

**ПРОБЛЕМА НЕОДНОЗНАЧНОГО ТРАКТОВАНИЯ
ТЕРМИНОЛОГИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
И НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ В ОТНОШЕНИИ
ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕКУЧЕСТИ СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ**

Канд. техн. наук **А.В. Козлов**,
инженер **А.С. Макаров**,
инженер **А.Г. Новиков**,
инженер **Д.Д. Шубина**
(ООО «Автодор-Инжиниринг»)

Конт. информация: A.Kozlov@avtodor-eng.ru

Установлен факт терминологической путаницы применительно к описанию консистенции глинистых грунтов. Выявлены примеры смешения показателей текучести I_L и консистенции I_C в нормативных документах и специализированной технической литературе. Рассмотрен прецедент неверной интерпретации результатов испытаний грунта на реальном объекте строительства автомобильной дороги из-за некорректной терминологии в тексте свода правил. Разработаны предложения по корректировке нормативных документов.

Ключевые слова: *влажность грунта, граница раскатывания, граница текучести, глинистые грунты, консистенция, показатель консистенции, показатель текучести, связные грунты.*

ВВЕДЕНИЕ

Глинистые грунты относятся к связным дисперсным грунтам, имеют достаточно широкое распространение, играют важную роль в строительной отрасли и обладают рядом характерных особенностей, определяющих поведение таких грунтов под нагрузкой. Одним из отличительных свойств глинистых грунтов является пластичность, т.е. способность деформироваться без нарушения сплошности. Свойство пластичности различные грунты приобретают на определенном интервале влажности. Диапазон этого интервала положен в основу классификации глинистых грунтов по разновидностям, согласно ГОСТ 25100-2020 и ГОСТ 33063-2014. Состояние, в котором находится грунт при естественной влажности, принято называть консистенцией (**рис. 1**). Численно описанные свойства выражаются рядом показателей, определяемых при лабораторных исследованиях: естественной влажностью грунта (w),

влажностью на границе раскатывания (w_p), влажностью на границе текучести (w_L).

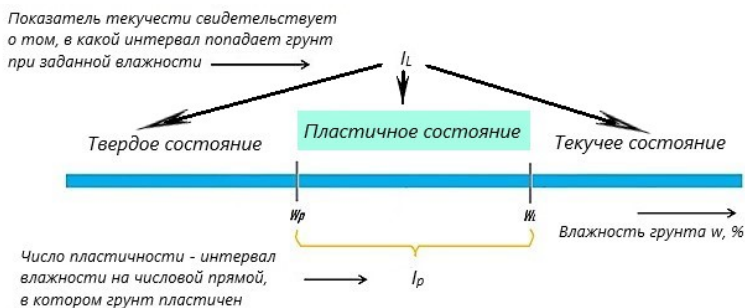


Рис. 1. Состояния глинистого грунта

В современном грунтоведении существует два способа описания консистенции глинистых грунтов с использованием близких по смыслу показателей: текучести I_L и консистенции I_C . Показатель текучести I_L определяется как численная разность между влажностью грунта в естественном состоянии w и влажностью на границе раскатывания w_p (пределом пластичности), отнесенная к числу пластичности I_p , формула (1):

$$I_L = \frac{w - w_p}{I_p} . \quad (1)$$

Показатель консистенции I_C представляет собой отнесенную к числу пластичности численную разность между влажностью на границе текучести w_L (пределом текучести) и естественной влажностью w , формула (2):

$$I_C = \frac{w_L - w}{I_p} . \quad (2)$$

Из чего следует, что показатели I_L и I_C связаны между собой зависимостью по формуле (3):

$$I_C = 1 - I_L . \quad (3)$$

В.А. Приклонский применительно к глинистым породам в естественном состоянии рекомендовал использовать третий показатель (дополнительно к двум ранее упомянутым), при определении которого подставляют в формулу (2) влажность образца с нарушенной структурой, вызывающую в нем аналогичную деформируемость под нагрузкой, как и в образце ненарушенной структуры при естественной влажности [1].

