

УДК: 691
DOI: 10.48612/NewsKSUAE/74.23
EDN: UVXUOQ



Стабилизация и укрепление грунтов с применением стабилизатора «Статус»

Э.М. Добров¹, Р.Г. Кочеткова¹

¹Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет,
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи.* Широкое применение связных грунтов в дорожном строительстве сдерживается по причине изменения их водно-физических и физико-механических характеристик в худшую сторону при увлажнении. Для решения этой проблемы наибольшую актуальность имеют работы по использованию метода стабилизации и укреплению грунтов различными вяжущими и химическими добавками, в том числе стабилизаторами. Для уменьшения необходимого количества вяжущих и повышения качества органоминеральных смесей перспективно использовать различные добавки типа поверхностно-активных веществ и катализаторов, такие как разработанный авторами стабилизатор «Статус». Целью работы является исследование эффективности применения стабилизатора «Статус» при стабилизации и укреплении глинистых грунтов для дорожного строительства. Решались следующие задачи: установить влияние стабилизатора «Статус» на прочность при сжатии глинистых грунтов при их стабилизации; определить физико-механические свойства глинистых грунтов, стабилизированных и укрепленных портландцементом с добавкой стабилизатора «Статус»; провести опытно-промышленное внедрение стабилизатора при устройстве земляного полотна и дорожной одежды на автомобильных дорогах.

Результаты. Стабилизация грунтов земляного полотна автомобильных дорог добавкой «Статус», при оптимальном содержании, обеспечивает возможность повышения прочности при сжатии стабилизированных глинистых грунтов в среднем на 7,0 – 12,0 %. Физико-механические свойства стабилизированных и укрепленных грунтов с добавкой стабилизатора «Статус» соответствуют требуемым нормативных показателям для суглинка тугопластичного с числом пластичности 14,0 и содержанием глинистых частиц 17,3%, который может быть использован в земляном полотне и слоях дорожных одежд автомобильных дорог в климатических зонах с знакопеременными температурами.

Выводы. Выполненное опытно-промышленное внедрение стабилизированных и укрепленных грунтов с добавками стабилизатора «Статус» при устройстве земляного полотна и дорожной одежды на автомобильных дорогах в Самарской области и в других регионах Российской Федерации подтвердило эффективность применения разработанного модификатора для обеспечения возможности повышение свойств материалов и снижения стоимости производства дорожно-строительных работ.

Ключевые слова: стабилизация грунтов, укрепление грунтов, земляное полотно, дорожная одежда, стабилизатор «Статус», глинистый грунт, физико-механические свойства.

Для цитирования: Добров Э.М., Кочеткова Р.Г. Стабилизация и укрепление грунтов с применением стабилизатора «Статус» // Известия КГАСУ, 2025, № 4 (74), с. 268-277, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/74.23, EDN: UVXUOQ

Stabilization and strengthening of soils using the stabilizer “Status”

E.M. Dobrov¹, R.G. Kochetkova¹

¹Moscow Automobile and Road Construction State Technical University,
Moscow, Russian Federation

Abstract: *Problem statement.* The widespread use of cohesive soils in road construction is constrained by the fact that their hydrophysical and physical-mechanical characteristics deteriorate when moistened. To solve this problem, the work on the use of the method of soil stabilization and strengthening with various binders and chemical additives, including stabilizers, is of the greatest relevance. To reduce the required amount of binders and improve the quality of organo-mineral mixtures, it is promising to use various additives such as surfactants and catalysts, including the stabilizer “Status” developed by the authors. The aim of the work is to study the effectiveness of the stabilizer “Status” in stabilizing and strengthening clay soils for road construction. The following tasks were solved: to establish the effect of the stabilizer “Status” on the compressive strength of clay soils during their stabilization; to determine the physical-mechanical properties of clay soils stabilized and reinforced with Portland cement with the addition of the stabilizer “Status”; to conduct pilot industrial implementation of the stabilizer in the construction of the roadbed and pavement on highways.

