

СРАВНЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСИСТЕНЦИИ НА КЛАССИФИКАЦИЮ ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ СОГЛАСНО РОССИЙСКИМ И ГЕРМАНСКИМ НОРМАТИВНЫМ СТАНДАРТАМ

Прозин Я.А.¹, Калугина Ю.А.¹

¹ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», Тюмень, Россия (625001, Тюмень, ул. Луначарского, 2) e-mail: zvezdaneba@yandex.ru

В данной статье изложены результаты лабораторных исследований характеристик консистенции глинистых грунтов согласно российской и германской стандартным методикам, проведенных в институте механики грунтов Брауншвейгского технического университета. Рассмотрена проблематика разности в классификации глинистых грунтов и методик определения характеристик консистенции грунта согласно российским и германским нормативным стандартам. Проведен сравнительный анализ влияния характеристик консистенции на классификацию пылеватоглинистых грунтов по российским и германским стандартам. Установлено, что интервал пластичности в соответствии с немецкими нормами больше, чем интервал пластичности согласно отечественным стандартам для одного и того же грунта, поскольку влажность на границе текучести, определенная по DIN[5,8] выше, чем влажность на границе текучести, определенная по ГОСТ[1]. Выведена корреляционная зависимость между этими значениями верхнего предела пластичности.

Ключевые слова: консистенция, граница текучести, граница раскатывания, число пластичности, показатель текучести

COMPARISON OF THE INFLUENCE OF CONSISTENCE ON CLASSIFICATION OF SILTY CLAY SOILS ACCORDING TO RUSSIAN AND GERMAN NORMATIVE STANDARDS

Pronozin Y.A.¹, Kalugina Y.A.¹

¹Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering, Tyumen, Russian Federation (625031 Tyumen, Lunacharskogo street) e-mail: zvezdaneba@yandex.ru

This article presents the results of laboratory studies of the characteristics of the consistency of clay soils according to the Russian and German standard procedures carried out at the Institute of Soil Mechanics, Technical University of Braunschweig, considered problematic difference in the classification of clay soils and methods for determining the characteristics of soil consistency under Russian and German regulatory standards, the comparative analysis of consistency of performance effects on the classification of silty-clay soils on the Russian and German standards was made. It was found that the interval of plasticity in accordance with German standards is more than the interval of plasticity according to national standards for the same ground as humidity at the boundary point, determined according to DIN[5,8] is higher than the humidity on the boundary strength, determined according to GOST[1]. Correlation values between the upper limit of plasticity was derived.

Keywords: consistency, boundary point, boundary rolling, plasticity, fluidity index.

В процессе интеграции инженерных школ и общности решаемых геотехнических задач на территории разных стран возникает вопрос о правильности применения тех или иных характеристик грунтов, используемых в геотехнических расчетах, определяемых по различным методикам, а также о трактовке полученных результатов.

Основой для описания и классификации грунтов как в отечественных, так и в зарубежных нормах являются физические характеристики, которые в силу дисперсности грунтов и исторических геотехнических традиций могут по-разному трактоваться в различных странах.

Поскольку дисперсность грунта оказывает значительное влияние на его пластичность, то по показателю пластичности I_p с определенной достоверностью можно характеризовать литологические разности глинистых грунтов. Это допущение и лежит в основе российской классификации. К супесям относятся грунты с I_p от 1 до 7 включительно, к суглинкам – от 7 до 17, к глинам – более 17.

В германских же стандартах существует несколько иная классификация. Согласно DIN[7] глинистый грунт подразделяют на: суглинок, глину, суглинок с песком, глину с песком, т.е. нет выделения такой разновидности глинистого грунта, как супесь. Разновидность грунта определяется по графику пластичности (рис. 6). График представляет собой прямолинейную зависимость (А-линия), выраженную функцией $I_p=0,73 \cdot (W_L-20)$, где W_L – в %. Значения $I_p \leq 4\%$ или ниже А-линии характеризуют суглинок, значения $I_p \geq 7\%$ и выше А-линии – глину. При этом, если значение W_L менее 35% – слабопластичный грунт, если W_L лежит пределах от 35% до 50% – среднепластичный грунт, если W_L больше 50% – сильнопластичный грунт.