Большее распространение получил показатель текучести I_L ввиду своего удобства [2]: чем выше влажность, тем выше численная величина, характеризующая консистенцию грунта (возрастающая функция). Очевидно, при естественной влажности грунта $w = w_p$ (на границе раскатывания) $I_L = 0$, при $w = w_L$ (на границе текучести) $I_L = 1$. Иначе показатель консистенции I_C обращается в ноль при влажности на границе текучести и $I_C = 1$ при влажности на границе раскатывания (убывающая функция).

В современной отечественной практике показатель текучести I_L применяют для классификации связных грунтов по консистенции в соответствии с ГОСТ 25100-2020 «Грунты. Классификация» (таблицы Б.16, Б.17) и ГОСТ 33063-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Классификация типов местности и грунтов» (пункт 7.2 табл. 28, таблицы приложения В). Одновременно с показателем текучести I_L ГОСТ 25100-2020 информационно предусматривает и определение показателя консистенции I_C (справочное приложение Д, пункт Д.10). В пункте 5.2 ГОСТ Р ИСО 14688-2-2017 «Геотехнические исследования и испытания. Идентификация и классификация грунтов. Часть 2. Классификация» приведена классификация грунтов по показателю консистенции I_C , согласно которой чем выше этот показатель, тем прочнее грунт. Вместе с тем в соответствии с пунктом 5.4 ГОСТ Р ИСО 14688-2-2017 ранжирование глинистых грунтов по показателю консистенции I_C может быть приблизительным, в связи с чем в качестве альтернативы предлагается использовать показатель текучести I_L .

Ретроспективный анализ и проблемная ситуация

Отождествление показателей текучести I_L и консистенции I_C – распространенное заблуждение при описании консистенции глинистых грунтов. В специализированной литературе прослеживается смешение этих понятий: показатель текучести I_L часто называют показателем консистенции, что приобрело системный характер [2–10]. Параллельно с этим в технической литературе в отношении показателя текучести встречаются и другие синонимичные термины: индекс текучести [3, 10–13], консистенция [2, 12, 14–16], относительная консистенция [11, 12], коэффициент консистенции [17] и др. Это связано с особенностью адаптации иностранной терминологии в отечественной технической практике. Нередко в одной работе одновременно используют разные термины: показатель и индекс текучести [18], показатель текучести (консистенции) [4, 6, 9], индекс текучести и показатель консистенции [3, 10], индекс текучести и (относительная) консистенция [11, 12], показатель и коэффициент консистенции [17], консистенция и показатель консистенции [2] и др.

Исторически термины, равнозначные показателю текучести I_L по ГОСТ 25100-2020 и ГОСТ 33063-2014, нормированы в 60-70-х годах прошлого века. Термин «консистенция» появляется в СНиП II-Б.1-62 «Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования», а в СНиП II-15-74 «Основания зданий и сооружений» параллельно используются уже два термина: «показатель консистенции» и «консистенция». В дорожных нормативных документах принимается термин «коэффициент консистенции» – СН 449-72 «Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог» (пункты 2.8-2.9, 4.2 и др.), СНиП II-Д.5-72 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования» (пункт 5.3). Далее, этот термин «по наследству» переходит в СНиП 2.05.02-85* «Автомобильные дороги» (пункт 6.7). Любопытно, что в своде правил СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*» использовался только показатель текучести (пункт 7.4). Тем не менее, в обновленной версии – СП 34.13330.2021, наряду с показателем текучести (пункт 7.4), в одном и том же понимании снова употребляется коэффициент консистенции (пункт 7.8). В ГОСТ 33063-2014 (обязательное приложение Б, пункт Б.25) также допущена некорректная запись, отождествляющая показатели текучести и консистенции. При этом, пункт 4.1.5 ГОСТ 1.5-2001 «Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению» четко указывает на недопустимость использования для одного и того же понятия различных научно-технических терминов, близких по смыслу (синонимов). С упомянутым положением межгосударственного стандарта согласуются и Методические рекомендации [19, пункты 6.3, 6.17].