Results. The stabilization of the soils of the roadbed with the addition of “Status”, at optimal content, provides the opportunity to increase the compressive strength of stabilized clay soils by an average of 7.0 – 12.0%. The physical-mechanical properties of stabilized and reinforced soils with the addition of the stabilizer “Status” correspond to the required regulatory parameters for a refractory loam with a plasticity of 14.0 and a clay particle content of 17.3%, which can be used in the roadbed and road structural layers of highways in climatic zones with alternating temperatures.

Conclusions. The pilot implementation of stabilized and reinforced soils with additives of the stabilizer “Status” in the construction of the roadbed and pavement on highways in the Samara region and in other regions of the Russian Federation confirmed the effectiveness of the developed modifier to ensure the possibility of improving the properties of materials and reducing the cost of road construction.

Keywords: soil stabilization, soil strengthening, roadbed, road pavement, stabilizer “Status”, clay soil, physical and mechanical properties.

For citation: Dobrov E.M., Kochetkova R.G. Stabilization and strengthening of soils using the stabilizer “Status” // News of KSUAE, 2025, № 4 (74), p. 268-277, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/74.23, EDN: UVXUOQ

1. Введение

На практике метод улучшения свойств грунта без внесения вяжущих и добавок имеет ограниченное применение по причине трудоемкости и отсутствия грунтов с требуемыми фракциями. Как известно, наибольшее распространение на территории России имеют связные грунты (глинистые, суглинистые, супесчаные), которые занимают около 80% территории России, а остальную часть территории - около 20%, занимают несвязные (песчаные, крупнообломочные). Указанные грунты представляют собой отложения различного возраста и генезиса [1]. Широкое применение связных грунтов в дорожном строительстве сдерживается по причине изменения их водно-физических и физико-механических характеристик в худшую сторону при увлажнении [2]. Поэтому наибольшую практическую значимость имеют работы по использованию метода стабилизации (например, без вяжущего) и укреплению грунтов различными вяжущими и химическими добавками (в том числе и стабилизаторами) [3, 4]. Особый интерес представляют исследования методов обработки наименее прочных, непригодных или малопригодных грунтов для использования их в естественном виде в конструкциях

дорожных одежд [5, 6]. Такими малопрочными грунтами являются, так называемые, дисперсные грунты, которые относятся к наиболее сложным природным образованиям¹ [7]. Грунты, особенно связные, являются полиминеральными и полидисперсными системами [8, 9].

Дисперсность – одна из важнейших характеристик грунта, определяющая характер и интенсивность взаимодействия фаз на поверхностях раздела. Сложность физического строения дисперсных грунтов состоит в том, что в зависимости от соотношения и количественного содержания составляющих их фаз (твердой, жидкой и газообразной) [10, 11], значительно изменяются строительные свойства грунтов и необходимая их пригодность, как исходного сырья для обработки стабилизаторами без вяжущих или в присутствии вяжущих.

При этом следует учитывать, что наличие высокой степени раздробленности и большой удельной поверхности дисперсных частиц супесей, суглинков, и в особенности глин, обуславливает качественное отличие процессов их взаимодействия с добавками и вяжущими от процессов, происходящих в бетоне. В тонкодисперсных грунтах, при сравнении с бетонами, пространство непосредственного контакта поверхности частиц со стабилизаторами и вяжущими относительно большая и может быть соизмерима со всей поверхностью частиц. В связи с этим, в грунтах явления физико-химического и химического взаимодействия носят основополагающий характер и обуславливают характер и прочность структуры обработанного добавками или укрепленного грунта. При изучении поведения грунтов под нагрузкой при различной степени их увлажнения, а также при внесении в них добавок без вяжущих или с вяжущими, установлено, что глинистые грунты разных разновидностей по ряду важнейших их свойств и способности к активным физико-механическим взаимодействиям должны рассматриваться как коллоидные дисперсные системы. Тонкодисперсная часть грунта, преимущественно состоящая из дисперсных минералов, по своим свойствам качественно отличается от более крупных частиц грунта. От состава и свойств дисперсных минералов зависит связность и прочность грунтов, их фильтрационная способность, водостойкость, адсорбционная способность и другие свойства, влияющие на степень взаимодействия грунтов с вяжущими и стабилизаторами [12].

