

Оценка влияния точности определения прочностных свойств грунта на результаты проектных расчетов

О.В. Зубова², А.Ю. Виноградов^{1,2}

¹ ООО НПО «Гидротехпроект», г. Валдай, Россия; ² Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: gd@npogtp.ru

Аннотация. Для сохранения устойчивости зданий и сооружений во время строительства и в течение всего срока службы необходимо обеспечение несущей способности грунтовых оснований. Расчет сопротивления грунта основания нагрузкам в соответствии с СП 22.13330.2016 ведется на основании показателей сцепления и угла внутреннего трения. При этом данные показатели согласно п. 5.3.9 СП 22.13330.2016 должны определяться по ГОСТ 12248-2020. Авторами данной статьи ранее были отмечены недостатки методик полевых и лабораторных испытаний прочностных свойств грунтов, рекомендованных в вышеуказанном ГОСТ, что приводит к существенным ошибкам в измерении показателей сцепления и угла внутреннего трения. В данной статье проведена количественная оценка влияния погрешности измерения удельного сцепления на 1 кПа и угла внутреннего трения на 1 градус при расчете сопротивления грунта основания R, определяемого по методике расчета оснований по деформациям (п. 5.6 СП 22.13330.2016), а также при расчете вертикальной составляющей силы предельного сопротивления N_u , определяемой по методике расчета оснований по несущей способности (п. 5.7 СП 22.13330.2016). Методика расчета оснований по деформациям имеет целью недопущение общих и неравномерных осадков, подъемов, кренов, изменений проектных уровней и положений конструкций, а методика расчета оснований по несущей способности – недопущение сдвига фундамента по подошве и его опрокидывания. Результаты оценки показали, что ошибки определения удельного сцепления на 1 кПа приводит к отклонению значений сопротивления грунта оснований до 3 %, а неточность в измерении угла внутреннего трения на 1 градус увеличивает погрешность расчетов сопротивления до 10 %. Таким образом, точная оценка прочностных характеристик грунта при определении несущей способности оснований зданий и сооружений имеет критически важное значение.

Ключевые слова: несущая способность грунтовых оснований; сопротивление грунта основания сдвигу; сила предельного сопротивления грунтового основания; удельное сцепление; угол внутреннего трения.

Для цитирования: Зубова О.В., Виноградов А.Ю. Оценка влияния точности определения прочностных свойств грунта на результаты проектных расчетов // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2025. Т. 7. Вып. 1. С. 103–110. DOI: 10.34753/HS.2025.7.1.103.

Assessment of the influence of the accuracy of determining the strength properties of the soil on the results of design calculations

Oksana V. Zubova², Alexey Yu. Vinogradov^{1,2}

¹ Scientific and Industrial Research Association *Gidrotehproekt*, Valday, Russia;

² Saint-Petersburg State Forest Technical University, Saint-Petersburg, Russia

e-mail: gd@npogtp.ru

Abstract. To ensure the stability of buildings and structures during construction and throughout their service life, it is crucial to maintain the bearing capacity of the soil foundations. The calculation of soil resistance to loads is based on the indicators of adhesion and the angle of internal friction. These indicators, as per clause 5.3.9 of SP 22.13330.2016, should be determined according to GOST 12248-2020. The authors of this article have previously identified the shortcomings of soil strength testing methods according to GOST listed above. These shortcomings lead to significant errors in measuring of adhesion and the angle of internal friction. In this article, a quantitative assessment of the effect of the measurement error of specific adhesion by 1 kPa and the angle of internal friction by 1 degree on the calculation of the ground resistance of the base R, as well as

on the calculation of the vertical component of the limiting resistance M_u , is carried out. The calculation of the ground resistance of the base is determined by the method of calculating the bases for deformations. The calculation of the vertical component of the limiting resistance force is determined by the method of calculating the bearing capacity of the bases. The evaluation results showed the following. Errors in determining the specific adhesion by 1 kPa leads to deviations in soil resistance values of the bases up to 3 %. An error in measuring the angle of internal friction by 1 degree increases the error in calculating resistance to 10 %. Thus, an accurate assessment of the strength of the soil when determining the bearing capacity of the foundations of buildings and structures is critically important.

Key words: bearing capacity of the soil bases; the resistance of the soil to shear; the strength of the ultimate resistance of the soil base; specific adhesion; the angle of internal friction.