Более того, в справочных разделах ГОСТ 25100-2020 (приложение Е, пункт Е.3.10, таблица Е.7) и ГОСТ 33063-2014 (приложение А, блок-схема А.8) предусматриваются оба показателя одновременно: текучести I_L и консистенции I_c . Однако в обоих этих случаях численное соответствие показателей не приведено.

Существующая терминологическая путаница приводит к курьезным ситуациям в процессе строительства. В качестве примера следует привести характерный прецедент, выявленный в процессе контрольно-строительной деятельности ООО «Автодор-Инжиниринг» на одном из объектов строительства Государственной компании «Автодор». Лаборатория подрядной организации с целью определения пригодности глинистого грунта в качестве основания земляного полотна провела испытания грунтовых проб для определения гранулометрического состава и физических свойств – соответствующие результаты представлены ниже в

табл. 1, 2. При этом подрядчик руководствовался действующей редакцией СП 34.13330.2021 «СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги», в частности, пунктом 7.8, согласно которому к слабым грунтам, среди прочих, относят «глинистые грунты с коэффициентом консистенции выше 0,5». Термин «коэффициент консистенции», подразумевающий в данном контексте «показатель текучести», ввел подрядчика в заблуждение. В итоге вместо показателя текучести I_L рассчитан показатель консистенции $I_C = 1,29$ (табл. 2). Результатом этих действий, ориентированных на некорректную запись в пункте 7.8 СП 34.13330.2021, стала неверная интерпретация консистенции грунта и отнесение его к категории слабых. В то же время при правильной оценке характеристик в соответствии с ГОСТ 25100-2020 ($I_P = 0,21 > 0,17$; $I_L = -0,29 < 0$; содержание песчаных частиц – 44,8 % > 40 %), разновидность связного грунта классифицируется как глина легкая песчанистая твердая.

Таблица 1

Гранулометрический состав глинистого грунта

<i>Содержание фракций грунта, % от массы, размерами, мм</i>								
> 10	5-10	2-5	1-2	0,5-1	0,25-0,5	0,10-0,25	0,05-0,10	<0,05
0,0	0,0	0,7	3,2	5,1	7,8	12,9	15,8	54,4
<i>Содержание песчаных частиц (2-0,05 мм), % от массы</i>								44,8

Таблица 2

Физические свойства глинистого грунта

<i>Характеристика</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Размерность</i>	<i>Значение</i>
<i>Естественная влажность</i>	w	ед.	0,24
<i>Влажность на границе раскатывания</i>	w_p	ед.	0,30
<i>Влажность на границе текучести</i>	w_L	ед.	0,51
<i>Число пластичности</i>	I_P	ед.	0,21

В связи с изложенным представляется целесообразным упорядочить терминологию, используемую в нормативно-технических документах. Кроме того, предлагается включить в стандарты соотнесение классификаций глинистых грунтов по консистенции на основе показателей I_L и I_C (табл. 3).

Таблица 3

Сопоставление классификаций глинистых грунтов по показателям текучести I_L и консистенции I_C

