

Онищенко А.М., канд. техн. наук, Жуков О.О., канд. техн. наук,  
Гаркуша М.В.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВКИ «ОДОЛ-СГ» В ҐРУНТІ НА ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

**Анотація.** В статті наведено проектування складів ґрунтів укріплених добавкою «ОДОЛ-СГ» та встановлено оптимальні витрати даної добавки для укріплення ґрунту і дослідження впливу на фізико-механічні показники. Метою даного дослідження була оцінка ефективності використання добавки «ОДОЛ-СГ» при стабілізації та укріпленні ґрунтів. Для дослідження було використано декілька видів ґрунтів, різних за походженням та гранулометричним складом, та проведено порівняння впливу добавки на фізико-механічні властивості від її кількості. Виявлено, позитивне підвищення показників в порівнянні з традиційним в'язучим. Також було порівняно ефективність закріплювача ґрунту «ОДОЛ-СГ» з іншими існуючими добавками. Результати, отримані під час випробування, дають можливість оцінити ефективність даної добавки, стійкість та стабільність її при впливі навколишнього середовища, а також застосування для різних типів дорожнього одягу.

**Ключові слова:** укріплення ґрунту, стабілізація ґрунту, оптимальні витрати, характеристика укріпленого ґрунту, випробування ґрунту, дослідження ґрунту, вплив повторності дії навантаження.

**Аннотация.** В статье приведены проектирование составов ґрунтов укреплённых добавкой «ОДОЛ-СГ» и установлены оптимальные затраты данной добавки для укрепления ґрунта и исследование влияния на физико-механические показатели. Целью данного исследования была оценка эффективности использования добавки «ОДОЛ-СГ» при стабилизации и укреплении ґрунтов. Для исследования было использовано несколько видов ґрунтов, разных за происхождением и зерновым составом, и проведено сравнения влияния добавки на физико-механические свойства от ее количества. Выведено, положительное повышение показателей в сравнении с традиционным вяжущим. Также было сравнительно эффективность укрепителя

грунта «ОДОЛ-СГ» с другими существующими добавками. Результаты, полученные во время испытания, дают возможность оценить эффективность данной добавки, стойкость и стабильность ее при влиянии окружающей среды, а также применение для разных типов дорожной одежды .

**Ключевые слова:** укрепление грунта, стабилизация почвы, оптимальные затраты, характеристика укрепленного грунта, испытания грунта, исследования почвы, влияние повторности действия нагрузки.

**Annotation.** In clauses are given designing structures soil strengthening by the additive "ОДОЛ-СГ" and the optimum expenses of the given additive for strengthening a ground and research of influence on physical-mechanical parameters are established. The purpose of the given research was an estimation of efficiency of use of the additive "ОДОЛ-СГ" at stabilization and strengthening soils. For research some kinds soils, different behind an origin and grain structure were used, and is carried out comparisons of influence of the additive on physical-mechanical properties from its quantity. The positive increase of parameters in comparison with traditional knitting is revealed. Also there was rather efficiency strengthening of a ground "ОДОЛ-СГ" with other existing additives. The results received during test, enable to estimate efficiency of the given additive, stability and stability her at influence of an environment, and also application for different types of road clothes.

**Keywords:** soil reinforcement, soil stabilization, the optimal cost, fortified soil characteristics, soil testing, soil investigation, the influence of repetition of the load.

## Вступ

Внаслідок збільшення інтенсивності дорожнього руху, виникає передчасне руйнування дорожнього одягу, що в свою чергу потребує значних витрат на ремонтні роботи. Однією з головних причин, являється збільшення вантажонапруженості, внаслідок того що на дорожній одяг часто діють навантаження значно перевищуючі її граничні. Отже, до дорожнього одягу та ґрунту земляного полотна повинні висуватися нові підвищені вимоги, щоб забезпечити нормальну експлуатацію автомобільної дороги, її довговічність та забезпечити безпеку руху.

Традиційні рішення з підвищення несучої здатності дорожнього одягу за рахунок потовщення його шарів не вирішує в повній мірі проблему підвищення

загальної міцності дорожнього одягу, а отже і не забезпечує необхідної довговічності.

