

Это означает, что на извлечение трамбовки из грунта требуется почти четырёхкратное ( $19/5 \approx 4$ ) усилие, чем на её поднятие. Таким образом, для вытрамбовки фундаментов под ФВК требуется трамбовка весом 5т и кран грузоподъёмностью 20т. На самом деле нормативные документы требуют увеличение грузоподъёмности в 2.5...3.5 раза, что достаточно близко совпадает с представленными расчётными данными.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Чернюк В.П., Пчёлин В.Н., Сташевская Н.А. Технология строительства в особых условиях. Курс лекций. – Брест, 2005.-131 с.
2. Чернюк М.В., Сташевская Н.А. Устройство для изготовления винтонабивных свай.//Сборник конкурсных работ молодых учёных, аспирантов и студентов.- Брест, 2004.-С.106-108.
3. Чернюк М.В., Чернюк В.П. Конструкция забивной сваи повышенной несущей способности с уширенным основанием.//Сборник конкурсных работ молодых учёных, аспирантов и студентов.- Брест,2004.-С.108-110.
4. Чернюк В.П., Пойта П.С. Расчёт, проектирование и устройство свайных фундаментов.- Брест, облитпография, 1998.-С.216.

УДК 624.131.15(155:138)

МЕКШ Е.Э.

*Научные руководители: Шведовский П.В., профессор, к.т.н., Курись Н.Г.*

#### АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ СВОЙСТВ ГРУНТОВ В ПРЕДЕЛАХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЙОНОВ, ОБЛАСТЕЙ И РЕГИОНОВ

По принципу аналогии систематизацию, обобщение, анализ и оценку на этих уровнях можно проводить так же, как и на уровне инженерно-геологического участка [6]. Однако в связи с большим объемом фактического материала здесь оказывается возможным представлять результаты обработки в виде таблиц расчетных показателей. При этом целесообразно в таблицах показывать характеристики состава и физических свойств для отдельных участков. Что же касается показателей механических свойств, то они даются в таблице расчетных характеристик применительно к разным генетическим и литологическим типам грунтов [1, 3].

Для составления региональных таблиц нормативных и расчетных показателей свойств грунтов можно применить методику, в основу которой положено выявление соотношений между обобщенными для отдельных инженерно-геологических элементов показателями свойств грунтов [2, 4, 5]. Большая часть таких элементов составляет «обучающую» выборку, по которой строится таблица, меньшая – «экзаменационную», по которой проверяется правильность построения прогнозирующих уравнений.

Уравнение, аппроксимирующее зависимость между показателями механических и физических свойств, ищется в виде

$$\bar{Y}_j = a_0 + a_1 \bar{x}_1 + \dots + a_p \bar{x}_p + \sigma_j \quad (j = 1, 2, \dots, k), \quad (1)$$

где  $\bar{Y}_j, \bar{x}_1, \dots, \bar{x}_p$  - средние значения, соответственно, показателя механического свойства и физических свойств, полученные по всем индивидуальным значениям в пределах  $j$ -го инженерно-геологического элемента;  $k$  – число таких элементов.

Оптимальный набор коэффициентов в уравнении (1) целесообразно находить методом включения, который состоит в последовательном введении переменных в это уравнение. Первым выбирается фактор-аргумент, который имеет максимальный коэффициент парной корреляции с фактором-функцией. Порядок включения оставшихся перемен-

ных определяется по величине частного коэффициента корреляции  $r_{y_i}$ . При двух независимых переменных он вычисляется по формуле (2)

$$r_{y_{1,2}} = \sqrt{\frac{(r_{y_1} - r_{y_2} \cdot r_{12})^2}{(1-r_{y_2}^2)(1-r_{12}^2)}}, \quad (2)$$

а при трех переменных

$$r_{y_{1,2,3}} = \sqrt{\frac{(r_{y_{1,2}} - r_{y_{3,2}} \cdot r_{13})^2}{(1-r_{y_{3,2}}^2)(1-r_{13,2}^2)}}; \quad r_{y_{2,1,3}} = \sqrt{\frac{(r_{y_{2,1}} - r_{y_{3,1}} \cdot r_{23,1})^2}{(1-r_{y_{3,1}}^2)(1-r_{23,1}^2)}}; \quad r_{y_{3,2,1}} = \sqrt{\frac{(r_{y_{3,2}} - r_{y_{1,2}} \cdot r_{31,2})^2}{(1-r_{y_{1,2}}^2)(1-r_{31,2}^2)}}, \quad (3)$$

где  $r_{y_i}$  - парный коэффициент корреляции между фактор-функцией и первой переменной;  $r_{y_{j,2}}$  - парный коэффициент корреляции между фактор-функцией и второй переменной;  $r_{12}$  - парный коэффициент корреляции между переменными.

Полученный набор аргументов корректируется на основании содержательных соображений. Так, если коэффициенты корреляции для разных показателей имеют близкие значения, то можно выбрать в качестве аргумента уравнение регрессии любой из них, руководствуясь соображениями о точности, оперативности, экономичности их определения, стандартизации входа в таблицы и т.п. Окончательный выбор прогнозирующего уравнения делается после процедуры «экзамена». До этого рассматривают несколько различных уравнений, если они дают примерно одинаковую точность прогноза механической характеристики.

