

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛОВ ПЛАСТИЧНОСТИ ГРУНТОВ

В.В. ДЕНИСЕНКО¹, П.А. ЛЯШЕНКО²

¹ Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул.Московская, 2;
электронная почта: devivi@yandex.ru

² Кубанский государственный аграрный университет,
350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Калинина, 13;
электронная почта: lyseich1@yandex.ru

Отмечено, что в настоящее время определение пределов пластичности грунтов производится вручную по ГОСТ 5180, трудоемко и требует высокой квалификации и профессиональных навыков исполнителей. Приводится анализ достоинств и недостатков известных методов определения пределов пластичности грунтов. Из известных методов определения пределов пластичности грунтов, обеспечивающих наиболее объективную оценку состояния грунтов, являются методы пенетрации грунтов конусом, которые не нашли распространения так как непроизводительны и трудоемки из-за необходимости подбора консистенции испытываемых грунтов добавлением воды или подсушиванием, обеспечивающей погружение конуса на заданную глубину за определенное время. Перспективным направлением развития совершенствования пенетрационных методов является отработка режимов испытания грунтов пенетрацией конусом, обеспечивающих идентичность проведения испытаний при определении верхнего и нижнего пределов пластичности грунтов без подгонки их консистенции с минимальными трудозатратами на подготовку образцов.

Ключевые слова: грунт, пластичность, верхний предел пластичности, нижний предел пластичности, метод конусной пенетрации.

Введение

При производстве инженерно-строительных изысканий разновидность грунтов определяют по числу пластичности I_P , а консистенцию грунтов – по показателю текучести I_L , которые вычисляют по формулам:

$$I_P = W_L - W_P; \quad (1)$$

$$I_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P}, \quad (2)$$

где W_L и W_P – влажность грунта соответственно на верхнем пределе пластичности (пределе текучести) и на нижнем пределе пластичности (пределе раскатывания), %;

W – природная влажность грунта.

Определение пределов пластичности грунтов в настоящее время производят в соответствии с ГОСТ 5180 [1] путем подбора влажности (добавлением в грунт воды или его подсушиванием), при которой:

- балансирный конус массой 76 г с углом при вершине конуса 30° погрузится в грунт на 10 мм за 5 с – для верхнего предела пластичности;

- жгут раскатываемый из грунта до диаметра 3 мм начинает рассыпаться на отдельные кусочки длиной 3-10 мм – для нижнего предела пластичности.

При определении нижнего предела пластичности раскатывание грунта в жгут производится вручную, требует высокой квалификации исполнителей и значительных затрат времени. Кроме того, он приводит к профзаболеваниям кожи рук исполнителей.

При определении верхнего предела пластичности также требуется высокая квалификация исполнителей и значительные затраты времени. Кроме того, оба метода не обеспечивают стабильности результатов, т.к. зависят от мастерства исполнителя и других субъективных факторов, а также не поддаются автоматизации.

Таким образом, проблема по совершенствованию техники и технологии определения пределов пластичности грунтов является актуальной, а работы, направленные на упрощение и ускорение определения пределов пластичности грунтов и повышение достоверности результатов, имеют большое практическое значение.

1 Прямые и косвенные методы определения пределов пластичности грунтов

В трудах VIII международного конгресса по механике грунтов и фундаментостроению отмечены особая значимость, содержательность и влажность значений границ пластичности связных грантов. Это необходимо не только для классификации грунтов, но является основой для прогноза изменения прочностных и деформационных свойств связных грунтов,

определения расчетного давления на грунт и сопротивления грунта по острию и боковой поверхности забивных свай. В этой связи в отечественной технической литературе неоднократно отмечалось, что существующие стандартные методы определения границ пластичности не обеспечивают необходимой точности и нуждаются в усовершенствовании или даже в замене. При этом многие авторы считают, что для определения обеих границ пластичности целесообразно использовать один и тот же метод пенетрационных испытаний связных грунтов [2-5].

По классификации В.Д. Ломтадзе [6] пределы текучести и раскатывания, а также число пластичности входят в первую группу показателей свойств грунта (показатели вещественного состава, строения и физических свойств грунтов и горных пород).

П.Я. Клемяционок [7] классифицирует показатели по признаку отношения рассматриваемого показателя к теоретическим моделям механики грунтов или к более общим геотехническим моделям. При этом такие "условные" показатели, как пределы пластичности, получают четкий смысл и возможность использования благодаря стандартизации процедуры испытаний.