Для количественной оценки состояния консистенции грунта используется показатель текучести I_L . В германских стандартах существует еще и показатель консистенции I_c , который является обратным показателю I_L и используется как основной показатель для описания состояния консистенции грунта. Классификация грунтов по показателям текучести и консистенции представлена в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Значения I_L для различных состояний консистенции глинистого грунта согласно ГОСТ[2]

Состояние консистенции		Наименование грунта	
		Суглинок и глина	Супесь
Текучее		$I_L > 1$	$I_L > 1$
Пластичное	Текучепластичное	$0,75 < I_L \leq 1$	$0 \leq I_L \leq 1$
	Мягкопластичное	$0,5 < I_L \leq 0,75$	
	Тугопластичное	$0,25 < I_L \leq 0,5$	
Полутвердое		$0 \leq I_L \leq 0,25$	–
Твердое		$I_L < 0$	$I_L < 0$

Таблица 2

Значения I_L и I_c для различных состояний консистенции глинистого грунта согласно DIN[5]

Состояние консистенции	Показатель текучести I_L	Показатель консистенции I_c
Текущее	$I_L > 1$	$I_c < 0$
Текучепластичное	$0,5 < I_L \leq 1$	$0 \leq I_c < 0,5$
Мягкопластичное	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$0,5 \leq I_c < 0,75$
Тугопластичное	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$0,75 \leq I_c \leq 1$
Полутвердое	$I_L < 0$	$I_c > 1$

В немецких нормах текучепластичное состояние представлено большим интервалом по отношению к российским стандартам, что ведет к несоответствию остальных интервалов состояний консистенции. Для определения твердого состояния согласно DIN[6] существует еще одна граница переходного состояния – граница перехода из полутвердого состояния в твердое W_s . Твердое состояние принимается, если значение I_c больше, чем значение I_c , соответствующее W_s , на графике зависимости I_c/I_L от влажности (рис. 1). W_s определяется согласно DIN[6] по формуле:

$$w_s = \left(\frac{V_d}{m_d} - \frac{1}{\rho_s} \right) \rho_w, \quad (1)$$

где:

V_d – объем сухого грунта, см³;

m_d – масса сухого грунта, г;

ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³;

ρ_w – плотность воды, г/см³.

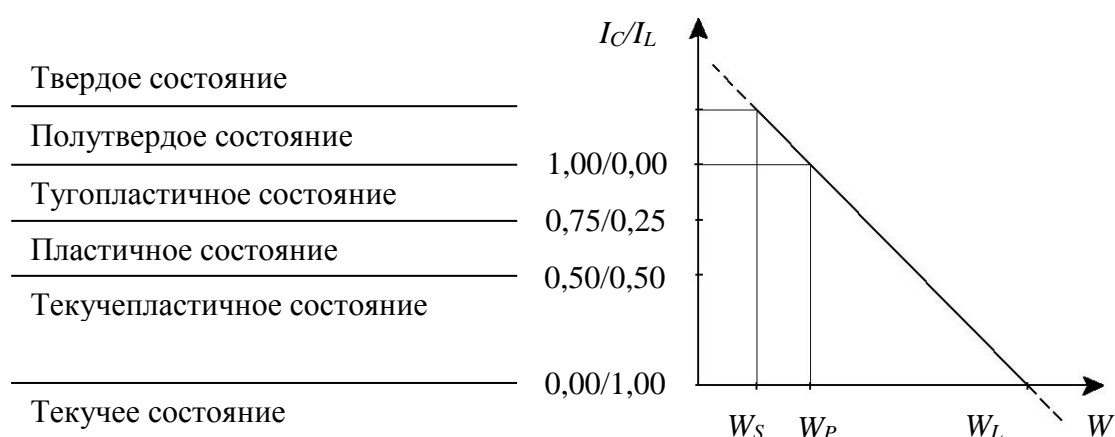


Рис. 1. Графическое представление классификации состояний глинистого грунта согласно немецким нормам

Отличие в классификации и разность методик определения характеристик консистенции могут давать и разные значения классификационных показателей, а, следовательно, и иное представление о данном грунте.