For citation: Zubova O.V., Vinogradov A.Yu. Assessment of the influence of the accuracy of determining the strength properties of the soil on the results of design calculations. Hydrosphere. Hazard processes and phenomena, 2025, vol. 7, iss. 1, pp. 103–110. DOI: 10.34753/HS. 2025.7.1.103. (In Russian; abstract in English).

Введение

Важную роль при проектировании зданий и сооружений играет обеспечение несущей способности грунтовых оснований, что, в свою очередь, гарантирует нормальную эксплуатацию сооружения в течение всего срока службы. По данным исследований [1] одной из основных причин аварий зданий и сооружений является потеря несущей способности основания фундаментов. Авторы указывают, что снижение несущей способности системы «основание–фундамент» является следствием ошибок, допущенных при инженерно-геологическом обосновании площадок проектируемого строительства объектов; проектировании системы «основание–фундамент»; при производстве работ нулевого цикла, связанных, прежде всего, с качеством выполнения водоотводных мероприятий, подготовкой естественных и устройством искусственных оснований, возведением фундаментов и т.п.

При расчетах несущей способности опираются на определение прочностных характеристик грунта, основные из которых это сцепление c и угол внутреннего трения φ , обеспечивающие сопротивление грунта сдвиговым нагрузкам.

Угол внутреннего трения φ учитывает затраты внешней силы на внутреннее сопротивление начальному перемещению частиц

грунта и последующее их взаимное трение. Сцепление грунта характеризует сопротивление структурных связей срезом связываемых ими частиц [2].

Согласно современным представлениям, опирающимся на исследования Н.А. Цытовича [3] и ГОСТ 12248.1-2020¹ (п. 9.2), сопротивление грунтов прямому сдвигу описывается законом Кулона (третьим законом механики грунтов): $\tau_{\text{сопр}} = \sigma tg\varphi + c$. Это основная зависимость, определяющая расчетную часть СНиП, входящая в основной строительный СП 22.13330.2016².

Экспериментальными исследованиями авторов [4] установлено, что данная зависимость не всегда корректно описывается линейным уравнением, а скорее имеет степенной характер. Также установлено, что определение вышеуказанных характеристик по ГОСТ 12248.1-2020 при малых значениях нормального давления имеет погрешность, в некоторых случаях значения сопротивления сдвигу завышены в несколько раз. Однако именно определение показателей c и φ по ГОСТ 12248.1-2020 рекомендовано в п. 5.3.9 СП 22.13330.2016.

Целью данного исследования является оценка влияния точности определения показателей сцепления и угла внутреннего трения, полученных в полевых и лабораторных условиях, на погрешности в аналитических расчетах сопротивления грунта основания при строительных расчетах в соответствии с СП 22.13330.2016.

¹ ГОСТ 12248.1–2020. Грунты. Определение характеристик прочности методом одноплоскостного среза

² СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (с Изменениями N 1, 2, 3)

Материалы и методы

При расчете оснований любых сооружений используется две методики, изложенные в СП 22.13330.2016: первая – расчет оснований по деформациям; вторая – расчет оснований по несущей способности. В ходе исследования проводились аналитические расчеты предельного сопротивления по каждой из этих методик при ошибке в оценке угла внутреннего трения на 1 градус, а также при ошибке в определении значения удельного сцепления на 1 кПа. При этом для оценки изменения удельного сцепления рассматривались как связные, так и несвязные грунты.

Результаты и обсуждение

1. Расчет оснований по деформациям согласно п. 5.6 СП 22.13330.2016. Целью расчета оснований по деформациям является ограничение абсолютных или относительных перемещений такими пределами, при которых гарантируется нормальная эксплуатация сооружения и не снижается его долговечность (вследствие появления недопустимых общих и неравномерных осадок, подъемов, кренов, изменений проектных уровней и положений конструкций) (П. 5.6.1).

Деформации основания в зависимости от причин возникновения подразделяют на два вида: первый – деформации от внешней нагрузки на основание (осадки, просадки, горизонтальные перемещения); второй – деформации, не связанные с внешней нагрузкой на основание и проявляющиеся в виде вертикальных и горизонтальных перемещений поверхности основания (оседания, просадки грунтов от собственного веса, подъемы и т. п.) (П. 5.6.2).