Предел текучести W_L и предел раскатывания W_P относятся к фазовой модели грунта. Для определения их существуют прямые методы по ГОСТ 5180 [1]: для W_L – конусный на приборах А.М. Васильева, А. Казагранде и др.; для W_P – раскатывание. Кроме того, могут быть использованы косвенные методы:

- определение одних характеристик по другим с использованием статистических уравнений связи;
- пенетрационные методы;
- статическое и динамическое зондирование;
- пенетрационно-каротажные методы.

Некоторые свойства показателей грунтов важны с точки зрения теории надежности оснований и внедрения в проектирование вероятностно-статистических методов: возможность массовых определений; структура ошибок определения показателей, соотношение случайных и систематических

ошибок; возможность теоретического обоснования закола распределения показателя как случайной величины; степень статистической зависимости отдельных показателей.

Согласно рекомендациям в руководстве [8] все показателя физических свойств грунтов делятся на три группы:

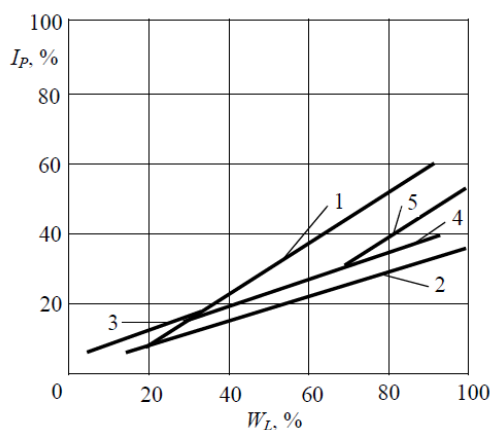
- показатели состояния или плотности;
- показатели состава или "глинистости" грунта: пределы пластичности, число пластичности и т.д.;
- для грунтов в трехфазном состоянии (при коэффициенте водонасыщения $S_r < 0,8$) особо выделяются естественная влажность и степень влажности.

Внутри каждой группы показатели тесно скоррелированы между собой, а для некоторых имеют место детализированные зависимости, осложненные естественной неоднородностью грунтов, приводящей к рассеиванию значений.

Для показателей второй группы решающее значение имеет содержание глинистых частиц, это и обуславливает взаимосвязь отдельных показателей в группе. Практическое значение таких взаимосвязей состоит в возможности их использования для расчета показателей, стандартные способы определения которых, неточны или трудоемки. Это общепризнано, например, в отношении предела раскатывания [6, 9]. Поэтому предложен косвенный метод определения числа пластичности (рисунок 1) по уравнению линейной регрессии вида

$$I_P = b_i \cdot W_L - a_i, \quad (3)$$

где b_i и a_i – безразмерные коэффициенты.



1 – по данным Б.Ф. Галай; 2 – по данным Г.К. Ливаднева;
 3 – моренные супеси и суглинки европейской части РФ;
 4 – элювиальные суглинки и глины Урала;
 5 – юрские глины Москвы

Рисунок 1 – Взаимосвязь между числом пластичности и пределом текучести

По коэффициентам уравнения (1) уже накоплен обширный имперический материал.

Б.Ф. Галай [9] приводит значения $b_i = 0,75$ и $a_i = 11$. Эти данные получены осреднением коэффициентов в уравнениях регрессия для различных грунтов с интервалом изменения $W_L = 20-100 \%$.

Г.К. Ливаднев [10] дает $b_i = 0,47$ и $a_i = 3,47$, характеризуя ими весьма разнообразные по генетическому типу грунты с $W_L = 18-125 \%$.

По И.Л. Клемяционку [7] можно выделить следующие основные этапы реализации косвенных методов определения показателей свойств грунтов, причем каждому из этапов соответствует определенная стадия оценки точности и надежности показателя:

- определение оценок истинных значений параметров по опыту $a_i (i = 1, 2, \dots, k)$ и оценка их погрешностей или, соответственно, определение среднеквадратических отклонений и коэффициентов вариации;

- оценка абсолютной и относительной погрешности значения функции $\Psi(a_1, a_2, \dots, a_k)$, вычисленного по экспериментально полученным параметрам a_i ;

- обоснование метода при использовании в конкретных условиях, окончательное уточнение ошибок определения показателя и их увязка с предъявляемыми проектированием требованиями.