Укрепление глинистых грунтов различными вяжущими, такими как цемент, известь, битум и другими, как правило, связано со значительным расходом вяжущего, что приводит к увеличению стоимости строительства. Этот вопрос решается использованием правильно подобранной добавки, в том числе и стабилизатором [13]. С целью уменьшения необходимого количества вяжущих и повышения прочности и качества органоминеральных и цементобетонных смесей стали использовать различные добавки типа поверхностно-активных веществ (ПАВ) и катализаторов [14, 15]. За счет использования таких активных добавок определилась возможность уменьшить количество необходимых вяжущих или свести их к минимуму, или вовсе обойтись без них, не снижая качества материала [16].

Проведенные исследования с большим количеством видов стабилизаторов, которые предлагаются на рынке химических веществ, позволили определить основные свойства стабилизаторов и закономерности их действия на изменения свойств обрабатываемых грунтов с учетом состава последних [17]. В результате этого анализа нами был разработан новый стабилизатор «Статус», который является анионоактивным соединением [18]. «Статус» применяется для стабилизации рабочего слоя земляного полотна без цемента или с цементом (до 2%), а также для укрепления грунтов в комплексе с цементом (6-8%). Грунт должен содержать не менее 3% глинистых частиц.

Целью работы является исследование эффективности применения стабилизатора «Статус» при стабилизации и укреплении глинистых грунтов для дорожного строительства. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- установить влияние стабилизатора «Статус» на прочность при сжатии глинистых грунтов при их стабилизации;

¹ Бабков В.Ф., Безрук В.М. Основы грунтоведения и механики грунтов. М. Высшая школа.1976. Babkov V.F., Bezruk V.M. Fundamentals of soil science and soil mechanics. M. Higher School.1976

- определить физико-механические свойства глинистых грунтов, стабилизированных и укрепленных портландцементом с добавкой стабилизатора «Статус»;

- провести опытно-промышленное внедрение стабилизированных и укрепленных грунтов с добавками стабилизатора «Статус» при устройстве земляного полотна и дорожной одежды на автомобильных дорогах.

2. Материалы и методы

В исследовании использованы глинистые грунты с числом пластичности 14,0 и 19,3 Домодедовского карьера Московской области РФ и с автомобильной дороги «Ставрополь-Минеральные воды». В соответствии с ГОСТ 25100 и гранулометрическим составом (табл. 1), свойствами грунтов (табл. 2) глинистые грунты относятся к суглинку тугопластичному и глине полутвердой.

Таблица 1

Гранулометрический состав глинистых грунтов

Вид грунта	Гранулометрический состав, %, размер частиц грунта, мм						
	Песок				Пыль		Глина
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	
Суглинок тугопластичный	1,28	0,32	0,44	22,08	53,65	4,98	17,25
Глина полутвердая	0,31	0,12	0,46	27,52	24,50	8,65	38,44

Таблица 2

Свойства глинистых грунтов

Вид грунта	Природная влажность грунта, %	Плотность грунта, г/см ³			Коэффициент пористости	Коэффициент водонасыщения,	Оптимальная влажность грунта, %	Коэффициент фильтрации при t=10°С, м/сут.
		Максимальная, влажного	сухого	частиц				
Суглинок тугопластичный	21,9	1,89	1,55	2,71	0,748	0,85	16,1	4,66x10 ⁻⁶
Глина полутвердая	21,1	2,02	1,67	2,73	0,636	0,91	26,0	-

В качестве вяжущего применен портландцемент Брянского завода М400. Для стабилизации грунтов содержание портландцемента составляло 2%, для укрепления грунтов 6-7%. Стабилизатор «Статус» представляет собой водный раствор продуктов переработки перхлорэтилена (ТУ 5700-001-17515263-01). Количество добавки в стабилизированных и укрепленных грунтах изменялось в пределах от 40 до 400 мл/м³.