Для определения параметров консистенции и сравнения результатов был проведен ряд опытов в лаборатории института Механики грунтов Брауншвейгского технического университета по российской и германской технологиям. Характеристики консистенции определялись для двух видов глинистого грунта: суглинка текучего и глины полутвердой согласно классификации в соответствии с ГОСТ[2].

По российской технологии граница текучести была определена в соответствии с ГОСТ[1] с помощью балансирующего конуса (Васильева). Верхний предел пластичности соответствует такому состоянию грунта, при котором стандартный конус за 5 с погружается под действием собственного веса на глубину 1 см.

По германской методике для определения границы текучести использовались приборы Fließgrenzegerät согласно DIN[5] и Fallkegelgerät согласно DIN[8].

Основным методом определения границы текучести в Германии является метод, описанный в DIN[5], с использованием прибора Fließgrenzegerät, но, поскольку этот метод во многом зависит от человеческого фактора, от правильности тарировки прибора и, кроме того, обладает большой трудоемкостью, в другом стандарте DIN[8] предлагается заменить его на способ определения границы текучести с помощью прибора Fallkegelgerät.

Прибор Fließgrenzegerät представляет собой блок из твердой резины, на котором установлена чаша из медно-цинкового сплава с ударным устройством. Чаша заполняется грунтом, в котором нарезается борозда. Затем ударное устройство приводится в действие, и чаша быстро поднимается и опускается. Далее фиксируется число соударений, при которых борозда закрывается не менее чем на 1 см (рис. 2).

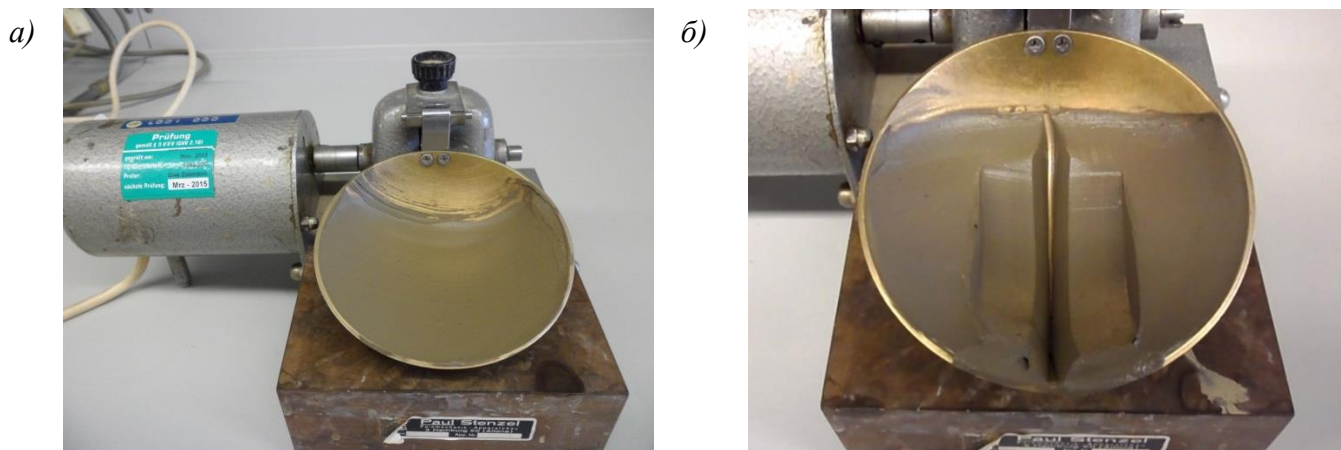


Рис. 2. Определение границы текучести в приборе Fließgrenzegerät:

а) до испытания, б) после испытания

Таких испытаний проводится минимум 4 с постепенным высушиванием или доувлажнением грунта, после каждого опыта отбирается проба грунта массой 15–20 г для определения влажности и строится график зависимости количества ударов от влажности

(рис. 3). График представляет собой прямую, по которой и определяется значение влажности на границе текучести, соответствующее 25 ударам.