На каждой стадии вычисляется частный F-критерий [4], показывающий существенность входа рассматриваемой переменной в регрессию по сравнению с ранее введенными в уравнение.

$$F = \frac{\varphi^2}{S_{\text{ост}}^2}, \quad (4)$$

$$\text{где } \varphi^2 = \sum_{j=1}^m (\hat{y}_j - \bar{Y})^2 - \sum_{j=1}^m (\hat{y}'_j - \bar{Y})^2.$$

$$\text{Здесь: } \hat{y}_j = a_0 + a_1 \bar{x}_{1j} + \dots + a_p \bar{x}_{pj}, \quad j = 1, 2, \dots, k;$$

$$\hat{y}'_j = a'_0 + a'_1 \bar{x}_{1j} + \dots + a'_{p-1} \bar{x}_{p-1j}; \quad \bar{Y} = \frac{1}{\sum_{j=1}^k m_j} \sum_{j=1}^k m_j y_j; \quad (5)$$

$m_j$  - количество параллельных определений в  $j$ -ом элементе;

$$S_{\text{ост}}^2 = \frac{1}{k-p-1} \sum_{j=1}^k m_j [\bar{Y}_j - a_0 - a_1 \bar{x}_{1j} - \dots - a_p \bar{x}_{pj}]^2. \quad (6)$$

Если величина частного F-критерия оказывается незначимой, то переменная в уравнение не включается.

Для применения этого критерия по заданной надежности при  $f_1=1$  и  $f_2=k-p-1$  находят табличное значение  $F_{\text{табл}}$ . При  $F > F_{\text{табл}}$  вклад рассматриваемого аргумента существенен.

Расчетное значение показателя механического свойства находим по формуле

$$Y_p = \hat{Y}(x_1^p, \dots, x_p^p) \pm t_{\alpha} \sqrt{1 + \frac{d^2}{m}} \hat{\sigma}_i, \quad (7)$$

где  $\hat{Y}(x_1^p, \dots, x_p^p)$  - прогнозируемое значение характеристики  $Y$ , вычисляемое при расчетных значениях аргументов  $x$ ;  $t_{\alpha}$  - величина, зависящая от надежности  $\alpha$ ;  $m$  - общее число определений механического показателя  $m = \sum_{j=1}^k m_j$ .

Для линейной зависимости и одного аргумента

$$d^2 = 1 + \frac{m(x_p - \bar{x})^2}{\sum_{j=1}^m m_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2}, \quad (8)$$

где  $\bar{x}$  - общее среднее значение аргумента  $x$ ;  $\bar{x}_j$  - среднее значение аргумента  $x$  в  $j$ -м элементе.

«Экзамен» осуществляется следующим образом. Дополнительный экспериментальный материал, на котором проводится экзамен, подвергается той же предварительной обработке и представляется в том же виде, что и основной материал (обучающая выборка).

Прежде всего проверяют совпадение внутриэлементной дисперсии механической характеристики обеих выборок  $S_{\text{вн}}^2$  и  $S_{\text{вн}}'^2$ .

Для того, чтобы расхождение между этими величинами можно было считать незначительным, должны одновременно выполняться два соотношения при принятой надежности  $(1-\alpha)$

$$\frac{S_{\text{вн}}^2}{S_{\text{вн}}'^2} < F_{\text{табл}}(1 - \frac{\alpha}{2}, f_1, f_2); \quad \frac{S_{\text{вн}}'^2}{S_{\text{вн}}^2} < F_{\text{табл}}(1 - \frac{\alpha}{2}, f_1, f_2), \quad (9)$$

где  $f_1 = m - k$  - число степеней свободы величины  $S_{\text{вн}}^2$ ;  $m = \sum_{j=1}^k m_j$ ;  $f_2 = m' - k'$  - число степеней свободы величины  $S_{\text{вн}}'^2$ ;  $m' = \sum_{j=1}^k m_j'$ .

**Далее вычисляют нормированные отклонения средних значений**

$$\xi_j = \frac{\bar{Y}_j - a_0 - a_1 \bar{x}_{1j} - \dots - a_p \bar{x}'_{pj}}{\sqrt{S_{\text{он}}^2 + \frac{S_{\text{вн}}^2}{m_j}}}, \quad (10)$$

где  $a_0, a_1, \dots, a_p, S_{\text{он}}^2, S_{\text{вн}}^2$  берутся по материалам обучения, а величины  $\bar{Y}_j; \bar{x}_{1j}; \bar{x}'_{pj}$  - из экзаменационной выборки.

Если при заданной надежности выполняются условия (11) и (12), то результаты экзамена считаются положительными

$$\frac{|\sum_{j=1}^k \xi_j|}{\sqrt{k'}} < t(1 - \frac{\alpha}{2}); \quad f_k^2(\frac{\alpha}{2}) < \sum_{j=1}^k \xi_j^2 < f_k^2(1 - \frac{\alpha}{2}), \quad (11)$$

где  $t(1 - \frac{\alpha}{2}) - (1 - \frac{\alpha}{2})$  - процентный предел нормального распределения;  $f_k^2(\frac{\alpha}{2})$  и  $f_k^2(1 - \frac{\alpha}{2})$  - соответственно  $\frac{\alpha}{2}$  и  $(1 - \frac{\alpha}{2})$  - процентные пределы распределения  $f_k^2$  степенями свободы.