При зведенні земляного полотна автомобільних доріг в багатьох випадках використовуються місцеві слабкі ґрунти, заміна яких іншим ґрунтом є економічно недоцільною. Недостатні деформаційні показники, а також низька міцність призводить до виникнення в земляному полотні зсувів шарів відносно один одного, що в свою чергу спонукає виникнення на покритті різних пошкоджень та деформацій.

Одним із надійних шляхів підвищення якості слабого ґрунту є покращення його властивостей шляхом введення різних стабілізуючих або укріплюючих добавок [1].

Авторами було створено добавку «ОДОЛ-СГ» для стабілізації та укріплення ґрунтів, яка за проведеними лабораторними дослідження не поступається закордонним аналогам, дозволяє значно підвищити фізико-механічні показники укріпленого ґрунту.

Відповідно до діючої методики проектування дорожнього одягу [2-3] для виконання перевірки впливу «ОДОЛ-СГ» на підвищення довговічності дорожнього одягу було визначено його розрахункові характеристики (деформаційні та міцнісні показники).

**Метою роботи було вирішити поставлене завдання:**

- проектування складів ґрунтів укріплених добавкою «ОДОЛ-СГ»;
- встановлення оптимальних витрат даної добавки для укріплення ґрунту;
- визначення фізико-механічних характеристик укріпленого ґрунту добавкою «ОДОЛ-СГ».

**Матеріали для досліджень.** Для вирішення поставлених завдань, були відібрані проби різних ґрунтів для встановлення впливу мінералогічного складу, гумусових речовин та кислотності середовища на властивості укріпленого ґрунту. Ґрунти, представлені супіском піщаним (проба № 1) та мілким піском (проба № 2) з різною питомою поверхнею. Для дослідження було вибрано декілька видів ґрунту з метою оцінки впливу зернового складу та питомої поверхні на ефективність застосування добавки. З метою порівняльної ефективності впливу добавки ОДОЛ-СГ було використано відповідно до нормативу[2] в'язуче – портландцемент М 400.

Дослідження полягало в порівнянні фізико-механічних властивостей ґрунтів змішаних з добавкою ОДОЛ-СГ 5, 9, 13% та відповідно з 5, 9, 13% портландцементу і при оптимальній вологості з них формували зразки-циліндри та зразки-балочки. Зразки витримували у спеціальній герметичній шафі (у вологих умовах) – над ємністю з водою протягом 90 діб і випробовували для визначення вказаних характеристик на 90-ту добу у водонасиченому стані [2, 3].

**Методика та результати дослідження.** Характеристики укріпленого ґрунту визначали згідно нормативів [2, 3].

Межа міцності при стиску визначалась на циліндричних зразках за допомогою гідравлічного пресу із швидкість вільного ходу поршня 3 мм/хв.

Визначення межі міцності на стиск зразків 90-добового терміну твердіння у водонасиченому стані показали, що супісок піщанистий з добавкою 5% ОДОЛ-СГ мав міцність при стиску 0,94 МПа, що на 60% вище міцності проби №1 з цементом такої ж кількості (рис. 1). Із збільшенням добавки ОДОЛ-СГ міцність зразків проби №1 підвищувалася, досягаючи 2,8 МПа при 9% ОДОЛ-СГ та 4,22 МПа при 13% ОДОЛ-СГ. Піски мілкі (проба №2) при додаванні до них 5% ОДОЛ-СГ характеризувалися 11%-вим зростанням міцності (рис. 2). Це свідчить про те, що максимальні показники міцності можна отримати при укріпленні ґрунтів з підвищеною питомою поверхнею частинок, а саме ґрунтів із вмістом глинистих часток.