При расчете деформаций основания фундаментов (П. 5.6.7), среднее давление под подошвой фундамента p не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания R , которое рассчитывается в зависимости от угла внутреннего трения и удельного сцепления грунта и вычисляется по формуле:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} (M_{\gamma} k_z b \gamma_{II}^l + M_q d_I \gamma_{II}^l + (M_c - 1) d_b \gamma_{II}^l + M_c c_{II}) \quad (1)$$

где γ_{c1} , γ_{c2} – коэффициенты условий работы, на основании данных таблицы 5.4 нормативного документа (приняты в расчете $\gamma_{c1} = 1,2$, $\gamma_{c2} = 1,0$); k – коэффициент, принимаемый равным единице, если прочностные характеристики грунта (φ и c_{II}) определены непосредственными испытаниями; M_{γ} , M_q , M_c – коэффициенты, принимаемые по таблице 5.5; k_z – коэффициент, принимаемый равным единице при $b < 10$ м; b – ширина подошвы фундамента, м; γ_{II} – осредненное (П. 5.6.10) расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды), кН/м³; γ_{II}^l – то же, для грунтов, залегающих выше подошвы фундамента, кН/м³; c_{II} – расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, принятое в данном оценочном расчете равным 100 кПа для связных ($\varphi \leq 20$ град) и 10 кПа для несвязных ($\varphi \geq 30$ град) грунтов; d_I – глубина заложения фундаментов, м, d_b – глубина подвала, м (в расчете все линейные размеры принимаются равными 1 м).

В таблице 1 представлены результаты расчетов сопротивления грунта основания по первой методике при условии отклонения значений угла внутреннего трения на 1 градус. Произведен расчет погрешности сопротивления ΔR , отнесенной к изменению значения угла внутреннего трения $\Delta \varphi$, а также удельная погрешность, отнесенная к величине сопротивления $\frac{\Delta R}{\Delta \varphi} / R$.

Ошибка в оценке угла внутреннего трения на 1 градус при расчете оснований по деформациям приводит к погрешности в определении расчетного сопротивления грунта основания на 3–6 % в зависимости от связности грунта.

В таблице 2 приведены расчеты для связных грунтов по первой методике СП 22.13330.2016 сопротивления грунта основания при изменении значения удельного сопротивления на 1 кПа.

Таблица 1. Погрешность в определении расчетного сопротивления грунта основания R при расчете оснований по деформациям, д.е., при ошибке в оценке угла внутреннего трения на 1 градус

Table 1. Error in determining the calculated ground resistance of the base R when calculating the bases for deformations, i.e., with an error in estimating the angle of internal friction by 1 degree

φ , град	5	10	20	30	40	45
M_γ	0,08	0,18	0,51	1,15	2,46	3,66
M_q	1,32	1,73	3,06	5,59	10,85	15,64
M_c	3,61	4,17	5,66	7,95	11,73	14,64
R	474	564	814	367	697	990
$\Delta R/\Delta\varphi$	15	18	25	16	33	59
$\frac{\Delta R}{\Delta\varphi}/R$	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06

Таблица 2. Погрешность в определении расчетного сопротивления грунта основания R при расчете оснований по деформациям для связных грунтов, д.е., при ошибке в оценке значения удельного сцепления на 1 кПа

Table 2. Error in determining the calculated resistance of the soil of the base R when calculating the bases for deformations for cohesive soils, i.e., with an error in estimating the value of specific adhesion by 1 kPa

φ , град		0	5	10	20	$\frac{\Delta R}{\Delta\varphi}/R$			
c_l , кПа	100	401	474	564	814	0,009	0,009	0,009	0,008
	90	363	431	514	746	0,010	0,010	0,010	0,009
	80	325	388	464	678	0,012	0,011	0,011	0,010
	70	288	345	414	611	0,013	0,013	0,012	0,011
	60	250	301	364	543	0,015	0,014	0,014	0,013
	50	212	258	314	475	0,018	0,017	0,016	0,014
$\Delta R/\Delta c_l$		3,8	4,3	5,0	-				

Ошибка в оценке значения удельного сцепления на 1 кПа при расчете оснований по деформациям приводит к погрешности в определении расчетного сопротивления грунта основания на 1–2 % для связного грунта.

В таблице 3 представлены результаты расчетов по первой методике для несвязных грунтов при изменении значения удельного сцепления на 1кПа.

