремя исправить дефекты пола в случае их наличия и, как следствие, сократить сроки строительства, повысить качество работ.

## Summary

**The method of Floor Levelness calculation for the warehouse buildings is defined. Factors and variables which depend on concrete floor levelness are described. The example of concrete floor levelness survey, processing of survey data and calculation is given. The results of the calculation are compared to the standard classification of industrial floors which is developed by American concrete institute. Using the above mentioned method of calculation it is possible to avoid defect of wrong levelness of concrete floor slab, decrease the duration of construction project, and increase the quality of works. Unfortunately there are no standards which include Floor Levelness method of calculation in Ukraine; in this regard it would be useful to consider such method using appropriate survey and measuring equipment with following mathematic processing.**

## *Литература*

1. ASTM E 1155M-96 (Reapproved 2001). Standard test method for determining FF floor flatness and FL floor levelness numbers / Stanford linear accelerator center alignment engineering group. – USA, 2003. – 9 p.
2. ASTM E 1155-96 (Reapproved 2001). Standard test method for determining FF floor flatness and FL floor levelness numbers / ASTM International. – USA, 2003. – 9 p.
3. Williamson N. Superflat floor construction – how easy is it? / Neil Williamson // The concrete society. Concrete. – UK, 2005. – № 9. – p. 32–33.
4. Комаров Д.Б. Устройство сверхплоских полов для складов – проблемы и решения / Д.Б.комаров // Современный склад. – 2003. – № 3. – С.13–14.
5. <http://www.allenface.com>.
6. <http://www.thefloorpro.com>.
7. ACI 302.1R-04. Guide for concrete and slab construction / American concrete institute. – USA, 2004. – 120 p.