По ГОСТ 12248.4, ГОСТ 25684 (соответственно) определялись следующие свойства стабилизированных грунтов: модуль деформации, градиент напора, коэффициент фильтрации. По ГОСТ 22733, ГОСТ 10180, ГОСТ 23558, ГОСТ 12248.4 (соответственно) определялись физико-механические свойства стабилизированных и укрепленных грунтов: плотность, прочность при сжатии в водонасыщенном состоянии, морозостойкость, модуль деформации.

При проведении промышленного внедрения для устройства рабочего слоя земляного полотна применялся суглинок тугопластичный, стабилизированный

портландцементом с добавкой стабилизатора «Статус», и слоя основания дорожной одежды применялся суглинок тугопластичный, укрепленный портландцементом, с добавкой стабилизатора «Статус», на автомобильной дороге в Самарской области. Работы проводились методом смешения на дороге с использованием грунтосмесительной техники. Определение свойств стабилизированных и укрепленных грунтов осуществлялось в соответствии с ГОСТ 12801, СП 78.13330 испытанием образцов-кернов, отобранных из конструктивных элементов автомобильной дороги. Коэффициент уплотнения уложенных слоев контролировался методом динамического зондирования по ГОСТ 19912.

3. Результаты и обсуждение

Получены зависимости влияния количества стабилизатора на прочность при сжатии суглинка тугопластичного и глины полутвердой (рис.1). Приведенные результаты показали, что в зависимости от свойств грунтов необходимо подбирать требуемое оптимальное количество стабилизатора. Оптимальное количество стабилизатора «Статус» в грунтах составило: для суглинка тугопластичного - 100 мл/м³, для глины полутвердой - 200 мл/м³. Стабилизация добавкой «Статус» обеспечивает повышение прочности при сжатии стабилизированных грунтов: у суглинка тугопластичного и у глины полутвердой в среднем составляет 7-12%.

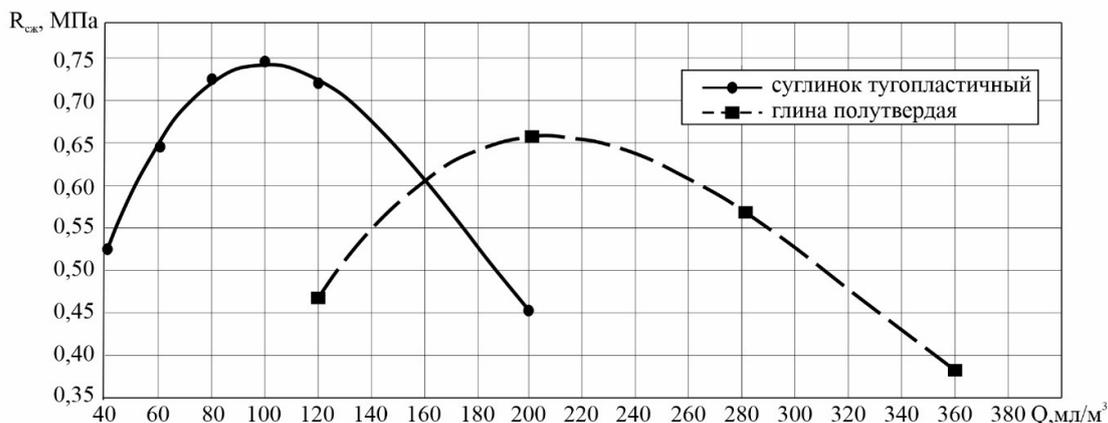


Рис. 1. Зависимость изменения прочности глинистых грунтов от количества стабилизатора «Статус» (иллюстрация авторов)
Fig. 1. Dependence of the change in the strength of clay soils on the amount of the stabilizer “Status” (illustration by the authors)

