

О.Г. ЯЩЕНКО

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕКУЧЕСТИ ГРУНТА
ПО ДАННЫМ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕЗУЛЬТАТАМ
ЗОНДИРОВАНИЯ**

*УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»,
г. Гомель, Республика Беларусь,
kseniya_yaschenko@mail.ru*

В статье дается определение показателя текучести, приводятся методы его определения, описывается методика проведения испытаний. Сравнительная оценка показателя текучести, определяемого различными методами, отражена на примере исследования моренной супеси днепровского горизонта. Также в статье приводится сопоставление показателя текучести с показателем консистенции.

Важнейшей составной частью большинства грунтов является жидкая компонента. Вода жидкой компоненты, находящаяся в грунтах, энергетически неоднородна: молекулы воды в непосредственной близости от минеральной поверхности испытывают силы притяжения, которые искажают ее структуру. Поэтому в грунтах помимо свободной выделяют связанную воду. Связанная вода находится и удерживается в наиболее мелких порах и трещинах горных пород и испытывает со стороны поверхности твердой компоненты «связывающее» влияние разной природы и интенсивности, изменяющие структуру и придающие ей аномальные свойства. Такое влияние особенно сильно проявляется в глинистых грунтах, поскольку они обладают высокой степенью гидрофильности, и сказывается на формировании их физико-механических свойств [1].

Влажностные характеристики содержания различных категорий воды в грунтах наиболее просто определяются с помощью лабораторных анализов. Благодаря этому они широко внедрились в практику инженерно-геологических исследований. К таким характеристикам в числе прочих относятся естественная влажность грунта, влажность нижнего и верхнего пределов пластичности, которые, в свою очередь, определяют показатель текучести L .

Согласно «ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация», **показатель текучести I_L** , д.е. – это показатель состояния (консистенции) глинистых грунтов, определяемый по формуле:

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

где w – естественная влажность грунта, %;

w_p – влажность на границе раскатывания, %;

I_p – число пластичности, %.

Число пластичности, в свою очередь, определяется как разность влажности на границе текучести w_L и влажности на границе раскатывания w_p :

$$I_p = w_L - w_p \quad (2)$$

Консистенция глинистых пород при действии на них одинаковыми стандартными внешними усилиями, но при различной влажности может быть текучей, пластичной или твердой. Следовательно, физическое состояние глинистых пород зависит от их напряженного состояния. Поскольку в глинистых грунтах действуют структурные связи разной прочности и водостойкости, их консистенция может быть скрытопластичной либо скрытотекучей. При нарушении естественного сложения глинистые грунты становятся явнопластичными или явнотекучими. В соответствии с этим при нарушении естественного сложения глинистых пород изменяются и прочность, деформируемость и устойчивость, хотя влажность остается неизменной. Это указывает на то, что при характеристике и оценке физического состояния глинистых пород необходимо учитывать как их влажность, так и сложение. В связи с тем, что существует зависимость между сложением и плотностью грунта, важно отметить, что при исследованиях показателя текучести I_L плотность грунта принимают постоянной ($\rho \approx \text{const}$).

Существует два различных метода определения показателя текучести: полевой и лабораторный [2, 3].

Лабораторный метод определения показателя текучести заключается в определении границы текучести и границы раскатывания [2]. *Границу текучести* определяют, как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой балансирный конус (конус Васильева) погружается под действием собственного веса за 5 с на глубину 10 мм. Для этого образец грунта природной влажности предварительно размывают шпателем в фарфоровой чашке или нарезают ножом в виде тонкой стружки, удалив из него растительные остатки крупнее 1 мм, затем подготовленную грунтовую пасту тщательно перемешивают шпателем и небольшими порциями плотно укладывают в цилиндрическую чашку к балансирному конусу. Балансирный конус, смазанный тонким слоем вазелина, подводят к поверхности грунтовой пасты так, чтобы его острие касалось пасты. Затем плавно отпускают конус, позволяя ему погружаться в пасту под действием собственного веса. *Границу раскатывания* (пластичности) определяют, как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой паста, раскатываемая в жгут диаметром 3 мм, начинает распадаться на кусочки длиной 3–10 мм. Кусочки распадающегося жгута собирают в стаканчики, накрываемые крышками. Когда масса грунта в стаканчиках достигнет 10–15 г, определяют влажность [2].