<i>Разновидность глинистых грунтов по ГОСТ 25100-2020, ГОСТ 33063-2014</i>		<i>Показатель текучести I_L, д.е.</i>	<i>Показатель консистенции I_C, д.е.</i>	<i>Консистенция по ГОСТ Р ИСО 14688-2-2017</i>
<i>Супесь</i>	<i>твердая</i>	< 0	$> 1,00$	очень жесткая
	<i>пластичная</i>	$0 \leq I_L \leq 1,0$	$0,75 \leq I_C \leq 1,00$	жесткая
			$0,50 \leq I_C < 0,75$	твердая
			$0,25 \leq I_C < 0,50$	очень мягкая
<i>текучая</i>	$I_L > 1,00$	$I_C < 0$	очень мягкая	
<i>Суглинки и глины</i>	<i>твердые</i>	< 0	$> 1,00$	очень жесткая
	<i>полутвердые</i>	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$0,75 \leq I_C \leq 1,00$	жесткая
	<i>тугопластичные</i>	$0,25 < I_L \leq 0,50$	$0,50 \leq I_C < 0,75$	твердая
	<i>мягкопластичные</i>	$0,50 < I_L \leq 0,75$	$0,25 \leq I_C < 0,50$	мягкая
	<i>текучепластичные</i>	$0,75 < I_L \leq 1,00$	$I_C < 0,25$	очень мягкая
	<i>текучие</i>	$I_L > 1,00$		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показатели консистенции I_C и текучести I_L схожи по обозначению, но отличны по формулам определения: I_L – ГОСТ 25100-2020, приложение А (таблица А1, позиция 34), ГОСТ 33063-2014, приложение Б (пункт Б.25), ГОСТ Р ИСО 14688-2-2017 (пункт 3.9); I_C – ГОСТ 25100-2020, приложение Д (пункт Д.10), ГОСТ Р ИСО 14688-2-2017 (пункт 3.10). Взаимосвязь этих показателей выражается формулой (3).

Неточности в документах СП 34.13330.2021 (пункт 7.8) и ГОСТ 33063-2014 (пункт Б.25) приводят к ошибкам (подмене понятий), и как следствие, – к возникновению разных трактовок, появлению неверных выводов по результатам лабораторных исследований. Эти неточности могут привести к тому, что глинистые грунты твердой, жёсткой и очень жесткой консистенций по ГОСТ Р ИСО 14688-2-2017 (твердые, полутвердые и тугопластичные по ГОСТ 25100-2020, ГОСТ 33063-2014) классифицируются как слабые. Такие случаи отмечены ООО «Автодор-Инжиниринг» в ходе проведения строительного контроля на объектах Государственной компании «Автодор».

По мнению авторов, необходимо разграничить показатели текучести I_L и консистенции I_C путем внесения изменений в пункт 7.8 СП 34.13330.2021 и в пункт Б.25 обязательного приложения Б ГОСТ 33063-2014. Кроме того, заостряем внимание на важности четкого соблюдения терминологии при решении инженерно-технических задач дорожно-транспортного строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приклонский В.А. Грунтоведение. Часть I. / В.А. Приклонский. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Гос. изд-во геолог. литературы, 1949. – 411 с.
2. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов / М.Н. Гольдштейн. – М.: Стройиздат, 1971. – 375 с.
3. Болдырев Г.Г. Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах): учеб. пособие / Г.Г. Болдырев, М.В. Малышев. – 4-е изд., перераб. и доп. – Пенза: ПГУАС, 2009. – 412 с.
4. Геотехнические свойства грунтов: учебно-методическое пособие / П.А. Фонарёв [и др.]; под ред. П.А. Фонарёва. – М.: МАДИ, 2017. – 56 с.
5. Грунтоведение / Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А., Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зиангиров Р.С.; под ред. В.Т. Трофимова. – 6-е изд. перераб и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 1024 с.