Анализ результатов определения физико-механических свойств стабилизированных и укрепленных грунтов с добавкой стабилизатора «Статус» (табл. 3) показало, что обеспечение требуемых нормативных показателей, полученных только для суглинка тугопластичного с числом пластичности 14,0 и содержанием глинистых частиц 17,25%, позволяет его использовать в земляном полотне и слоях дорожных одежд автомобильных дорог в климатических зонах с знакопеременными температурами. Для глины полутвердой с более высокими показателями данных показателей нормативные требования не выполняются, что ограничивает его применение и требует проведения дополнительных исследований, направленных на повышении эффективности добавок в глинистых грунтах с большим количеством глинистых частиц (свыше 15%) и числом пластичности свыше 17.

Таблица 3

Физико-механические свойства стабилизированных и укрепленных грунтов с добавкой стабилизатора «Статус»

Состав смеси	Максимальная плотность влажного грунта, г/см ³	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при сжатии после 15 циклов, МПа	Коэффициент морозостойкости	Модуль деформации, МПа
Суглинок тугопластичный/глина полутвердая, + стабилизатор «Статус» + 2% цемента	1,91/2,57	3,15 /3,15	1,98 /0	0,63/0	32,3/21,75
Суглинок тугопластичный/глина полутвердая, + стабилизатор «Статус» + 7% цемента	2,07/2,68	4,41/2,41	3,61/0	0,82/0	273,8/156,3

Проведено опытно-промышленное внедрение стабилизированных укрепленных грунтов с добавками стабилизатора «Статус» при устройстве рабочего слоя земляного полотна и слоя дорожной одежды на автомобильной дороге в Самарской области методом смешения на месте.



Рис. 2. Опытно-промышленное внедрение стабилизированных и укрепленных грунтов с применением стабилизатора «Статус» на автомобильной дороге в Самарской области (иллюстрация авторов)

Fig. 2. Pilot industrial implementation of stabilized and reinforced soils using the stabilizer “Status” on the highway in the Samara region (illustration by the authors)

На основе анализа результатов испытания стабилизированных глинистых грунтов, отобранных с автомобильной дороги, установлено, что для применения грунтов в рабочих слоях земляного полотна при использовании стабилизатора «Статус» обеспечено повышение модуля деформации до 15% и значительное снижение коэффициент фильтрации на 91,8% (табл. 4). Это подтверждает эффективность применения стабилизатора «Статус» для стабилизации глинистых грунтов рабочего слоя земляного

полотна. Дополнительное введение малого количества портландцемента (до 2%) не влияет на изменение модуля деформации, но снизило градиент напора и повысило коэффициент фильтрации.

Таблица 4

Свойства стабилизированных грунтов, отобранных с автомобильной дороги

Состав смеси	Модуль деформации, МПа	Градиент напора	Коэффициент фильтрации при $t=10^0$ С, м/сут.
Суглинок тяжелый	25,6	36,9	$4,66 \times 10^{-6}$
Суглинок тяжелый, обработанный стабилизатором «Статус»	29,5	37,7	$0,38 \times 10^{-6}$
Суглинок тяжелый, обработанный стабилизатором «Статус», с добавкой 2% цемента	29,8	29,4	$0,77 \times 10^{-6}$

Поскольку для повышения показателей физико-механических свойств укрепленных связных грунтов рекомендуется применять портландцемент от 6% и более, были проведены испытания укрепленных глинистых грунтов из конструкции дорожной одежды без и в сочетании со стабилизатором и портландцементом (таблица 5).

