

УДК624.131

**Кравченко Владимир Сергеевич**  
доктор технических наук  
set@id-yug.com

**Кравченко Элина Владимировна**  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры кадастра и геоинженерии  
Кубанского государственного  
технологического университета

**Будагов Иван Владимирович**  
кандидат экономических наук,  
доцент кафедры кадастра и геоинженерии  
Кубанского государственного т  
ехнологического университета  
ivan\_budagov@mail.ru

**Аннотация.** Данная статья посвящена обзору существующей методики классификации глинистых грунтов и использованию статистических методов для оценки физических свойств грунтов.

**Ключевые слова:** грунты, физические свойства грунтов, показатель текучести, число пластичности, статистические методы оценки.

**Kravchenko Vladimir Sergeevich**  
Doctor of Technical Sciences  
set@id-yug.com

**Kravchenko Ellina Vladimirovna**  
Ph.D., Associate Professor of Inventory  
and Geo-engineering  
Kuban State University of Technology

**Budagov Ivan Vladimirovich**  
Ph.D., Associate Professor of Inventory  
and Geo-engineering  
Kuban State University of Technology  
ivan\_budagov@mail.ru

**Annotation.** This article is devoted to the review of existing methods of classification of clay soils and the use of statistical methods to assess the physical properties of soils.

**Keywords:** soils, soil physical properties, melt flow index, plasticity, statistical estimation methods.

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ



## STATISTICAL METHODS OF EVALUATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF SOILS

Определить тип и разновидность грунтов можно по показателям текучести и числу пластичности, которые определяются по формулам:

$$I_p = W_L - W_p, \quad (1)$$

$$I_L = (W - W_p) / I_p, \quad (2)$$

где  $W$  – природная влажность;  $W_p$  – влажность на границе пластичности;  $W_L$  – влажность на границе текучести;  $I_p$  – число пластичности;  $I_L$  – показатель текучести.

По существующей методике [1, 2] предлагается определять наименования грунтов при однократном их испытании и сравнении показателей  $I_p$  и  $I_L$  с табличными значениями. Это допустимо, когда пробы отобраны из однородных по составу грунтов и при более или менее постоянной влажности. При практическом определении  $I_p$  и  $I_L$  отобранные пробы могут представлять смеси различных грунтов и определить существенную разницу между ними можно только с использованием статистических методов их оценки.

В этом случае, чтобы установить достоверную разность между грунтами надо провести их определения с повторениями, а затем сделать вывод на основе данных статистической оценки средних результатов. Кроме того, это позволит установить ошибку этих измерений [3].

Пусть при 5-кратной повторности этих измерений по двум испытываемым грунтам получены следующие данные (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты оценки двух образцов грунтов

№ образцов	Повтор	Природная влажность $W$	Влажность на границе текучести $W_L$	Влажность на границе пластичности $W_P$	Число пластичности $I_P$	Показатель текучести $I_L$
№ 1	1	0,62	0,57	0,37	0,20	1,25
	2	0,60	0,58	0,35	0,23	1,09
	3	0,61	0,59	0,34	0,25	1,08
	4	0,63	0,64	0,36	0,28	0,96
	5	0,64	0,61	0,38	0,23	1,13
Средние $\bar{X}$		0,62	0,595	0,36	0,24	1,14
№ 2	1	0,19	0,27	0,16	0,11	0,27
	2	0,21	0,28	0,17	0,11	0,36
	3	0,22	0,29	0,19	0,10	0,30
	4	0,20	0,30	0,20	0,10	0,00
	5	0,24	0,31	0,21	0,10	0,30
Средние $\bar{X}$		0,212	0,29	0,186	0,104	0,246

Кроме определенных средних значений для показателей текучести грунтов определим ошибки их выборочных средних по формуле:

$$\Delta S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_{cp} - x_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (3)$$

где  $\Delta S_x$  – ошибка выборочной средней;  $\sum (x_{cp} - x_i)^2$  – сумма квадратов отклонений среднего и  $i$ -го значения;  $N$  – число повторений [3].

Оценим существенность разности показателей текучести по критерию  $t$  при уровне значимости 0,05 (табл. 2).

Таблица 2 – Существенность разности показателей текучести

Показатели	Образцы грунта	Значения цифровые	$x_1 - x_2$	Ошибка $\Delta S_x$	$S_d$	$t_{фак}$	$HCP_{05}$
Число пластичности	№ 1	0,24	0,136	0,01	0,026	2,31	0,06
	№ 2	0,104		0,024			
Показатель текучести	№ 1	1,14	0,824	0,05	0,086	2,31	0,199
	№ 2	0,246		0,07			

В теории статистики доказано, что ошибка разности или суммы средних арифметических независимых выборок при  $\Pi_1 = \Pi_2$ , определяется по формуле:

$$S_d = \sqrt{S_{x1}^2 + S_{x2}^2}. \quad (4)$$

Величина, указывающая границу предельных случайных отклонений, называется наименьшей существенной разностью ( $HCP$ ) и определяется по формуле:

$$HCP = t * S_d, \quad (5)$$

где  $t$  – критерий, определяется для заданного уровня значимости 0,05 [3].

При  $\Pi_1 + \Pi_2 - 2 = 5 + 5 - 2 = 8$ , уровень значимости 0,05 считается вполне приемлемым в большинстве исследований. Таким образом, при уровне значимости 0,05 и числе степеней свободы 8, критерий равен 2,31.

Если величина разности между средними больше  $HCP_{05}$ , то она признается существенной ( $d > HCP_{05}$ ) и нулевая гипотеза об отсутствии разности между средними опровергается. В нашем случае подтвердилась гипотеза о наличии существенной разности между группами.

По ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация грунтов, первый грунт – ил глинистый, представляет собой современный осадок водоемов ( $W > W_L$  и  $I_p > 0,17$ ), второй – суглинок тугопластичный, ледникового происхождения ( $0,07 < I_p \leq 0,17$ ).

### Литература

1. Заручевных И.Ю., Невзоров А.Л. Механика грунтов (в схемах и таблицах). – М., 2007. – 156 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М. : ВШ, 2005. – 256 с.
3. Кравченко В.С., Трубилин Е.И. Основы научных исследований. – Краснодар : КГАУ, 2005. – 245 с.

### References

1. Zaruchevnyh I.Y., Nevzorov A.L. Soil Mechanics (in diagrams and tables). – M., 2007. – 156 p.
2. Dospechov B.A. Methods of field experience. – M. : VSH, 2005. – 256 p.
3. Kravchenko V.S., Trubilin E.I. Basic scientific research. – Krasnodar : KGAU, 2005. – 245 p.