Таблица 3. Погрешность в определении расчетного сопротивления грунта основания R при расчете оснований по деформациям для несвязных грунтов, д.е., при ошибке в оценке значения удельного сцепления на 1 кПа

Table 3. Error in determining the calculated soil resistance of the base R when calculating bases for deformations for non-cohesive soils, i.e., with an error in estimating the value of specific adhesion by 1 kPa

φ , град		0	5	10	$\frac{\Delta R}{\Delta\varphi}/R$			
c_l , кПа	10	367	697	990	0,026	0,020	0,018	0,026
	9	358	683	973	0,027	0,021	0,018	0,027
	8	348	668	955	0,027	0,021	0,018	0,027
	7	339	654	938	0,028	0,022	0,019	0,028
	6	329	640	920	0,029	0,022	0,019	0,029
	5	320	626	902	0,030	0,023	0,020	0,030
$\Delta R/\Delta c_l$		9,5	14,1	17,6				

Ошибка в оценке значения удельного сцепления на 1 кПа при расчете оснований по деформациям приводит к погрешности в определении расчетного сопротивления грунта основания на 2–3 % для несвязного грунта.

2. Расчет оснований по несущей способности согласно п. 5.7 СП 22.13330.2016

Целью расчета оснований по несущей способности является обеспечение прочности и устойчивости оснований, а также недопущение сдвига фундамента по подошве и его опрокидывания (П. 5.7.1).

Сила предельного сопротивления основания, сложенного дисперсными грунтами в стабилизированном состоянии, следует определять исходя из условия, что соотношение между нормальными σ и касательными τ напряжениями по всем поверхностям скольжения, соответствующее предельному состоянию основания, подчиняется зависимости $\tau_{\text{сопр}} = \sigma \tan \varphi + c$. (П. 5.7.4)

Расчет оснований по несущей способности проводят исходя из условия $F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} F_u$ (П. 5.7.2).

Вертикальную составляющую силы предельного сопротивления N_u , кН, основания, сложенного дисперсными грунтами в стабилизированном состоянии, допускается вычислять по формуле, которая напрямую зависит от угла внутреннего трения и удельного сцепления грунта (П. 5.7.1.1):

$$N_u = bl(N_\gamma \xi_\gamma b \gamma_l + N_q \xi_q d \gamma_l^l + N_c \xi_c c_l)$$

где bl – соответственно приведенные ширина и длина фундамента, м; γ_l, γ_l^l – расчетные значения удельного веса грунтов, кН/м³, находящихся в пределах возможной призмы выпирания соответственно ниже и выше подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяют с учетом взвешивающего действия воды для грунтов, находящихся выше водоупора); c_l – расчетное значение удельного сцепления грунта, кПа; d – глубина заложения фундамента, м; ξ_γ, ξ_q, ξ_c – коэффициенты формы фундамента; N_γ, N_q, N_c – безразмерные коэффициенты несущей способности, определяемые по таблице 5.12 методики в зависимости от расчетного

значения угла внутреннего трения грунта φ и угла наклона к вертикали равнодействующей внешней нагрузки на основание F в уровне подошвы фундамента.

Пусть, для простоты расчета, угол наклона к вертикали равнодействующей внешней нагрузки на основание равен 0; $b = l = 1$; $\gamma_l = \gamma_l^l = 20$ кН; $c_l = 100$ кПа для связных ($\varphi \leq 20$ град) и 10 кПа для несвязных ($\varphi \geq 30$ град) грунтов.

В рассматриваемом гипотетическом случае, вертикальная составляющая силы предельного сопротивления N_u (кН) численно равна давлению, оказываемому на единичное основание (1 м²) этой силой $N_u = P$ (кПа).

В таблице 4 представлены результаты расчетов предельного сопротивления основания по второй методике СП 22.13330.2016 при условии отклонения значений угла внутреннего трения на 1 градус. Произведен расчет погрешности сопротивления ΔN_u , отнесенной к изменению значения угла внутреннего трения $\Delta \varphi$, а также удельная погрешность, отнесенная к величине сопротивления $\frac{\Delta N_u}{\Delta \varphi} / N_u$.

Ошибка в оценке угла внутреннего трения на 1 градус при расчете оснований по несущей способности приводит к погрешности в определении вертикальной составляющей силы предельного сопротивления на 4–10 % в зависимости от связности грунта.