Таблица 5

Физико-механические свойства укрепленных грунтов, отобранных из дорожной одежды

№ л/п	Состав смеси	Плотность (частиц) до водонасыщения, г/см ³	Плотность (частиц) после водонасыщения, г/см ³	Прочность обр. при сжатии, МПа	Прочность обр. после сжатии после 15 циклов, МПа	Коэффициент морозостойкости	Модуль деформации, МПа
1	Глинистый грунт + 6% цемента	2,11	2,11	4,12	2,37	0,57	78,286
2	Глинистый грунт + 7% цемента	2,11	2,11	4,12	3,01	0,73	85,183
3	Глинистый грунт со стабилизатором «Статус» + 7% цемента	2,05	2,05	4,35	3,51	0,80	234,385

Установлено положительное влияние стабилизатора на показатели физико-механических свойств укрепленных цементом грунтов: увеличилась прочность при сжатии водонасыщенных образцов до испытаний на морозостойкость и после 15 циклов после замораживания-оттаивания (соответственно повысился коэффициент морозостойкости от 0,73 до 0,80, значительно повысился показатель несущей способности (модуль деформации увеличился с 85,183МПа до 234,38МПа).

На основе анализа зависимостей установлено, что для применения укрепленных грунтов в слоях дорожных одежд недостаточно использование только вяжущего и требуется дополнительное введение добавок, повышающих водно-физические и физико-механические свойства. Следует отметить, что некоторые показатели испытанных образцов грунтов, укрепленных только цементом, удовлетворяют нормативным требованиям. Однако не рекомендуется применять укрепленные грунты без добавки стабилизатора в слоях дорожных одежд и конструкции в целом по причине пониженных показателей физико-механических свойств, повышенной жесткости укрепленного материала и, соответственно, пониженной их трещиностойкости и долговечности.

Анализ результатов мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния участков автомобильных дорог показал, что опытно-промышленное внедрение подтвердило эффективность применения стабилизатора «Статус» для стабилизации глинистых грунтов рабочего слоя земляного полотна и устройства слоев оснований дорожной одежды из укрепленных грунтов на автомобильных дорогах в Самарской области РФ. Аналогичное исследования с опытно-промышленным внедрением проведено в Ставропольском крае, Московской, Ярославской, Новгородской, Ростовской и других областях Российской Федерации.

Полученные положительные результаты согласуются с данными по повышению свойств стабилизированных грунтов в земляном полотне и укрепленных грунтов в дорожных одеждах с применением модифицирующих добавок [19, 20]

4. Заключение

Установлены зависимости влияния количества стабилизатора «Статус» на прочность при сжатии суглинка тугопластичного и глины полутвердой. Стабилизация добавкой «Статус», при оптимальном содержании, обеспечивает повышение прочности при сжатии стабилизированных грунтов: у суглинка тугопластичного и у глины полутвердой и составляет в среднем 7-12%.

Определение физико-механических свойств стабилизированных и укрепленных грунтов с добавкой стабилизатора «Статус» показало возможность получения требуемых нормативных показателей для суглинка тугопластичного, который может быть использован в земляном полотне и слоях дорожных одежд автомобильных дорог в климатических зонах с знакопеременными температурами. Требуется проведение дополнительных исследований, направленных на повышении эффективности добавок в глинистых грунтах с большим количеством глинистых частиц свыше 15,0% и числом пластичности свыше 17,0.

Проведено опытно-промышленное внедрение стабилизированных и укрепленных грунтов с добавками стабилизатора «Статус» при устройстве земляного полотна и дорожной одежды на автомобильных дорогах. Анализ результатов мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния участков автомобильных дорог показал, что опытно-промышленное внедрение подтвердило эффективность применения стабилизатора «Статус» для стабилизации и укрепления глинистых грунтов в части использования указанной технологии, при соблюдении всех рекомендуемых особенностей производства работ, на автомобильных дорогах в Самарской области и в других регионах Российской Федерации.