Внимание здесь следует обратить на то, что при применении лабораторного метода используется грунт **нарушенной структуры**, в то время как при полевом методе используется грунт в **естественном сложении**, кроме того, химический состав воды в грунте при проведении лабораторных и полевых исследований различен.

В полевых условиях показатель текучести определяется с помощью зондирования.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Рассмотрим применение статического зондирования. Испытание грунта методом статического зондирования проводят с помощью специальной установки, обеспечивающей вдавливание зонда в грунт. При статическом зондировании по данным измерения сопротивления грунта под наконечником и на боковой поверхности зонда определяют:

- удельное сопротивление грунта под наконечником (конусом) зонда q_c ;
- удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности (муфте трения) зонда f_s (для электрического зонда) [3].

Показатель текучести в данном случае определяют по ТКП 45-5.01-2005 (02250)[4].

Сам процесс зондирования (взаимодействия зонда с породой) очень сложен и до настоящего времени нет общепризнанной теории, описывающей его аналитически. Тем не менее, накопленный в этой области опыт проведения экспериментальных работ позволяет связывать результаты зондирования с показателями состава, состояния и свойств пород.

Важно отметить влияние формы и размеров наконечников зонда на результаты испытаний. Несмотря на то, что общепринятого мнения в данном вопросе не имеется, большинство исследователей считают, что увеличение диаметра зонда до 100 мм ведет к некоторому снижению величины q_c . При этом в более плотных породах оно проявляется более отчетливо. Угол заострения наконечника практически не влияет на удельное сопротивление q_c , однако оказывает существенное влияние на удельное трение. Чем выше его заострение, тем выше трение породы по боковой поверхности.

Сравнение лабораторного и полевого методов определения показателя текучести проведем наглядно, изучая характеристики моренных отложений (*gIId*) днепровского горизонта. Материалы получены при прохождении производственной практики в ОАО «Институт Гомельоблстройпроект» [5]. Изучению подлежат два инженерно-геологических элемента, в результате изысканий, определяемых как:

- 1) супесь моренная пластичная средней прочности (ИГЭ 1);
- 2) супесь моренная пластичная прочная (ИГЭ 2).

Показатели, основанные на лабораторных данных, определены простыми математическими вычислениями (формулы 1, 2). При определении же показателя текучести по данным зондирования в ТКП 45-5.01-2005 (02250) предусмотрено 2 варианта установления искомого значения (при отсутствии необходимого в таблице): интерполяцией и по формуле (3) (Приложение В настоящего ТПК).

$$I_L = 0,352 - 0,184 \ln q_c. \quad (3)$$

При расчетах искомого показателя в данном случае был применен второй способ. Исходные данные и определенные по ним показатели представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные и определяемые по ним показатели текучести

	Лабораторные данные				Данные зондирования		
	w , %	w_p , %	w_L , %	I_L , д.ед	q_c , МПа	f_s , МПа	I_L , д.ед
ИГЭ 1	12,56	10,85	15,78	0,35	1,92	0,07	0,23
ИГЭ 2	12,58	10,83	15,83	0,36	4,68	0,10	0,07

Анализируя полученные значения, легко заметить, что показатели текучести по данным зондирования существенно меньше показателей, определяемых по лабораторным данным. Это объясняется, в большей степени, тем фактом, что при определении показателя по данным зондирования, в отличие от лабораторных исследований, не нарушается естественная структура грунта. Кроме того, необходимость пересчета при переходе от грунтов естественного сложения к грунтам, нарушенным ведет за собой некоторые погрешности. В связи с этим возникает вопрос, следует ли сопоставлять

показатели текучести при нарушенном и ненарушенном сложении. Еще одним фактом, свидетельствующим в пользу того, что данные показатели не следует отождествлять между собой, является то, что давление на грунт, оказываемое наконечником зонда и конусом, применяемом в пенетрационном методе, существенно различны.