В таблице 5 приведены расчеты для связных грунтов по второй методике СП 22.13330.2016 предельного сопротивления основания при изменении значения удельного сопротивления на 1 кПа.

Ошибка в оценке значения удельного сцепления на 1 кПа при расчете оснований по несущей способности приводит к погрешности в определении вертикальной составляющей силы предельного сопротивления на 1–2 % для связного грунта.

В таблице 6 представлены результаты расчетов по второй методике для несвязных грунтов при изменении значения удельного сцепления на 1 кПа.

Таблица 4. Погрешность в определении вертикальной составляющей силы предельного сопротивления при расчете оснований по несущей способности, д.е., при ошибке в оценке угла внутреннего трения на 1 градус

Table 4. Error in determining the vertical component of the limiting resistance force when calculating the bearing capacity of the bases, i.e., with an error in estimating the angle of internal friction by 1 degree

φ , град	5	10	20	30	40	45
N_γ	0,2	0,6	2,88	12,39	66,01	177,61
N_q	1,57	2,47	6,4	18,4	64,19	134,87
N_c	6,49	8,34	14,84	30,14	75,31	133,87
$F_u = N_u$	925	1217	2292	1498	5179	11148
$\Delta N_u / \Delta \varphi$	41	58	108	94	368	1194
$\frac{\Delta N_u}{\Delta \varphi} / N_u$	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,11

Таблица 5. Погрешность в определении вертикальной составляющей силы предельного сопротивления при расчете оснований по несущей способности, д.е., при ошибке в оценке значения удельного сцепления на 1 кПа для связного грунта

Table 5. Error in determining the vertical component of the limiting resistance force when calculating the bearing capacity of the bases, i.e., with an error in estimating the value of specific adhesion by 1 kPa for cohesive soil

φ , град		0	5	10	20	$\frac{\Delta N_u}{\Delta \varphi} / N_u$			
c_I , кПа	100	718	925	1217	2292	0,009	0,009	0,009	0,008
	90	651	841	1108	2099	0,010	0,010	0,010	0,009
	80	585	756	1000	1907	0,011	0,011	0,011	0,010
	70	518	672	891	1714	0,013	0,013	0,012	0,011
	60	451	588	783	1521	0,015	0,014	0,014	0,013
	50	384	503	675	1328	0,017	0,017	0,016	0,015
$\Delta N_u / \Delta c_I$		6,7	8,4	10,8	19,3				

Таблица 6. Погрешность в определении вертикальной составляющей силы предельного сопротивления при расчете оснований по несущей способности, д.е., при ошибке в оценке значения удельного сцепления на 1 кПа для несвязного грунта

Table 6. Error in determining the vertical component of the limiting resistance force when calculating the bearing capacity of the bases, i.e., with an error in estimating the value of specific adhesion by 1 kPa for loose soil

φ , град		30	40	45	$\frac{\Delta N_u}{\Delta \varphi} / N_u$		
c_I , кПа	10	1498	5179	11148	0,03	0,02	0,02
	9	1458	5081	10974	0,03	0,02	0,02
	8	1419	4983	10800	0,03	0,02	0,02
	7	1380	4885	10626	0,03	0,02	0,02
	6	1341	4787	10452	0,03	0,02	0,02
	5	1302	4689	10278	0,03	0,02	0,02
$\Delta N_u / \Delta c_I$		39	98	174			

Ошибка в оценке значения удельного сцепления на 1 кПа при расчете оснований по несущей способности приводит к погрешности в определении вертикальной составляющей силы предельного сопротивления на 2–3 % для несвязного грунта.

Приведенный численный эксперимент призван показать, насколько зависимы результаты расчетов по существующему СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» от правильной оценки таких физико-механических характеристик грунта, как угол внутреннего трения и сцепления. Вместе с тем, как нами уже отмечалось ранее [2], погрешности лабораторной оценки угла внутреннего трения для различных грунтов составляют 2–4 градуса, а сцепления – 6–20 кПа [5] а пересчет результатов испытаний по (ГОСТ 12248.1-2020. Грунты. Определение характеристик прочности методом одноплоскостного среза и ГОСТ 12248.3–2020. Грунты. Определение характеристик прочности и деформируемости методом трехосного сжатия) приводит к еще большим ошибкам.

На основании этого можно сделать вывод, что при наложении ошибок, погрешность

расчетов может достигать 40–80 % в зависимости от вида грунта.