Весьма полезно проверять попадание реальных расчетных характеристик из экзаменационной выборки в доверительные границы уравнения регрессии. С этой целью подсчитывают две доверительные границы для выборочных средних значений.

$$Y_j^* = \bar{Y}(\bar{x}_{1j}, \dots, \bar{x}_{pj}) + t_{\alpha} \sqrt{(\hat{\sigma}_{\text{н}}^2 + \frac{S_{\text{он}}^2}{m_j})(1 + \frac{d^2}{m})}; \quad (12)$$

где  $m_j'$  - число определений значений в пределах  $j$ -го экзаменационного элемента.

**Затем определяют величины**

$$\gamma_j = \begin{cases} 1, & \text{если } Y_j^* < \bar{Y}_j < Y_j^*; \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases} \quad \lambda = \frac{|\sum_{j=1}^k \gamma_j - (1-2\alpha)k'|}{\sqrt{2k'\alpha(1-2\alpha)}}. \quad (13)$$

Результат экзамена считают положительным, если

$$\gamma < t(1 - \beta/2), \quad (14)$$

где  $t(1 - \beta/2) - (1 - \beta/2)$  - процентный предел нормального распределения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Каган А.А. Выбор расчетных показателей свойств грунтов с помощью некоторых методов математической статистики. - М.: Недра, 1989. - 169 с.
2. Комаров И.С. Нахождение и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. - М.: Недра, 1972. - 166 с.

3. Коган Р.И. Интервальные оценки в геологических исследованиях. - М.: Недра, 1986. - 178 с.
4. Родионов Д.А. Статистические методы разграничения геологических объектов по комплексу признаков. - М.: Недра, 1968. - 206 с.
5. Шведовский П.В., Бобков Н.К. Выбор гидрогеологических параметров при анализе и оценке баланса грунтовых вод // Геология и география, Вып. 1. - Мн.: Изд. БГУ, 1979. - 34-45 с.
6. Казимиров А.Н. Исследование закономерности формирования свойств грунтов и их изменчивости. Сб. конкурсных научных работ. БГТУ-2004. - Брест, 2004. - 174 с.

УДК 624.131.15 (155:138)

**МЕКШ Е.Э.**

**Научные руководители: Шведовский П.В., к.т.н., профессор, Курись Н.Г.**

### **АНАЛИЗ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ И НЕОДНОРОДНОСТИ СВОЙСТВ ГРУНТОВ В ПРЕДЕЛАХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ**

В качестве основного показателя изменчивости и неоднородности наиболее целесообразно использовать условное динамическое сопротивление грунта ( $P_d$ ), которое кроме структурной прочности отражает и основные водно-физические свойства (естественную влажность, плотность и коэффициент пористости) [1, 3].

В качестве инженерно-геологических полей нами рассмотрены – нижняя и верхняя зоны морены, флювиогляциальные и озерно-ледниковые отложения, как наиболее характерные для территории страны.

В соответствии с методикой [2, 6] нами были отбракованы сомнительные данные по условному динамическому сопротивлению грунта и с помощью ЭВМ по программе тренд-анализа [4, 5] были построены специализированные карты.

Анализ расчетного поля условного динамического сопротивления нижней зоны морены  $P_d^{**}$  позволяет отметить наличие четкой связи  $P_d^{**}$  с крупными геоморфологическими областями. При этом для центральной части характерна относительная однородность. Максимальное значение  $P_d^{**}$  характерно для северо-западной части, а минимальное – для южной зоны. При этом максимальные значения  $P_d^{**} = 11-12$ , а минимальные – 6-8.

Поле же среднего квадратического отклонения  $\sigma_p^{**}$  безразлично к структуре поля показателя  $P_d^{**}$ . Излишки  $\sigma_p^{**}$  вытянуты в направлении с северо-запада на юго-восток.

Что касается структуры поля  $P_d^{**}$ , то она отражает особенности тектонического строения территории, при этом модель имеет непрерывную структуру, что указывает на общность морены как единого геологического тела.

Для установления главных направлений изменчивости рассчитывались градиенты  $P_d^{**}$ . Следует отметить, что общим генеральным направлением является направление с северо-запада на юго-восток, т.е. вдоль долин Западной Двины и Припяти. Некоторая изменчивость  $P_d^{**}$  характерна и вдоль долин Сожа и Днепра.

Что касается расчетного поля  $P_d^{**}$  для верхней зоны морены, то следует отметить следующее:

- вытянутость элементов структуры поля проявляется в юго-восточном направлении;
- в центральной части изолинии  $P_d^{**}$  хорошо согласуются с направлением долин Березины и Случи и являются относительно однородными по сравнению с периферийными участками;
- максимальные значения  $P_d^{**}$  приурочены к юго-западной и северо-восточной зонам.