2 Методика определения пластичности

Пластичность грунта – его способность деформироваться под воздействием внешних усилий без разрыва сплошности и сохранять приданную форму после того, как действие внешней силы устранено. Пластичность проявляется лишь при определенном содержании связанной воды, позволяющем частицам передвигаться относительно друг друга без разрыва сплошности. При этом в зависимости от характера взаимодействия воды с грунтом и от ее количества меняются консистенция и прочность грунта. При исследованиях обычно используются как показатели пластичности два вида влажности: предел текучести (верхний предел пластичности) W_L и предел раскатывания по ГОСТ 5180 [1] (нижний предел пластичности) W_P . Интервал влажности между ними I_P характеризуется числом пластичности и используется как классификационный показатель грунта. Пределы и число пластичности косвенно характеризуют минералогический состав и дисперсность грунта.

Наиболее распространены такие методы определения пределов пластичности [2]:

- методы, предусмотренные ГОСТ 5180 [1], по которым W_L определяется с помощью конуса, а W_P – по влажности раскатывания грунта в шнур;

- конусные методы определения обоих пределов.

Конусные методы более объективно оценивают состояние грунта.

Применяемый в настоящее время конусный метод был разработан двумя авторами, А.М. Васильевым (1956 г.) и П.О. Бойченко (1964 г.).

Объективной характеристикой этого метода служит величина предельного напряжения сдвига R_p в МПа [11]:

$$P_{\delta} = \alpha \frac{P}{h^2}, \quad (4)$$

где P – масса конуса, кг;

h – глубина погружения конуса, см;

α – коэффициент, зависящий от угла раскрытия конуса (при $30^\circ - \alpha = 1$; при $45^\circ - \alpha = 0,42$; при $60^\circ - \alpha = 0,22$).

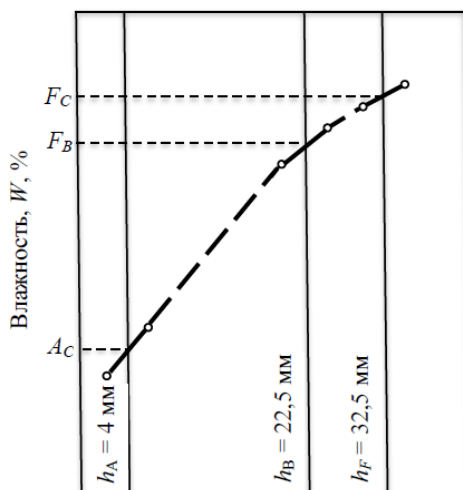
По П.А. Ребиндеру эта величина предельного напряжения инвариантна по отношению к нормальным условиям, т.е. не зависит от нагрузки на конус и от угла при вершине конуса. Условием этой инвариантности является однородность грунта и отсутствие уплотнения его под конусом, что характерно для деформаций пластического типа. Свойство инвариантности позволяет использовать для определения пределов пластичности конусы разной массы с разным углом при вершине.

Авторами конусных методов предлагается способ определения пластичности применительно к конусам определенной массы, которые погружаются в водонасыщенную глинистую пасту. По методу Б.О. Бойченко [3] конус массой 0,3 кг должен погружаться на $h = 4$ мм при влажности W_P и на $h = 32$ мм при влажности W_L . По методу А.М. Васильева конус массой 0,076 кг соответственно должен погружаться на 2 мм и на 10 мм. В обоих методах угол при вершине конуса равен 30° .

По исследованиям П.О. Бойченко [3, 12] при $P = 0,3$ кг и $h = 4$ мм $R_P = 0,179$ МПа; по А.М. Васильеву – при $P = 0,076$ кг и $h = 2$ мм $R_P = 0,1863$ МПа; по И.М. Горьковому [13] – $R_P = 0,177$ МПа.

Ниже приводится применение метода конуса по П.О. Бойченко.

Чтобы определить нижний предел пластичности, производят два опыта по определению влажности грунта при погружениях конуса, по возможности более близких к 4 мм (рисунок 2). В одном испытании глубина погружения конуса должна быть больше, во втором меньше 4 мм. Глубина погружения конуса должна находиться в пределах $2,5 \text{ мм} \leq h \leq 7 \text{ мм}$. Если влажность подготовленного грунта высока ($h > 7$ мм), то образец надо подсушить. Численное значение нижнего предела пластичности W_P , отвечающее влажности грунта при глубине $h = 4$ мм, находится графической интерполяцией.