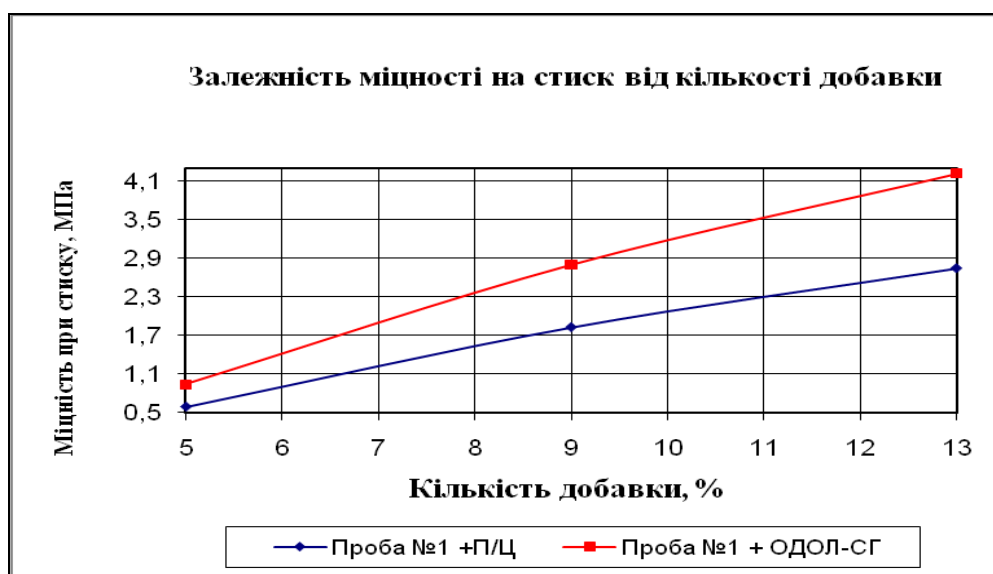


Рис. 1. Залежність міцності на стиск проби №1 при використанні різної кількості добавок.

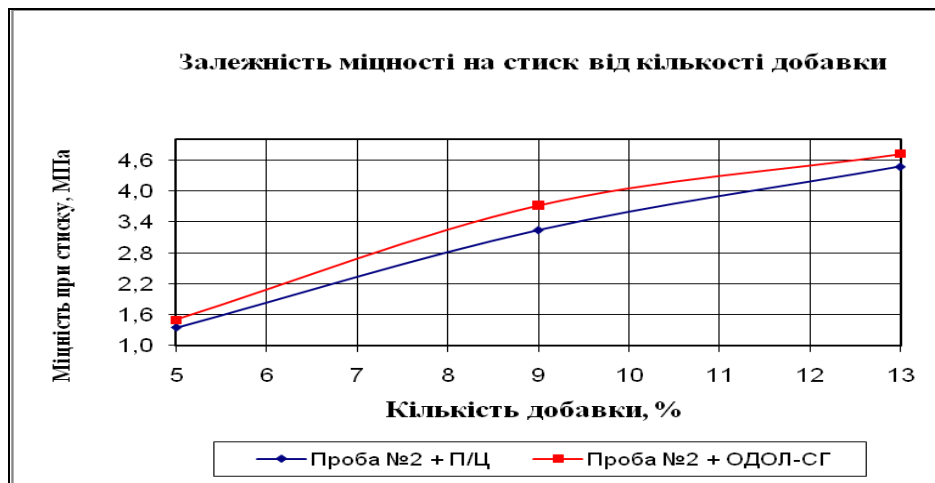


Рис. 2. Залежність міцності на стиск проби №2 при використанні різної кількості добавок

Межа міцності на розтяг при згині визначалась на зразках-балочках. Дане випробування проводили на машині марки МІІ-100 при температурі +20 °С і швидкості деформування 3 мм/хв.

Визначення межі міцності на розтяг при згині зразків 90-добового терміну твердіння у водонасиченому стані показали, що супісок піщанистий з добавкою 5% ОДОЛ-СГ мав міцність 0,156 МПа, що на 24% вища за еталон (рис. 3). Із збільшенням добавки ОДОЛ-СГ міцність зразків проби № 1 підвищувалася, досягаючи 0,288 МПа при 9% ОДОЛ-СГ та 0,492 МПа при 13% ОДОЛ-СГ. Піски мілкі (проба №2) при добавці до них 5% ОДОЛ-СГ характеризувалася міцністю – 0,22 МПа.