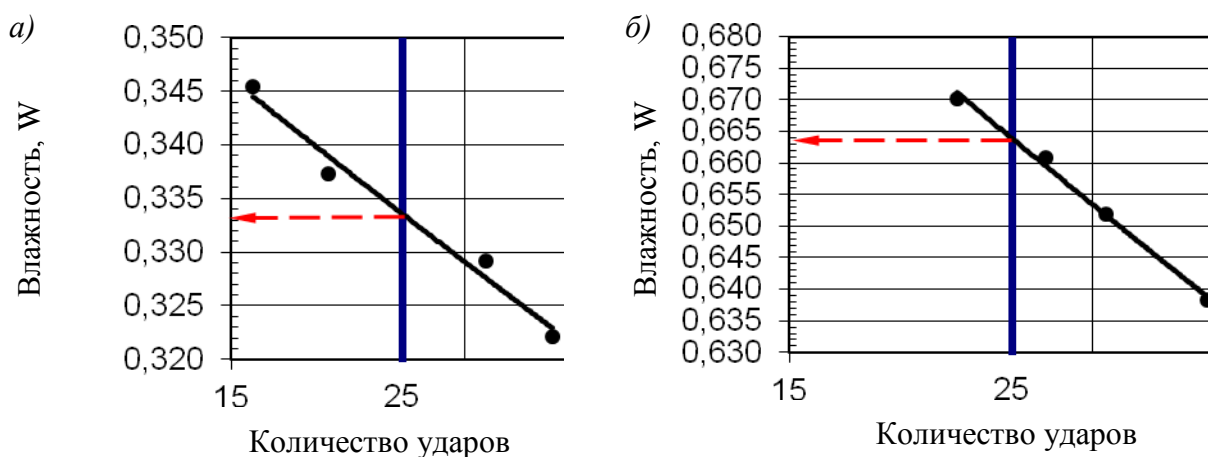


Рис. 3. График зависимости количества ударов от влажности:

а, б – соответственно, для суглинка и глины согласно российской классификации по [2]

При испытаниях с использованием прибора Fallkegelgerät, так же как и при испытаниях согласно ГОСТ[1], измеряется глубина, на которую конус погрузился за 5 с под действием собственного веса. Прибор представляет собой штатив, на котором установлены опускающийся конус, штангенциркуль для измерения осадки конуса, специальная чаша для проведения испытаний (рис. 4).