Глубина погружения конуса, h , мм

F_C и F_B – значение верхнего предела пластичности при погружении конуса на $h_F = 32,5$ мм и $h_B = 22,5$ мм; A_C – значение нижнего предела пластичности при погружении конуса на $h_A = 4$ мм

Рисунок 2 – Графический способ установления численных значений пределов пластичности

Применяющееся при определении предела раскатывания W_P уплотнение грунтов обеспечивает монолитность образцов при их водонасыщении, близком к полному. Величина уплотняющего давления и продолжительность его действия могут варьировать в широких пределах, не влияя на конечные результаты опытов, так как влажность фиксируется после испытания грунтов конусом, механическая же сопротивляемость грунта при близком к полному водонасыщению определяется фактическим водосодержанием и практически не зависит от величины давления, которое было приложено в процессе формирования образца.

Методика определения верхнего предела пластичности W_L в общих чертах аналогична вышеприведенной. Глубина отпечатка конуса в одном опыте должна быть $h < 32$ мм (27-32 мм) в другом – больше (32-37 мм). Чтобы получить $h > 27$ мм, грунт надо увлажнять. Верхний предел пластичности, соответствующий влажности при $h = 32$ мм, определяется графическим путем (см. рисунок 2).

П.О. Бойченко [3] предложил также ускоренный способ определения пределов пластичности. При этом один опыт производится с грунтом, консистенция которого характеризуется глубиной погружения конуса в

пределах 3-6 мм. Средняя глубина погружения конуса устанавливается по 3-5 пенетрациям. Чтобы исключить случайные ошибки, влажность определяют по двум параллельным пробам. При определении верхнего предела пластичности во втором опыте величины глубин погружения конуса должны быть в пределах от 26 мм до 37 мм. Величины пределов пластичности находят графически (рисунки 3 и 4).

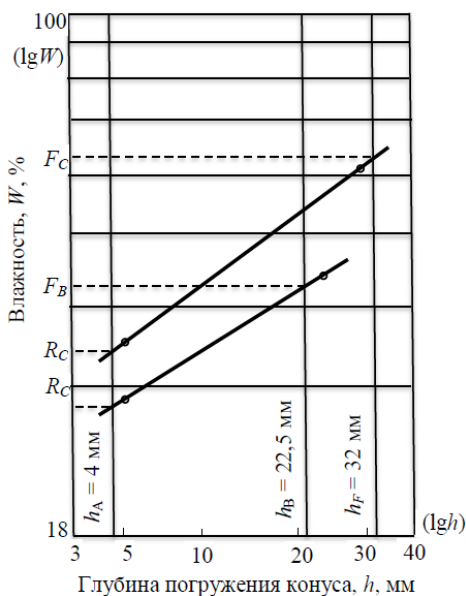
Принятые масштабы логарифмической сетки отображаются следующими выражениями

$$x_h = 180(\lg h - 0,477); \tag{5}$$

$$x_w = 300(\lg W - 1). \tag{6}$$

Такие масштабы позволяют устанавливать значения пределов пластичности с точностью 0,1-0,2 % по влажности.

Одним из существенных недостатков конусного метода, предложенного А.М. Васильевым и П.О. Бойченко, является то, что по их методике нужен подбор влажности грунта, при которой конус погружается на определенную глубину.



F_C и F_B – значение верхнего предела пластичности при погружении конуса на $h_F = 32$ мм и $h_B = 22,5$ мм; R_C – значение нижнего предела пластичности при погружении конуса на $h_A = 4$ мм

Рисунок 3 – Графический способ установления численных значений пределов пластичности на логарифмической сетке

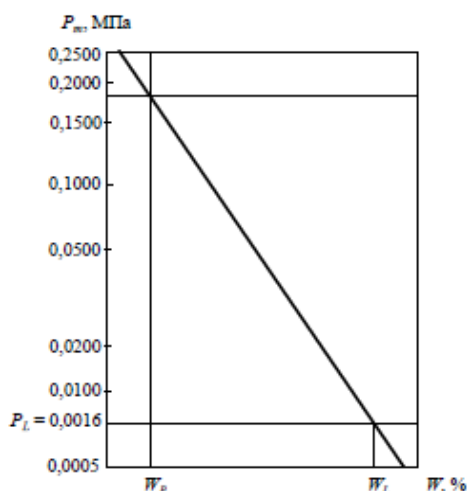


Рисунок 4 – График зависимости предельного напряжения сдвига от влажности водонасыщенного грунта (в полулогарифмических координатах)