6. Дмитриев В.В. Методы и качество лабораторного изучения грунтов / В.В. Дмитриев, Л.А. Ярг. – М.: КДУ, 2008. – 542 с.
7. Кириллов В.С. Основания и фундаменты. Учебник для автомобильно-дорожных вузов / В.С. Кириллов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 392 с.
8. Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии: [Учебник для студентов трансп. вузов] / Н.Н. Маслов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1968. – 629 с.
9. Справочник по механике и динамике грунтов / В.Б. Швец, Л.К. Гинзбург, В.М. Гольдштейн и др.; под ред. В.Б. Швеца. – К.: Будівельник, 1987. – 232 с.
10. Цытович Н.А. Механика грунтов / Н.А. Цытович. – 4-е изд., вновь перераб. и доп. – М.: Госстройиздат, 1963. – 636 с.
11. Леонович И.И., Вырко Н.П. Механика земляного полотна / И.И. Леонович, Н.П. Вырко. – Минск: Наука и техника, 1975. – 232 с.
12. Цытович Н.А. Основания и фундаменты (краткий курс): учеб. для строит. вузов / Н.А. Цытович, В.Г. Березанцев, Б.И. Далматов, М.Ю. Абелев. – М.: Высшая школа, 1970. – 384 с.
13. Чеботарев Г.П. Механика грунтов, основания и земляные сооружения: пер. с англ. / Г.П. Чеботарев. Под общ. ред. заслуж. деят. науки и техники д-ра техн. наук проф. Н.Н. Маслова. – М.: Стройиздат, 1968. – 616 с.
14. Зурнаджи В.А. Механика грунтов, основания и фундаменты: учебник для инж.-строит. вузов и фак. / В.А. Зурнаджи, В.В. Николаев. – М.: Высшая школа, 1967. – 416 с.
15. Справочник по инженерной геологии. – Изд. 2, перераб и доп. Под общей ред. М.В. Чуринова. – М.: Недра, 1974. – 408 с.
16. Справочник проектировщика. Сложные основания и фундаменты / Под ред. Ю.Г. Трофименкова. – М.: Стройиздат, 1969.
17. Бирюков Н.С. Методическое пособие по определению физико-механических свойств грунтов / Н.С. Бирюков, В.Д. Казарновский, Ю.Л. Мотылев. – М.: Недра, 1975. – 176 с.
18. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения: изд. второе, доп. и перераб. / Под общей ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. – М.: Изд-во АСВ, 2016. – 1040 с.
19. Методическое пособие. Методические рекомендации по разработке нормативных документов (сводов правил). – М.: ФАУ «ФЦС», 2016. – 39 с.

LITERATURA

1. Priklonskij V.A. Gruntovedenie. CHast' I. / V.A. Priklonskij. – 2-e izd., dop. i pererab. – M.: Gos. izd-vo geolog. literatury, 1949. – 411 s.
2. Gol'dshtejn M.N. Mekhanicheskie svojstva gruntov / M.N. Gol'dshtejn. – M., Strojizdat, 1971. – 375 s.
3. Boldyrev G.G. Mekhanika gruntov. Osnovaniya i fundamenti (v voprosah i otvetah): ucheb. posobie / G.G. Boldyrev, M.V. Malyshev. – 4-e izd., pererab. i dop. – Penza: PGUAS, 2009. – 412 s.
4. Geotekhnicheskie svojstva gruntov: uchebno-metodicheskoe posobie / P.A. Fonaryov [i dr.]; pod red. P.A. Fonaryova. – M.: MADI, 2017. – 56 s.
5. Gruntovedenie / Trofimov V.T., Korolev V.A., Voznesenskij E.A., Golodkovskaya G.A., Vasil'chuk Yu.K., Ziangirov R.S. Pod red. V.T. Trofimova. – 6-e izd. pererab i dop. – M.: Izd-vo MGU, 2005. – 1024 s.
6. Dmitriev V.V. Metody i kachestvo laboratornogo izucheniya gruntov / V.V. Dmitriev, L.A. Yarg. – M.: KDU, 2008. – 542 s.
7. Kirillov V.S. Osnovaniya i fundamenti. Uchebnik dlya avtomobil'no-dorozhnyh vuzov / V.S. Kirillov. – 2-e izd. pererab. i dop. – M.: Transport, 1980. – 392 s.
8. Maslov N.N. Osnovy mekhaniki gruntov i inzhenernoj geologii: [Uchebnik dlya studentov transp. vuzov] / N.N. Maslov. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Vysshaya shkola, 1968. – 629 s.
9. Spravochnik po mekhanike i dinamike gruntov / V.B. Shvec, L.K. Ginzburg, V.M. Gol'dshtejn i dr.; pod red. V.B. Shveca. – K.: Budivel'nik, 1987. – 232 s.
10. Cytovich N.A. Mekhanika gruntov / N.A. Cytovich. – 4-e izd., vnov' pererab. i dop. – M.: Gosstrojizdat, 1963. – 636 s.
11. Leonovich I.I., Vyrko N.P. Mekhanika zemlyanogo polotna / I.I. Leonovich, N.P. Vyrko. – Minsk: Nauka i tekhnika, 1975. – 232 s.
12. Cytovich N.A. Osnovaniya i fundamenti (kratkij kurs): ucheb. dlya stroit. vuzov / N.A. Cytovich, V.G. Berezancev, B.I. Dalmatov, M.Yu. Abelev. – M.: Vysshaya shkola, 1970. – 384 s.
13. Chebotarev G.P. Mekhanika gruntov, osnovaniya i zemlyanye sooruzheniya: per. s angl. / G.P. Chebotarev. Pod obshch. red. zasluzh. deyat. nauki i tekhniki d-ra tekhn. nauk prof. N.N. Maslova. – M.: Strojizdat, 1968. – 616 s.
14. Zurnadzhi V.A. Mekhanika gruntov, osnovaniya i fundamenti: uchebnik dlya inzh.-stroit. vuzov i fak. / V.A. Zurnadzhi, V.V. Nikolaev. – M.: Vysshaya shkola, 1967. – 416 s.