Список литературы / References

1. Mousavi S.S., Bhojaraju C. Ouellet-Plamondon C. Clay as a Sustainable Binder for Concrete – A Review // Constr. Mater. – 2021 – No. 1. – P. 134–168. – <https://doi.org/10.3390/constrmater1030010>.
2. Cai Y., Xu L., Liu W., Shang Y., Su N., Feng D. Field test study on the dynamic response of the cement-improved expansive soil subgrade of a heavy-haul railway // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. – 2020. – No. 128. – P. 105878. – DOI: 10.1016/j.soildyn.2019.105878.
3. Дмитриева Т.В., Маркова И.Ю., Строкова В. В. Эффективность стабилизаторов различного состава при укреплении грунтов минеральным вяжущим // Строительные материалы и изделия. – 2020. – Т. 3. – № 1. – С. 30–38. – EDN CACTPF.
Dmitrieva T.V., Markova I.Yu., Strokovva V. V. The effectiveness of stabilizers of various compositions in strengthening soils with mineral binders // Building materials and products. – 2020. – Vol. 3. – No. 1. – P. 30-38. – EDN CACTPF.
4. Alzabeebee S., Alkhalidi S.H.A., Obaid I. et al. Effect of Soil – Cement Stabilization of the Subgrade on the Response of a Ballasted Railway Track. Transp. Infrastruct. Geotech.11. – 2024. – P. 1181–1201. – <https://doi.org/10.1007/s40515-023-00323-0>.
5. Gupta S., Kumar S. A state-of-the-art review of the deep soil mixing technique for ground improvement. Innovative Infrastructure Solutions. – 2022. – No. 8. – P. 129. – DOI:

- 10.1007/s41062-023-01098-6.
6. Zolotukhin S.N., Andreev A.V., Volokitin V.P. Non-firing materials using clay soils. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – No. 962. – P. 022030. – DOI: 10.1088/1757-899X/962/2/022030.
 7. Zhu Y., Iroh J.O., Rajagopalan R., Aykanat, A., Vaia R. Optimizing the Synthesis and Thermal Properties of Conducting Polymer – Montmorillonite Clay Nanocomposites // *Energies*. – 2022. – Vol. 15. – P. 1291. – <https://doi.org/10.3390/en15041291>.
 8. Linhares Junior J.A., Azevedo A.R.G., Marvila M.T., Teixeira S.R., Fediuk R., Vieira C.M.F. Influence of processing parameters variation on the development of geopolymeric ceramic blocks with calcined kaolinite clay // *Case Studies in Construction Materials*. – 2022. – Vol. 16. – P. e00897. – <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00897>.
 9. Maier M., Sposito R., Beuntner N., Thienel, K. Particle characteristics of calcined clays and limestone and their impact on early hydration and sulfate demand of blended cement // *Cem. Concr. Res.* – 2022. – Vol. 154. – P. 106736. – DOI:10.1016/j.cemconres.2022.106736.
 10. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур: сб. статей . П. А. Ребиндер. - М.: Наука, 1966. - 125 с.
Rebinder P.A. Physical and chemical mechanics of dispersed structures: collection of articles. P. A. Rebinder. Moscow: Nauka Publ., 1966. 125 p.
 11. Карасев А. А. Модель грунта как пористо-дисперсно-фазового тела при сдвиге в основании фундаментов // *Актуальные вопросы современной науки: теория, технология, методология и практика : Сборник научных статей по материалам X Международной научно-практической конференции, Уфа, 27 декабря 2022 года. Том Часть 4.* – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2022. – С. 205-208. – EDN DDPGPJ.
Karasev A. A. Model of soil as a porous-dispersed-phase body during a shift at the base of foundations // *Actual issues of modern science: theory, technology, methodology and practice: Collection of scientific articles based on the materials of the X International Scientific and Practical Conference, Ufa, December 27, 2022. Vol. 4.* Ufa: Limited Liability Company Scientific Publishing Center “Bulletin of Science”, 2022. P. 205-208. EDN DDPGPJ.
 12. Kausor M.A., Gupta S.S., Bhattacharyya K.G., Chakraborty D. Montmorillonite and modified montmorillonite as adsorbents for removal of water soluble organic dyes: A review on current status of the art // *Inorganic Chemistry Communications*. – 2022. – Vol. 143. – P. 109686. – <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.109686>.
 13. Фэн Д.Л., Сяо С.Л., Лян Ш.Х. Модификация критерия прочности Друкера-Прагера на основе мультимасштабного физического анализа грунтов // *Основания, фундаменты и механика грунтов.* – 2023. – № 5. – С. 16. – EDN OJMXZP
Feng D.L., Xiao S.L., Liang S.H. Modification of the Drucker-Prager strength criterion based on a multiscale physical analysis of soils // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. – 2023. – No. 5. – P. 16. – EDN OJMXZP
 14. Chong S.H. Development of constitutive model for simulation of cemented soil // *Geotechnical and Geological Engineering*. – 2019. – No. 37(5). – P. 4635–4641. – <https://doi.org/10.1007/s10706-019-00903-3>.
 15. Чудинов С.А., Ладейщиков Н.В. Укрепление грунтов портландцементом с добавлением модифицированного лигносульфоната // *Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе.* – 2022. – Т. 1. – С. 338–341. – EDN SZMCYV.
Chudinov S.A., Ladeishchikov N.V. Soil reinforcement with Portland cement with the addition of modified lignosulfonate // *Modernization and scientific research in the transport sector.* – 2022. – Vol. 1. – P. 338-341. – EDN SZMCYV.
 16. Кочеткова Р.Г. Современные методы улучшения свойств глинистых грунтов вяжущими и добавками. Монография. 2014 г. М.- МАДИ.
Kochetkova R.G. Modern methods of improving the properties of clay soils with binders and additives. Monograph. 2014 M.- MADI.

