

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ
МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ
ЛЕСНЫХ ДОРОГ**

Зубова О.В., Зубова М.С.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени
С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия*

**MODERN APPROACHES TO DETERMINING THE MECHANICAL
PROPERTIES OF THE SOIL FOUNDATIONS OF FOREST ROADS**

Zubova O.V., Zubova M.S.

Saint Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg, Russia

Аннотация: В статье рассмотрены недостатки существующих подходов к определению механических свойств грунтовых оснований лесных дорог, обоснована необходимость более корректного определения параметров сдвига в связи с растущими требованиями к качеству лесных дорог. Приведены данные по погрешностям существующих методов, а также внесены предложения по более совершенной методике расчета сопротивления сдвигу.

Abstract: This article examines the shortcomings of existing approaches to determining the mechanical properties of forest road subgrades and substantiates the need for more accurate determination of shear parameters in light of increasing demands on the quality of forest roads. Data on the errors of existing methods is presented, and proposals for a more advanced method for calculating shear resistance are made.

Ключевые слова: лесные дороги, земляное полотно, грунтовые основания, сопротивление грунта сдвигу.

Keywords: forest roads, roadbed, soil foundations, soil shear resistance.

Внесение изменений в Лесной кодекс РФ в части строительства лесных дорог и элементов транспортной инфраструктуры требует новых подходов к проектированию этих объектов. В соответствии с статьей 23.7 ЛК РФ [1] лесные дороги могут относиться к объектам капитального строительства, что влечет за собой более высокие требования к содержанию в работоспособном состоянии. Это требование сложно выполнить в условиях грунтов лесной зоны, которые часто являются плохо дренирующими, слабыми и переувлажненными. В связи с вышеизложенным, существующие подходы к определению механических свойств грунтов необходимо подвергнуть критическому переосмыслению. В частности, в настоящее время в механике грунтов методы определения сдвигоустойчивости грунтов основываются на законе Кулона (1), т.е. линейной за-

зависимости между сопротивлением сдвигу и показателями сцепления (C) и угла внутреннего трения (φ).

$$\tau_{\text{сопр}} = \sigma \tan \varphi + c \quad (1)$$

Исследованиями проф. А.Ю. Виноградова и др. [2, 3] доказано, что показатели сцепления и угла внутреннего трения по нормативным методикам определяются с значительными погрешностями. Проведены эксперименты по определению параметров сдвига [2], где сравнивались значения сцепления и угла внутреннего трения, полученные в соответствии с методиками ГОСТ 12248.1-2020. «Грунты. Определение характеристик прочности методом одноплоскостного среза», ГОСТ 12248.2-2020. «Грунты. Определение характеристик прочности методом одноосного сжатия», ГОСТ 12248.3-2020. «Грунты. Определение характеристик прочности и деформируемости методом трехосного сжатия». При этом погрешность в определении сцепления составляла в ряде случаев более 100%, а погрешность в определении угла внутреннего трения доходила до 60%. Кроме того авторами [2] указывается на несоответствие размерностей в приведенном выше линейном уравнении (1), т.к. напряжение σ – это отношение нормальной силы к площади образца, а сопротивление грунта сдвигу достигается во всем объеме грунтового образца. Таким образом, авторами подвергнута критике сама методика, изложенная в вышеуказанных ГОСТ, кроме того отмечено, что лабораторные методики не учитывают состояние грунта в естественном залегании, т.к. при отборе проб плотность и структура образцов нарушены.

Особенно заметны отклонения в грунтах с повышенной влажностью. Авторами исследования [3] рассматривается нелинейность графика зависимости сопротивления сдвигу от нормального давления при малых значениях вертикальных нагрузок. Эти отклонения замечал еще классик исследований механических свойств грунтов Н.А. Цытович [4]. Отмечается, что считать зависимость (1) достоверно описывающей сдвиговое сопротивление можно только при достаточном уплотнении грунта. Если же грунт будет разуплотняться, например, в случае переувлажнения или других факторов, то определять сопротивление сдвигу по принятым в настоящее время формулам и методикам нельзя. Это приводит к серьезным ошибкам в проектировании, т.к. сопротивление сдвигу является одной из важнейших характеристик грунтовых оснований. Его правильная оценка способствует устойчивости земляного полотна лесных дорог, а, соответственно, их долговечности.

Коллективом ученых по руководством проф. Виноградова [3] предложена методика расчета сопротивления сдвигу как степенной функции (2), аппроксимирующая зависимость сопротивления грунта сдвигу от нормального давления:

$$\tau_i = a(\sigma_i)^b \quad (2)$$

Такая степенная функция, описывающая влияние внутреннего трения и сцепления на сдвигоустойчивость грунта, более точно описывает его поведение

при различных, в том числе повышенных, влажностях. Авторы указывают, что степенная функция дает наименьший процент погрешности в определении параметров сдвига по сравнению с линейной и логарифмической.

Из вышесказанного очевидно, что нормативные методики определения механических характеристик грунта и формулы расчета требуют пересмотра и корректировки. Необходимо проводить эксперименты, в том числе в полевых условиях, в грунтах ненарушенной структуры в различных климатических и гидрологических условиях для получения адекватных методик и математических моделей расчета механических показателей грунтовых оснований.

Список литературы

1. О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [сайт] [2025]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1313330885>. (дата обращения: 15.09.2025)
2. Виноградов А.Ю. Прочностные характеристики грунта при проектировании объектов лесной инфраструктуры / А.Ю. Виноградов, О.В. Зубова // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2023. Т. 5. Вып.1. С. 75-86. DOI:10.34753/HS.2023.5.1.75.
3. Виноградов А.Ю. Об аппроксимации зависимости сопротивления грунта сдвигу от нормального давления / А.Ю. Виноградов, В.А. Обязов // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2023. Т. 5. Вып. 3. С. 256-263. DOI:10.34753/HS.2023.5.3.256
4. Цытович Н.А. Механика грунтов: учеб. пособие / Н.А. Цытович. – М: Госстройиздат, 1963. – 636 с.

References

1. On Amendments to the Forest Code of the Russian Federation [Electronic resource] // Electronic Fund of Legal and Regulatory-Technical Documents [website] [2025]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1313330885>. (Accessed: 15.09.2025)
2. Vinogradov A.Yu. Strength Characteristics of Soil in the Design of Forest Infrastructure Facilities / A.Yu. Vinogradov, O.V. Zubova // Hydrosphere. Hazardous Processes and Phenomena. 2023. Vol. 5. Issue 1. pp. 75-86. DOI: 10.34753/HS.2023.5.1.75.
3. Vinogradov A.Yu. On Approximating the Dependence of Soil Shear Resistance on Normal Pressure / A.Yu. Vinogradov, V.A. Obyazov // Hydrosphere. Hazardous Processes and Phenomena. 2023. Vol. 5. Issue 3. pp. 256-263. DOI:10.34753/HS.2023.5.3.256
4. Tsytoovich N.A. Soil Mechanics: Textbook / N.A. Tsytoovich. – Moscow: Gosstroyizdat, 1963. – 636 p.