А.Г. Рудь [10] подложил универсальную зависимость для определения показателя текучести I_L в долях единицы:

$$I_L = \sqrt{2 \frac{h - h_p}{h_L - h_p} + 0,25} - 0,5, \quad (7)$$

где h – глубина погружения конуса пенетрометра в исследуемый грунт, мм;

h_p и h_L – глубина погружения конуса пенетрометра на границе пластичности и текучести, мм.

Автор считает, что эта зависимость годится для пенетрометра любой системы. Это объясняется тем, что h_p и h_L в обобщенной форме учитывают параметры пенетрометра: массу, угол заострения конуса и скорость погружения. Так, для пенетрометра П.О. Бойченко

$$I_L = \sqrt{\frac{h - 0,5}{14}} - 0,5. \quad (8)$$

Ряд исследователей показали, что между влажностью грунта и логарифмом предельного напряжения сдвига (или логарифмом глубины погружения конуса) имеется зависимость [14, 15].

Используя эту зависимость В.Ф. Разоренов [4] предложил способ двух пенетраций для определения границ пластичности. Этот способ устранял

недостаток конусного метода, связанный с подбором влажности. Однако, он исходит из тех же граничных условий предельного напряжения сдвига, о которых говорилось выше.

3 Глубина погружная конуса и связь с пластичностью

На основании обобщения результатов исследований А.М. Васильева, П.О. Бойченко, И.М. Горькового, М.В. Ивановой и Г.Г. Саатчана В.Ф. Разоренов предложил несколько вариантов методики пенетрационного определения границ пластичности связных грунтов. Наиболее совершенным оказался способ двух пенетраций, основанный на следующих предпосылках:

- границы пластичности W_P и текучести W_L определяются по результатам пенетрационных испытаний как минимум двух образцов при двух любых значениях влажности W_P и W_L , находящихся примерно в интервале границ пластичности;

- образцы близки к полному водонасыщению $S_r = 0,96-0,97$;

- значениям влажности W_P на границе раскатывания и W_L на границе текучести соответствуют удельные сопротивления пенетрации $R_P = 0,1863$ МПа; и $R_L = 0,00745$ МПа;

В условиях полного водонасыщения грунта между влажностью и логарифмом удельного сопротивления пенетрации существует функциональная линейная зависимость при $L_0 = 1$

$$W_0 \cdot L_0 = W_L - \frac{\gamma_w}{r_0} \cdot \lg \frac{R_0}{R_L}, \quad (9)$$

где L_0 – коэффициент приведения. $L_0 \geq 1$ – функция степени водонасыщения грунта;

Поэтому в полулогарифмическом масштабе соответствующие графики имеют вид прямых.

При заданных граничных условиях R_P и R_L угловой коэффициент γ/r_0 равен

$$\frac{\gamma_w}{r_0} = \frac{W_L - W_P}{\lg \frac{R_P}{R_L}} \quad (10)$$

Полную влагоемкость каждого образца вычисляют по формуле

$$W_1 = \gamma_w \left[\frac{1}{\gamma_1} (1 + W_0) - \frac{1}{\gamma_s} \right], \quad (11)$$

В итоге правильность формования образцов и точность определения границ пластичности грунтов контролируют:

- параллельным определением влажности грунта с торца и реза режущего кольца;
- определением фактической степени водонасыщения каждого образце;
- выявлением инвариантности удельного сопротивления пенетрации в каждом испытании;
- параллельными пенетрационными испытаниями грунта с торца и реза режущего кольца;
- испытаниями третьего контрольного образца.

При таком контроле обеспечивается достаточно высокая точность определения границ пластичности связных грунтов.