Выводы

Проведенная по двум методикам СП 22.13330.2016 оценка погрешностей определения сопротивления грунта основания в зависимости от ошибок при определении удельного сцепления s на 1 кПа приводит к отклонению значений сопротивления от 1 до 3 %. При ошибке определения угла внутреннего трения φ на 1 градус отклонения значений сопротивления составляют до 10 %.

Несовершенство методик определения прочностных характеристик грунта как в полевых, так и в лабораторных условиях, отмеченное авторами ранее [2], позволяет утверждать, что ошибки в оценке значений сцепления и угла внутреннего трения бывают значительно выше, чем 1 кПа и 1 градус соответственно, что приводит к завышенным показателям расчетного и предельного сопротивления грунта основания, таким образом, при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений может иметь место потеря несущей способности.

Литература / References

1. Должиков П. Н., Збицкая В. В. Анализ ошибок, влияющих на несущую способность системы «Основание-фундамент» // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2016. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-oshibok-vliyayuschih-na-nesuschuyu-sposobnost-sistemy-osnovanie-fundament> (дата обращения: 17.06.2025).
Dolzhiikov P. N., Zbitskaya V. V. Analysis of errors affecting the bearing capacity of the Foundation-Foundation system. News of TulSU. Earth Sciences, 2016, vol. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-oshibok-vliyayuschih-na-nesuschuyu-sposobnost-sistemy-osnovanie-fundament>. (In Russian).
2. Виноградов А.Ю., Зубова О.В. Прочностные характеристики грунта при проектировании объектов лесной инфраструктуры // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2023. Т. 5. Вып. 1. С. 75–86. DOI: 10.34753/HS.2023.5.1.75.
Vinogradov A. Yu., Zubova O.V. Strength characteristics of soil in the design of forest infrastructure facilities. Hydrosphere. Hazard processes and phenomena, 2023, vol. 5, iss. 1, pp. 75–86. DOI: 10.34753/HS.2023.5.1.75. (In Russian; abstract in English).
3. Цытович Н.А. Механика грунтов: Учеб. пособие для гидротехн. и строит. специальностей вузов. 4-е изд., вновь перераб. и доп. М.: Госстройиздат, 1963. 636 с.
4. Виноградов А.Ю., Обызов В.А. Оценка значений прочностных характеристик грунта при нелинейной зависимости его сопротивления сдвигу от нормального давления // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2024. Т. 6. Вып. 1. С. 83–96. DOI: 10.34753/HS. 2024.6.1.83.
Vinogradov A. Yu., Obyazov V. A. Estimation of the values of the strength characteristics of the soil with a nonlinear dependence of its shear resistance on normal pressure. Hydrosphere. Hazard processes and

phenomena, 2024, vol. 1, iss. 1, pp. 83–96. DOI: 10.34753/HS.2024.6.1.83. (In Russian; abstract in English).

5. Дмитриев В.В., Ярг Л.А. Методы и качество лабораторного изучения грунтов. М.: КДУ, 2008. 542 с. Dmitriev V.V., Yarg L.A. Methods and quality of laboratory study of soils. M., KDU, 2008. 542 p. (In Russian).

Поступила в редакцию / Received 28.02.2025

Принята к публикации / Accepted 20.03.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Зубова Оксана Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного транспорта, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия, WoS ResearcherID: AAE-4427-2020, ScopusAuthorID: 57217966252, <https://orcid.org/0000-0002-6263-4688>, e-mail: ok_z19@mail.ru

Виноградов Алексей Юрьевич, доктор технических наук, доцент, генеральный директор, ООО НПО «Гидротехпроект», г. Валдай, Россия, WoS ResearcherID: D-3751-2016, <https://orcid.org/0000-0001-8838-8676>, e-mail: gd@npogtp.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Oksana V. Zubova, Ph. D (Technical), Associate Professor, St. Petersburg State Forest Technical University, Saint-Petersburg, Russia, WoS ResearcherID: AAE-4427-2020, ScopusAuthorID: 57217966252, <https://orcid.org/0000-0002-6263-4688>, e-mail: ok_z19@mail.ru

Alexey Yu. Vinogradov, D. Sc. (Technical), docent, Director, NPO "Gidrotekhproekt", Valday, Russia, WoS ResearcherID: D-3751-2016, <https://orcid.org/0000-0001-8838-8676>, e-mail: gd@npogtp.ru