17. Кочеткова Р.Г. Влияние современных стабилизаторов на улучшение свойств глинистых грунтов // Ж. Основания, фундаменты и механика грунтов, 2012.- № 1 – С.10- 14
Kochetkova R.G. The influence of modern stabilizers on improving the properties of clay soils. Soil Mechanics and Foundation Engineering, 2012, No. 1, P.10-14
18. Суфиянов Р. Ш. К вопросу о применении стабилизаторов грунтов при строительстве автомобильных дорог (обзор) // Вестник Технологического университета. – 2021. – Т. 24, № 6. – С. 41-48. – EDN OWANHU.
Sufianov R. S. On the issue of the use of soil stabilizers in the construction of highways (review) // Bulletin of the Technological University. – 2021. – Vol. 24, No. 6. – P. 41-48. – EDN OWANHU.
19. Вдовин Е.А., Строганов В.Ф., Мавлиев Л.Ф. Гидрофобизация цементогрунтов для дорожных одежд: модификация, структура, технология, применение: Монография. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2023. – 200 с.
Vdovin E.A., Stroganov V.F., Mavliev L.F. Hydrophobization of cement soils for road surfaces: modification, structure, technology, application: Monograph. – Kazan: Publishing house of Kazan State University of Architecture and Engineering, 2023. – 200 p.
20. Вдовин Е.А., Строганов В.Ф., Буланов П.Е. Пластификация укрепленных грунтов при строительстве дорожных одежд: Монография– Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2024. – 228 с.
Vdovin E.A., Stroganov V.F., Bulanov P.E. Plasticization of reinforced soils during the construction of road pavement: Monograph. – Kazan: Publishing house of Kazan State University of Architecture and Engineering, 2024. – 228 p.

Информация об авторах

Добров Эдуард Михайлович, доктор технических наук, профессор, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, г. Москва, Российская Федерация
E-mail: dobrov@egg.madi.ru

Кочеткова Рима Габдулловна, кандидат технических наук, доцент, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, г. Москва, Российская Федерация
E-mail: rima747@yandex.ru

Information about the authors

Eduard M. Dobrov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, Moscow, Russian Federation
E-mail: dobrov@egg.madi.ru

Rima G. Kochetkova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, Moscow, Russian Federation
E-mail: rima747@yandex.ru

Дата поступления: 01.11.2025

Дата принятия: 26.12.2025