В последние годы значительные по объему экспериментальные исследования пенетрационных методов проведены Е.Н. Богдановым [16, 17]. Они позволили уточнить методику проведения конусных испытаний и обработки результатов. Эксперименты проводились на полностью водонасыщенных грунтах нарушенного и естественного сложения. Параллельно определялась прочность грунтов в некотором интервале изменения их состояния по влажности пенетрацией конусами с различными углами при вершине, вращательным срезом (для грунтов в текучем и текуче-пластичном состоянии) и сдвиговыми испытаниями. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Некоторые характеристики исследованных грунтов (по Е.Н. Богданову), относительные числа

Наименование грунта	Предел текучести, W_L	Предел раскатывания, W_P	Число пластичности, I_P
Озерно-ледниковый суглинок I	0,212	0,356	0,144
Кембрийская глина I	0,270	0,465	0,195
Сапропель	2,050	4,700	2,650
Озерно-ледниковый суглинок II	0,189	0,352	0,163
Тортонская глина	0,292	0,556	0,264
Кембрийская глина II	0,235	0,431	0,196

Е.Н. Богдановым подтвержден линейный характер зависимости логарифма удельного сопротивления пенетрации сцепления от влажности грунта. Для всех грунтов (см. таблицу 1) уравнения регрессии

$$\lg C = a_1 + b_1 \cdot W ; \quad (12)$$

$$\lg C = a_2 + b_2 \cdot W , \quad (13)$$

имеют отрицательные значения b_1 , b_2 , а коэффициент корреляции во всех случаях по модулю близок к единице. Таким образом, данные Е.Н. Богданова полностью подтверждают установленный многими исследователями логарифмический характер зависимости показателей прочности водонасыщенных грунтов от влажности.

Таким образом, из известных методов определения пределов пластичности грунтов, обеспечивающих наиболее объективную оценку состояния грунтов, являются методы пенетрации грунтов конусом.

Однако известные пенетрационные методы определения пределов пластичности грунтов не нашли распространения так как непроизводительны и трудоемки из-за необходимости подбора консистенции испытываемых грунтов добавлением воды или подсушиванием, обеспечивающей погружение конуса на заданную глубину за определенное время.

Перспективным направлением развития совершенствования пенетрационных методов является отработка режимов испытания грунтов пенетрацией конусом, обеспечивающих идентичность проведения испытаний

при определении верхнего и нижнего пределов пластичности грунтов без подгонки их консистенции с минимальными трудозатратами на подготовку образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
2. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород.– М.: Изд. МГУ, 1968. – т. 3. – С. 40-16.
3. **Бойченко П.О.** Определение пределов пластичности и консистенции глинистых грунтов методом конуса. – Л.: Изд. ЛГУ, 1964. – 10 с.
4. **Разоренов В.Ф.** Пенетрационные испытания грунтов. – М.: Строй-издат, 1960. – 10 с.
5. **Гольштен М.Н.** Механические свойства грунтов (основные компоненты грунта и их взаимодействие). – М.: Стройиздат, 1973. – 375 с.
6. **Ломтадзе В.Д.** Методы лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород. – Л.: Недра, 1972. – С. 15-18.
7. **Клемяционок П.Л.** Косвенные методы определения показателей свойств грунтов. – М.: Стройиздат, 1987.
8. Руководство по составлению региональных таблиц нормативных и расчетных показателей свойств грунтов. – М.: Стройиздат, 1981.
9. **Галай Б.Ф.** Корреляционные зависимости между показателями пластичности глинистых грунтов / Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1974, № 4. – С. 23.
10. **Рудь А.Г.** Прямой метод определения показателя текучести // Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении: сб. трудов НИИОСП. – М.: Стройиздат, 1987. – т. 1.– С. 10.
11. **Ребиндер П.А., Семенов Н.А.** О методике погружения конуса для характеристики структурно-механических свойств пластично-вязких тел // Докл.АН СССР. – М.; 1949, – т. 14, № 6. – С.20-25.
12. **Бойченко П.О.** К вопросу определения пределов пластичности грунтов

методом конуса // Ученые записки ЛГУ № 209, серия геол. наук, № 7. – Л., 1956. – С. 40-48.

13. **Горькова И.М.** Физико-химические исследования дисперсных осадочных пород в строительных целях. – М.: Стройиздат, 1975.

14. **Иванова М.В., Саатчан Г.Г.** Ускоренные методы испытаний грунтов / Сообщение ЦНИИС. – М., 1955, – № 63. – 5 с.

15. **Овчаренко Ф.Д.** Гидрофильность глин и глинистых минералов. – Киев: Изд. АН УССР, 1961. – 7 с.