В связи с этим Павел Онуфриевич Бойченко в 1964 году теоретически обосновал и ввел в научный оборот термин **показатель консистенции (C_B) грунта ненарушенной структуры** [6]. Это интегральный показатель, зависящий от естественной влажности, плотности, особенностей текстуры и микростроения грунта, и в конечном итоге его величина определяется, прежде всего, типами контактов между отдельными элементами грунтовой системы, а также площади этих контактов. Следовательно, C_B объективен и является показателем состояния грунта и определяет исходное состояние грунта в естественном сложении.

Данный показатель определяется при помощи конуса Бойченко методом лабораторной пенетрации. Метод сводится к определению глубины погружения конуса в грунт и последующему переходу от измеряемой величины непосредственно к показателю консистенции грунта C_B .

Классификация консистенции грунтов по I_L при нарушенном сложении и C_B

при ненарушенном сложении представлена в таблице 2, по которой можно оценить соотношение этих показателей [6].

Таблица 2 – Классификация консистенции грунтов по показателям текучести I_L и консистенции C_B

Показатель текучести I_L	Показатель консистенции C_B	Консистенция грунта
< 0	$< -0,25$	твердая
$0-0,25$	$-0,25-0$	полутвердая
$0,25-0,5$	$0-0,25$	тугопластичная
$0,5-0,75$	$0,25-0,75$	мягкопластичная
$0,75-1$	$0,75-1$	текучепластичная
> 1	> 1	текучая

Злобин Д.Ю. и Семенова Л.К. в своей статье «Показатели текучести и консистенции – основные физико-химические характеристики состояния грунтов» отмечают, что главным преимуществом конуса Бойченко является определение пределов пластичности одним методом, что полностью исключает субъективность лабораторного определения разными методами (определение предела текучести и предела раскатывания) [6].

Таким образом, следует разграничивать показатель текучести и показатель консистенции, определяя первый как характеристику грунта нарушенной структуры, а последний как характеристику грунта естественного сложения. Стоит отметить, что данные показатели не заменяют, а дополняют друг друга. Это объяснимо тем, что несущая способность грунтов, определяемая разными методами, может существенно различаться. В таких случаях для избежания повреждения (или даже разрушения) инженерных сооружений за истинный принимают наихудший с точки зрения инженерно-геологических условий результат, а именно наименьшую несущую способность.

Список использованной литературы

1 Грунтоведение / В.Т. Трофимов, В.А. Королев, Е.А. Вознесенский, Г.А. Голодковская, Ю.К. Васильчук, Р.С. Зиангиров; под ред. В.Т. Трофимова. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 1024 с.

2 ГОСТ 19912 – 2012. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. – Взамен ГОСТ 19912 – 2001; введ. 01.11.2013. – М. : МНТКС, 2012. – 36 с.

3 ГОСТ 5180 – 84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – Взамен ГОСТ 5180 – 75, ГОСТ 5181 – 78, ГОСТ 5182 – 78, ГОСТ 5183 – 77; введ. 01.07.1985. – М., Издательство стандартов, 1985. – 24 с.

4 ТКП 45-5.01-15-2005 (02250). Прочностные и деформационные характеристики грунтов по данным статического зондирования и пенетрационного каротажа. Правила определения = Триваласныя і дэфармацыйныя характарыстыкі грунтоў па даных статычнага зандзіравання і пенетрацыйнага каратажу. Правіла вызначэння. – Введ. 01.07.2006. – Минск : БелНИСС: Госстандарт, 2006. – 21 с.

5 Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям для объекта: «30-квартирный жилой дом в аг. Еремино Ереминского сельсовета Гомельского района».

6 Здобин, Д.Ю., Семенова, Л.К. Показатели текучести и консистенции – основные физико-химические характеристики состояния грунтов // Журнал «Инженерные изыскания». – 2013. – № 5. – С. 28–33.

O.G. YASCHENKO

COMPARATIVE APPRAISAL OF THE SOIL LIQUIDITY INDEX BY LABORATORY RESEARCH DATA AND PROBING RESULTS. THE CONSISTENCE INDEX

The article gives a definition of the liquidity index, describes methods for determining it and the test procedure. A comparative appraisal of the liquidity index, determined by different methods, is shown in the example of the research of the moraine sandy loam from the Dnieper horizon. In the article also compares the liquidity index with the consistence index.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