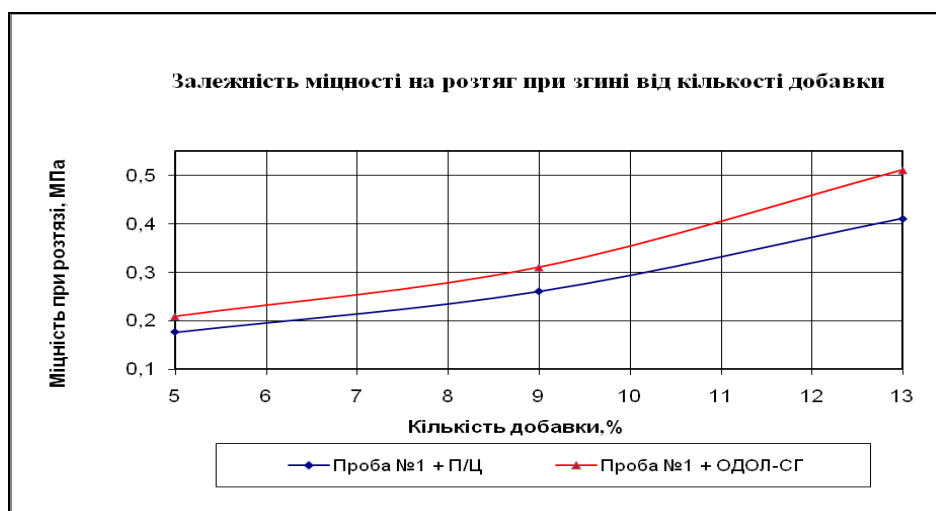


Рис. 3. Залежність міцності на розтяг при згині проби №1 при використанні різної кількості добавок

При збільшенні добавки ОДОЛ-СГ міцність таких зразків збільшується із меншою інтенсивністю і при 9% ОДОЛ-СГ становить 0,45 МПа для проби № 2 та при 13% ОДОЛ-СГ - 0,53 МПа (рис. 4).

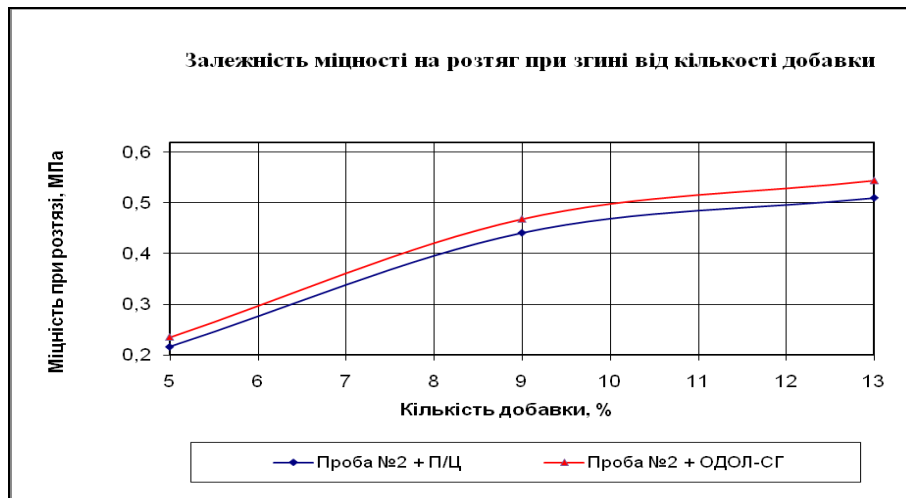


Рис. 4. Залежність міцності на розтяг при згині проби №2 при використанні різної кількості добавок

Випробування на морозостійкість проводили на трьох зразках кожного складу після їх твердіння протягом 90 діб. після повного водонасичення зразки піддавали почергово заморожуванню протягом чотирьох годин та розморожуванню.

Кількість циклів замороження - відтавання складала 5, 10, 15 . Температура замороження становила мінус 18 °С.