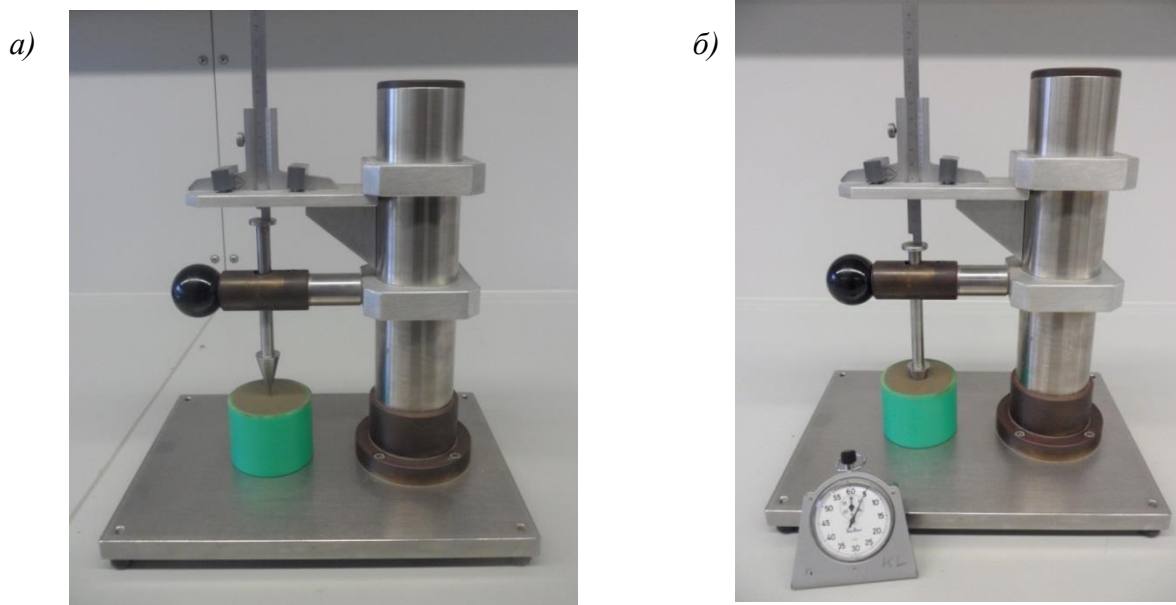


Рис. 4. Определение границы текучести в приборе Fallkegelgerät:

а) до испытания, б) после испытания

Проводится не менее 4 испытаний с постепенным высушиванием или доувлажнением грунта. Строится график зависимости глубины погружения конуса от влажности, по которому и определяется граница текучести, соответствующая глубине погружения 20 мм (рис. 5).

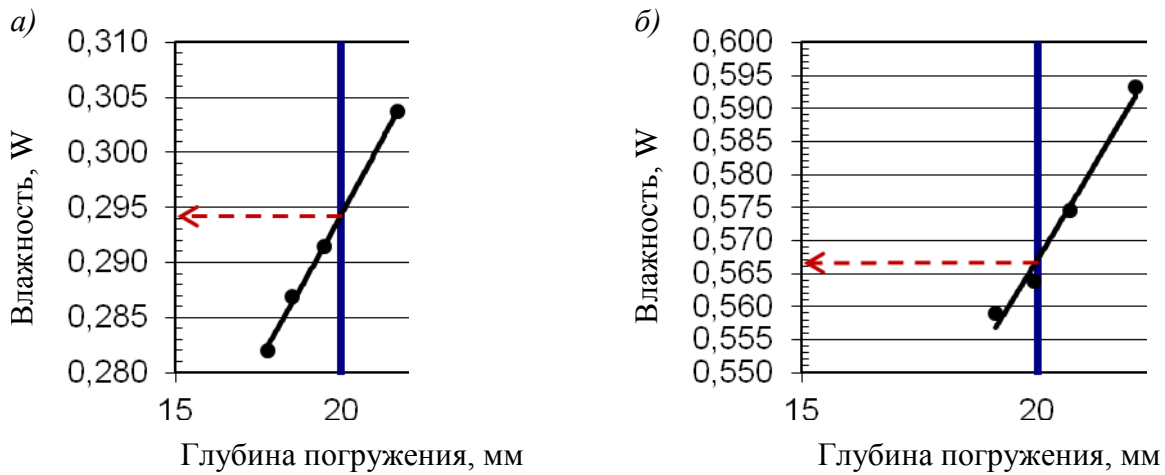


Рис. 5. График зависимости глубины погружения конуса от влажности:

а, б – соответственно для суглинка и глины согласно российской классификации по [2]

Влажность на границе раскатывания как по ГОСТ[1], так и по DIN[5] определяется одинаково. Нижний предел пластичности соответствует такому состоянию грунта, при котором он начнет распадаться на мелкие кусочки, если раскатать его в шнур диаметром 3 мм.