16. **Богданов Е.Н.** Исследование инвариантности удельного сопротивления пенетрации связных грунтов // Грунтоведение и инженерная геология: сб. трудов ЛГУ. – 1976, вып. I. – С. 37.

17. **Богданов Е.Н.** Связь результатов пенетрационных испытаний различными конусами с прочностными характеристиками глинистых грунтов // Грунтоведение и инженерная геология: сб. трудов ЛГУ. – 1976, вып. I. – С. 30.

REFERENCES

1. GOST 5180-84 Soils. Laboratory methods for determining the physical characteristics.

2. Toolkit engineering and geological study of mountain porod. – М.: Publishing. – М.: Moscow State University, 1968. – Vol. 3 – P. 40-16.

3. **Boychenko P.O.** Opredelenie limits of consistency and plasticity of clay soils-cone method. – L.: Publishing LSU, 1964. – P. 10.

4. **Razorenov V.F.** Penetratsionnye soil testing. – М.: Stroyizdat, 1960. – P. 10.

5. **Golshten M.N.** Mechanical properties of soils (the main components of the soil com and their interaction). – М.: Stroyizdat, 1973. – 375 p.

6. **Lomtadze V.D.** Methods of laboratory tests of physical and mechanical properties of rocks. – L.: Nedra, 1972. – P. 15-18.

7. **Klemyatsionok P.L.** Indirect methods for determining the performance properties of soils. – М.: Stroyizdat, 1987.

8. Guidelines for the regional tables, normative and calculated parameters of soil properties. – М.: Stroyizdat, 1981.

9. **Galay B.F.** Correlation between the plasticity of clay soils / Grounds, foundations and mechanics gruntov. – 1974, № 4. – P. 23.

10. **Rudi A.G.** The direct method of determining flow index // The acceleration of technological progress in the Foundation Engineering: Sat. NIIOSP works. – M.: Stroyizdat, 1987. – P. 10.

11. **Rebinder P.A., Semenenko N.A.** On the method of immersion cone dlyaharakteristiki structural and mechanical properties of the plastic-viscous bodies // Dokl.AN USSR. – M.; 1949 -m. 14, № 6 – P. 20-25.

12. **Boychenko П.О.** On the question of the definition of the limits of the plasticity of the soil by the cone // Scientific notes LSU number 209, series Geology. Science, № 7. – L., 1956. – P. 40-48.

13. **Gor I.M.** Physico-chemical studies of dispersed osadochnyh rocks for construction purposes. – M.: Stroyizdat, 1975.

14. **Ivanova M.V., Saatchan G.G.** Accelerated test methods gruntov / Post CNIIS. – M., 1955. – № 63. – P. 5.

15. **Ovcharenko F.D.** Hydrophilicity I clay clay minerals. – Kiev Univ. Ukrainian Academy of Sciences, 1961. – P. 7.

16. **Bogdanov E.N.** Research invariance specific Sopra tivleniya penetration cohesive soils // Soil and geology inzhenernaya: Sat. works LSU. –1976, Vol. I. – P. 37.

17. **Bogdanov E.N.** Communicate the results of a penetration test various bonuses to strength characteristics glinistyhgruntov // Soil and geology inzhenernaya: Sat. works LSU. – 1976, Vol. I. – P. 30.

ANALYSIS METHODS OF DETERMINATION PLASTIC LIMIT SOIL

V.V. DENISENKO¹, P.A. LYASHENKO²

¹ *Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: devivi@yandex.ru*

² *Kuban State Agrarian University,
13, Kalinina st., Krasnodar, Russian Federation, 350044,
e-mail: lyseich1@yandex.ru*

It is noted that the current definition of the limits of the plasticity of the soil is made by hand according to GOST 5180, labor-intensive and requires high-Coy qualifications and professional skills of the performers. The analysis of the advantages and disadvantages of the known methods for determining the limits of the plasticity of the soil. Among the known methods for determining the limits of the plasticity of soils, provide the most objective assessment of the co-state soil, are the methods of penetration of ground cone, which have not been spread since the unproductive and time-consuming because of the need of selection consistency test soil by adding water or drying is providing immersion cone seting depth over time. A promising direction of development of methods of improving a penetration test is to develop modes of ground cone penetration, providing identity testing when determining the upper and lower limits of plasticity soils without adjusting their consistency with minimal effort to prepare the samples.

Key words: soil, plasticity, the upper limit of plasticity, the lower-bound of the plasticity, the method of cone penetration.