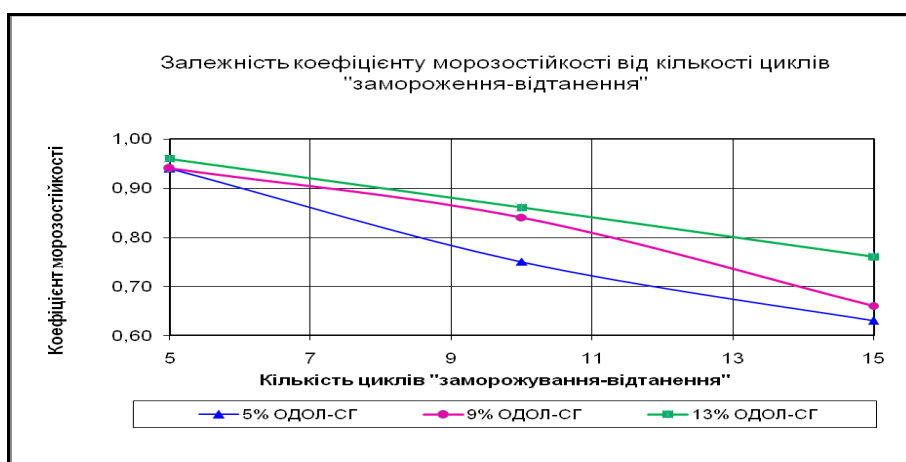


Рис. 5. Залежність коефіцієнту морозостійкості від кількості циклів «замороження-відтавання» проби ґрунту №1 при використанні різної кількості добавки ОДОЛ-СГ

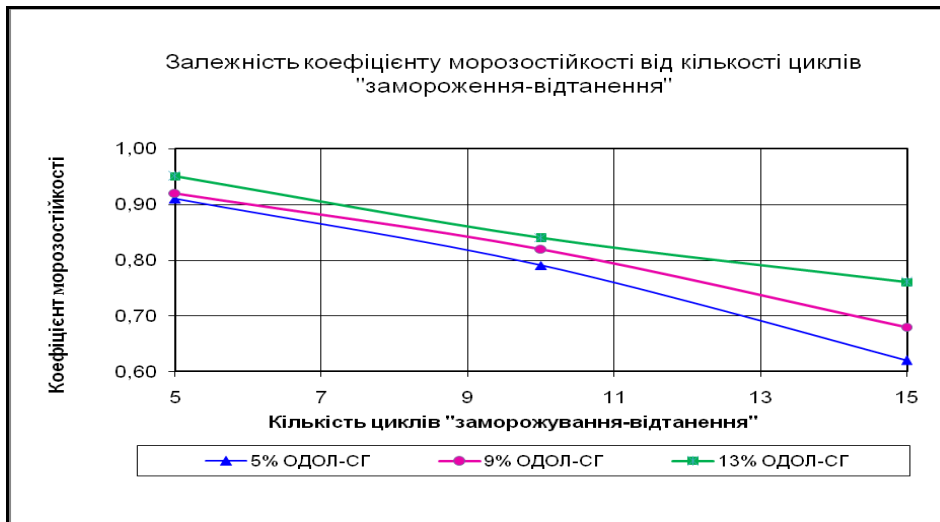


Рис. 6. Залежність коефіцієнту морозостійкості від кількості циклів «замороження-відтавання» проби ґрунту №2 при використанні різної кількості добавки ОДОЛ-SГ

Модуль пружності зразків визначали при температурі +20°C і тривалості дії навантаження 0,1 с. за допомогою маятникового пристрою.

При визначенні модуля пружності цементоґрунтові зразки досліджуваних проб ґрунтів, характеризувалися незначними величинами жорсткості і в залежності від виду ґрунту та кількості цементу модуль пружності змінювався від 108 - 298 МПа при 5% цементу до 359 - 628 МПа при 13 % цементу та 118-319 МПа при 5% до 536-716 МПа при 13% відповідно добавки ОДОЛ-SГ.

Зразки ОДОЛ-SГ при такому ж вмісті добавки характеризувалися практично однаковим значенням модуля пружності. Результати визначення модулів пружності укріпленого ґрунту проб № 1, № 2, наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати визначення модуля пружності укріпленого ґрунту

№ п/п	Модуль пружності, МПа					
	Проба №1			Проба №2		
	Кількість добавки, %			Кількість добавки, %		
	5	9	13	5	9	13
Добавка ОДОЛ-SГ						
1	118	314	536	319	509	716
Добавка портландцемент М 400						
2	108	224	359	298	438	628

Вплив повторності дії навантаження від транспортних засобів при розрахунку дорожніх одягів враховується шляхом введення в розрахунок характеристик втоми дорожньо - будівельних матеріалів. Випробування на втому дорожньо - будівельних матеріалів полягає у моделюванні дії розтягуючих горизонтальних нормальних напружень, що виникають при згині монолітних шарів від дії колеса транспортних засобів.