Влажность грунта определялась эталонным методом как в соответствии с ГОСТ[1], так и в соответствии с DIN[3] высушиванием до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105°C. Существующие в германских стандартах экспресс-методы определения влажности, описанные в DIN[4], не применялись.

График пластичности представлен на рисунке 6.

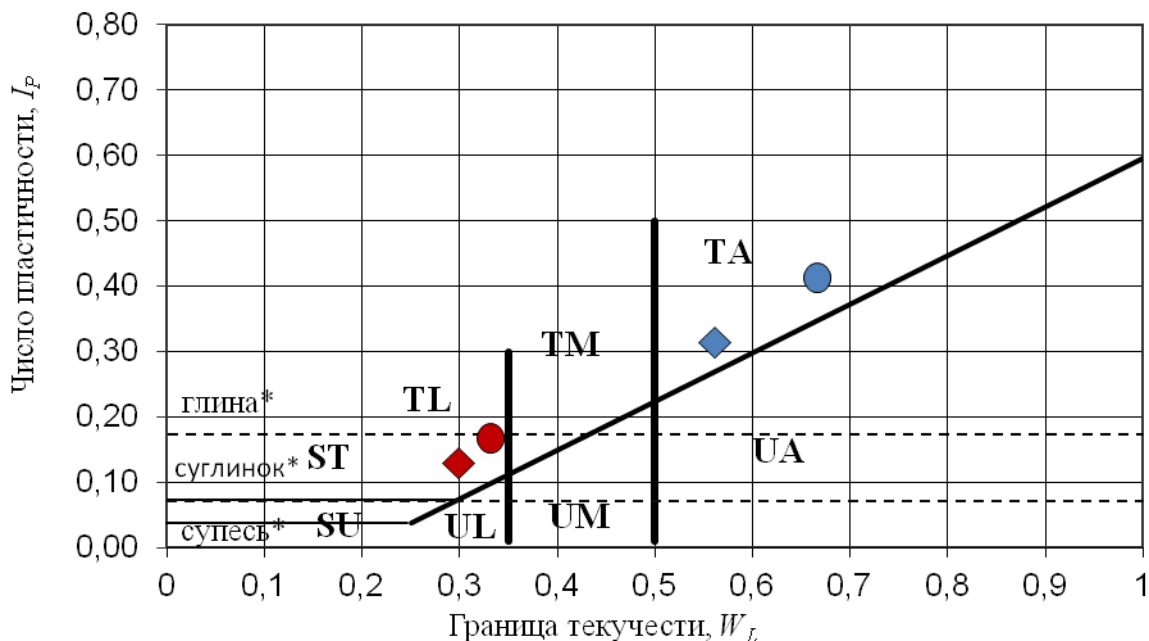


Рис. 6. График пластичности:

* разновидность грунта в зависимости от I_p согласно российской классификации в соответствии с ГОСТ[2]

ST – смесь глины с песком, **SU** – смесь суглинка с песком,
TL – слабопластичная глина, **UL** – слабопластичный суглинок,
TM – среднепластичная глина, **UM** – среднепластичный суглинок,
TA – сильнопластичная глина, **UA** – сильнопластичный суглинок;

♦, ◆ — значения, полученные с использованием прибора Fallkegelgerät, соответственно, для суглинка и глины согласно российской классификации по [2],

●, ● — значения, полученные при использовании прибора Fließgrenzegerät, соответственно, для суглинка и глины согласно российской классификации по [2].

Результаты и классификация сведены в таблицы 3 и 4.