15. *Spravochnik po inzhenernoj geologii*. – Izd. 2, pererab i dop; pod obshchej red. M.V. Churina. – M.: Nedra, 1974. – 408 s.
16. *Spravochnik proektirovshchika. Slozhnye osnovaniya i fundamenti* / Pod red. YU.G. Trofimenkova. – M.: Strojizdat, 1969.
17. Biryukov N.S. *Metodicheskoe posobie po opredeleniyu fiziko-mekhanicheskikh svojstv gruntov* / N.S. Biryukov, V.D. Kazarnovskij, Yu.L. Motylev. – M.: Nedra, 1975. – 176 s.
18. *Spravochnik geotekhnika. Osnovaniya, fundamenti i podzemnye sooruzheniya: izd. vtoroe, dop. i pererab.* / Pod obshchej red. V.A. Il'icheva i R.A. Mangusheva. – M.: Izd-vo ASV, 2016. – 1040 s.
19. *Metodicheskoe posobie. Metodicheskie rekomendacii po razrabotke normativnykh dokumentov (svodov pravil)*. – M.: FAU «FCS», 2016. – 39 s.

.....

**ISSUE OF AMBIGUOUS INTERPRETATION OF
THE TERMINOLOGY OF SPECIALIZED LITERATURE AND
REGULATORY DOCUMENTS REGARDING
THE LIQUIDITY INDEX OF COHESIVE SOILS**

*Ph. D. (Tech.) A.V. Kozlov,
Engineer A.S. Makarov,
Engineer A.G. Novikov,
Engineer D.D. Shubina*

(«Avtodor-Engineering» LLC)

Contact information: A.Kozlov@avtodor-eng.ru

The fact of terminological confusion in relation to the description of the consistency of clay soils has been established. The examples of confusion of indicators of liquidity I_L and consistency I_c in normative documents and specialized technical literature are revealed. A precedent for incorrect interpretation of the results of soil tests at a real road construction facility due to incorrect terminology in the text of the code of practice is shown. The proposals for adjusting normative documents have been developed.

Key words: *soil moisture, limit of plasticity, limit of liquidity, clay soils, consistency, consistency index, liquidity index, cohesive soils.*

Рецензент: д-р техн. наук А.В. Руденский (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию: 21.04.2022 г.