Велике значення для обґрунтованої оцінки впливу добавки ОДОЛ-СГ на підвищення довговічності дорожнього одягу мають дані про показники втоми. Показник втоми, залежить від кількості в'язучого для всіх досліджуваних проб ґрунтів і зростає з його збільшенням (табл.2).

Для визначення показника втоми випробовували цементоґрунтові зразки при дії плавно зростаючого з постійною швидкістю силового навантаження в умовах розтягу при згині.

На рис. 7 зображено порівняння поширених в Україні закріплювачів ґрунту [4,5]. Дослідження даних добавок проводилося в різний час, різними дослідниками, але на одному виді ґрунту - глинистому(супісок піщанистий). Закріплювачі та традиційне в'язуче (портландцемент) вносилося в однаковій кількості та випробувалися зразки на стиск, на 28-му добу. Метою даного аналізу є порівняння якості добавки відповідно еталону (ПЦ). Над кожною колонкою нанесено відсотковий показник – збільшення міцності ґрунту за рахунок використання тої чи іншої добавки. RVI-81 та ОДОЛ-СГ вносилися в ґрунт як самостійне в'язуче, а Infra Crete в кількості 2% до портландцементу. В даному порівнянні якості, ОДОЛ-СГ показав найкращий результат – збільшення міцності на 27-40% в порівнянні з еталоном, також має характерну залежність збільшення міцності. Infra Crete - показав різке підвищення міцності при 5% в'язучого та подальше зменшення зі збільшенням в'язучого - поступаючись ОДОЛ-СГ. RVI-81 на 28-му добу має меншу міцність ніж еталон при однаковій кількості в'язучого, що показує його негативний вплив, так при 5% міцність зменшується на 14%, а при 9% зменшується на 22% відповідно такі й же кількості портландцементу.



Таблиця 2 – Результати визначення показника втоми укріпленого ґрунту

Показник и вТОМИ						
	Проба №1			Проба №2		
	Кількість добавки, %			Кількість добавки, %		
	5	9	13	5	9	13
Добавка ОДОЛ-СГ						
br	1,415	2,58	2,98	2,05	2,475	4,28
B	0,0645	2,38	12,12	0,012	0,254	5,465
m	0,706	0,387	0,335	0,487	0,404	0,233
Добавка портландцемент М 400						
br	1,27	2,02	2,37	1,97	2,28	3,63
B	1	9	57	1	1	183
m	0,787	0,495	0,421	0,507	0,438	0,275

### Висновки

1. Проведені авторами дослідження добавки ОДОЛ-СГ та виконаний літературний аналіз показали, що ґрунти стабілізовані ОДОЛ-СГ, відповідають вимогам, що пред'являються до укріплених ґрунтів за вимогами стандартів України.

2. Зміна фізико-механічних властивостей ґрунтів укріплених ОДОЛ-СГ в широких межах в залежності від кількості добавки та різновиду ґрунту свідчить про можливість активного регулювання його властивостей, а також можливості використання добавки для різних типів дорожнього одягу.

3. Добавка створена з вітчизняної сировини, має доступну вартість.

4. Стійкість і стабільність властивостей укріплених ґрунтів при дії водоморозних впливів говорить про можливість їх використання, як при влаштуванні основ так і при влаштування перехідного типу покриття дорожнього одягу автомобільних доріг із забезпеченням початкових властивостей.

5. Процес укріплення ґрунту ОДОЛ-СГ не потребує додаткового, спеціального обладнання при умові забезпечення необхідних фізико-механічних властивостей, дозволяє заощадити енергоресурси