Таблица 3

Полученные результаты испытаний для суглинка текучего согласно российской классификации по [2]

Нормативный документ	W, %	W _p , %	W _L , %	I _p , %	I _L , %	Наименование грунта
ГОСТ 25100-2011	30,7	16,5	27,7	11,2	126,8	Суглинок текучий
DIN ISO/TS 17892-12	30,7	16,5	29,4	12,9	110,1	Глина слабопластичная в текучем состоянии
DIN 18122-1	30,7	16,5	33,3	16,5	84,5	Глина слабопластичная в текучепластичном состоянии

Таблица 4

Результаты испытаний для глины полутвердой согласно российской классификации по [2]

Нормативный документ	W, %	W _p , %	W _L , %	I _p , %	I _L , %	Наименование грунта
ГОСТ 25100-2011	28,9	25,1	50,2	25,1	15,0	Глина полутвердая
DIN ISO/TS 17892-12	28,9	25,1	56,7	31,6	12,0	Глина сильнопластичная в тугопластичном состоянии
DIN 18122-1	28,9	25,1	66,4	41,3	9,2	Глина сильнопластичная в тугопластичном состоянии

Для сопоставления классификационных показателей, определяемых различными методиками и имеющих разные значения, в ГОСТ[2] приведена корреляционная зависимость между границей текучести согласно международному стандарту [8] (*LL*) и границей текучести по ГОСТ[1] (*W_L*):

$$LL=1,48 \cdot W_L - 8,3 \quad (2)$$

В результате проведенного анализа полученных данных функция зависимость между этими же стандартами имеет несколько другой вид:

$$LL=1,2 \cdot W_L - 4,21 \quad (3)$$

Однако аналогично полученная зависимость между DIN[5] и ГОСТ[1] очень близка к функции (2):

$$LL=1,47 \cdot W_L - 7,45 \quad (4)$$

Следует учесть, что результаты получены на ограниченном количестве экспериментальных данных. Для более точных результатов необходимы дальнейшие расширенные исследования.

Основные выводы

1. График пластичности, используемый в немецких нормах для классификации глинистого грунта, зависит от двух показателей: W_L и I_p , что дает возможность определить не только разновидность грунта, но и его способность проявлять пластичные свойства. Это способствует более точной оценке и классификации грунта. При этом отсутствует такая разновидность грунта, как супесь. Вместо этого на графике пластичности соответствующая область обозначена как смесь глины с песком либо смесь суглинка с песком.
2. Влажность на границе текучести W_L имеет различные значения в зависимости от того, согласно какому нормативному стандарту она определяется. Так, например, W_L для глины согласно российской классификации по ГОСТ[2], определенная в соответствии с ГОСТ[1], меньше на 6,5 %, чем W_L того же грунта, определенная по DIN[8], и на 16,2 % меньше, чем W_L , определенная по DIN[5]. Для суглинка согласно российской классификации по ГОСТ[2] W_L меньше на 1,7 % и на 5,6 % соответственно.
3. Существенные отличия значений W_L говорят о разной пластичности грунта I_p , а следовательно, могут характеризовать один и тот же грунт по-разному. Кроме того, отличие показателя текучести I_L и несоответствие классификации дают иное представление о состоянии грунта и, как следствие, о его характеристиках прочности и деформируемости и работе под действием нагрузок и воздействий в целом.

Список литературы

1. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
2. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация.
3. DIN 18121-1 (April 1998). Baugrund, Untersuchung von Bodenproben. Wassergehalt. Teil 1: Bestimmung durch Ofentrocknung.
4. DIN 18121-2 (August 2001). Baugrund, Untersuchung von Bodenproben. Wassergehalt. Teil 2: Bestimmung durch Schnellverfahren.
5. DIN 18122-1 (Juli 1997). Baugrund, Untersuchung von Bodenproben. Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen). Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze.
6. DIN 18122-2 (September 2000). Baugrund, Untersuchung von Bodenproben. Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen). Teil 2: Bestimmung der Schrumpfgrenze.
7. DIN 18196 (Juni 2006). Erd- und Grundbau. Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke.

8. DIN ISO/TS 17892-12 (Januar 2005). Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 12: Bestimmung der Zustandsgrenzen.

Рецензенты:

Миронов В.В., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО ТюмГАСУ, г. Тюмень;

Чекардовский М.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой теплогазоводоснабжения и вентиляции, ФГБОУ ВПО ТюмГАСУ, г. Тюмень.