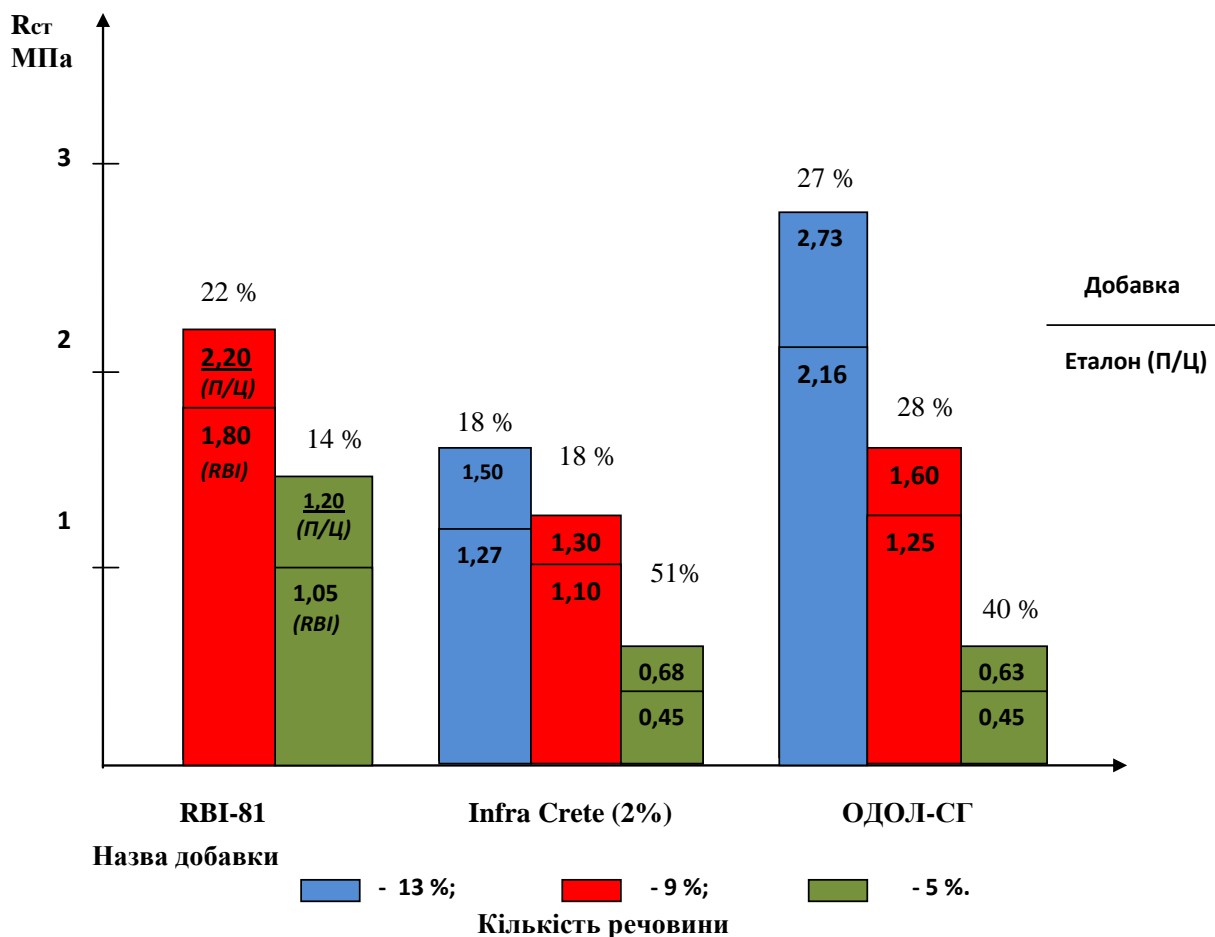


Рис.7. Порівняння міцності укріпленого ґрунту від виду та кількості добавки

## Література

1. Безрук В.М. Укрепление грунтов в дорожном и аэродромном строительстве. – М.: Транспорт, 1971. – 247 с.
2. ВБН В.2.3-218-186-2004. Дорожній одяг нежорсткого типу.
3. ВБН В.2.3-218-002-95. Проектування і будівництво основ та покриттів автомобільних доріг із кам'яних матеріалів, промислових відходів і ґрунтів, укріплених цементом. – Київ, 1995. – 47 с.
4. Бесараб О.М., Гуріна Л.І., Смолянець В.В. Оцінка впливу добавки в ґрунт RBI-81 на підвищення довговічності дорожнього одягу // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. - К., 2008. - Вип.75. – С. 73–81.
5. Бесараб О.М., Гуріна Л.І., Опрощенко І.О. Дослідження добавки Infra Crete для підвищення фізико-механічних властивостей ґрунту // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К., 2008. – Вип.75. – С. 260–266.