

УДК 691.3

[https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-10](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-10)

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО - МЕХАНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ
ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ МОДИФІКУЮЧОЇ ДОБАВКИ
КМД «НАВІКОН» У БЕТОННИХ СУМІШАХ**

**STUDY OF PHYSICAL - MECHANICAL INDICATORS OF THE
APPLICATION OF COMPLEX MODIFYING ADDITIVE KMD
"NAVIKON" IN CONCRETE MIXTURES**

Кислюк Д.Я. к.т.н., доц., Нінічук М.В., к.т.н., ст.викл. (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), Костюк Т.О., д.т.н. професор (Харківській національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова), Савенко В.І. к.т.н., професор (Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ)

Kyslyuk D.Y., Ph.D., Associate Professor, Ninichuk M.V., Ph.D., senior lecturer (Lutsk National Technical University), Kostyuk T.O., Dr. Tech. Sc., Professor (Kharkiv National University of Urban Economy named after O.M. Beketov), Savenko V.I., Ph.D., professor (Kyiv National University of Construction and Architecture)

Комплексна модифікуюча добавка КМД «Навікон» збільшує гідротехнічні та фізико-механічні властивості бетонів. Досліджено пластифікуючий та водоредукуючий ефект комплексної модифікованої добавки КМД «Навікон» (Navikon KMD). Встановлено, що добавка відповідає критеріям сильнопластифікуючих та суперводоредукуючих добавок. Добавка КМД «Навікон» дає можливість істотно підвищити його міцність – від 30 до 50% і водонепроникність та перевести звичайний важкий бетон у розряд гідротехнічного.

Monolithic construction is developing, and every day concrete acquires more and more specific characteristics: faster or slower, depending on the need, they gain strength; become resistant to low temperatures; become waterproof; different colors and shades; protect steel structure elements from corrosion; gain resistance to aggressive environments and durability, without losing their physical properties. The key to everything is a complex chemical additive, which is added to concrete during its production or to the finished concrete mixture. The use of the additive will significantly increase the profitability of concrete mixtures, because the introduction of a complex chemical additive developed jointly with the Navikon-Ukraine company will improve the

physical characteristics of concrete, significantly reduce the cost, and increase the quality by an order of magnitude.

NavyCon KMD is a complex of mineral chemical modifiers for improving the hydro-technical and physicomachanical properties of concrete and construction solutions used in civil and industrial construction, tunnel construction, the repair and restoration of bridges and overpasses, road construction, particularly in the manufacture of paving slabs with increased strength, waterproofing and frost resistance, to obtain a concrete mixture of high plasticity and homogeneity; increased strength of concrete and concrete products; increases their waterproofness, frost resistance, gas permeability, and resistance to abrasion and sulfate corrosion in conditions of high humidity and significant temperature changes. It can be used for the production of dense artificial products in the form of pipes, segments, blocks, tiles, and other products used in conditions where increased waterproofness and frost resistance are required. The use of Navikon KMD in the composition of concrete, and cement-sand mixtures increases their waterproofing capacity by three to four degrees, allows to exclude additional waterproofing of structures, and gives them increased strength, frost resistance, and resistance to the influence of aggressive environments.

The effect of the complex modified additive Navikon KMD on the mobility of the concrete mixture and the strength of concretes, which are widely used for the production of precast reinforced concrete structures, is investigated in the work. It was established that the use of the additive leads to an increase in the grade of ease of placement of the concrete mixture by three degrees, from P1 to P4 (OK from 1-4 cm to 16-20 cm) relative to the control mixture. It was established that the additive meets the criteria of highly plasticizing and super water-reducing additives. The additive of KMD "Navikon" makes it possible to significantly increase its strength from 30 to 50% and water resistance and transfer ordinary heavy concrete to the category of hydraulic concrete.

Ключові слова: пластифікатор, комплексна модифікована добавка, рухливість бетонної суміші, міцність на стиск.

Keywords: Plasticizer, complex modified additive, mobility of concrete mixture, compressive strength.

NavyCon KMD (КМД «Навікон») являє собою комплекс мінеральних хімічних модифікаторів для підвищення гідротехнічних та фізико-механічних властивостей бетонів та будівельних розчинів, що застосовуються у цивільному та промисловому будівництві, тунелебудуванні, для ремонту та відновлення мостів та шляхопроводів, дорожньому будівництві, зокрема, при виготовленні тротуарної плитки з підвищеною міцністю, водонепроникністю та морозостійкістю, для отримання бетонної суміші високої пластичності та однорідності; підвищеної міцності бетонів та бетонних виробів; збільшує їх водонепроникність, морозостійкість, газопроникність і стійкість до

стирання та сульфатної корозії в умовах підвищеної вологості та значних перепадах температур. Може бути використана для виготовлення щільних штучних виробів у вигляді труб, сегментів, блоків, плиток та інших виробів, що використовуються в умовах, де потрібна підвищена водонепроникність і морозостійкість. Добавка КМД «Навікон» принципово відрізняється від інших добавок тим, що її збалансований склад на іонно-молекулярному рівні дозволяє створювати кристалічний бар'єр і формувати структуру бетону на мікро- та макрорівнях шляхом зарощування пор та капілярів кристалічними новоутвореннями, аналогічними за складом кристалогідратних сполук цементного каменю. Застосування КМД «Навікон» у складі бетону, цементно-піщаних сумішей підвищує їхню гідроізолюючу здатність на три-чотири ступені, дозволяє виключити додаткову гідроізоляцію конструкцій, надає їм підвищеної міцності, морозостійкості та стійкості до впливу агресивних середовищ.[1,2]



Рисунок 1 – Комплексна модифікуюча добавка КМД «Навікон»

Для дослідження фізико-механічних показників комплексної модифікуючої добавки КМД «Навікон» була складена програма випробувань. На базі будівельної лабораторії ЛНТУ було передбачено дослідити пластифікуючий і водоредукуючий ефект при застосуванні добавки:

- 4% від маси цементу, для проведення порівнянь дослідження класу бетону C8/10 (M150);
- 3% від маси цементу, для проведення порівнянь дослідження класу бетону C12/15 (M200).

Було передбачено виготовити та випробувати 8 серій бетонних зразків для дослідження рухливості бетонної суміші та кубикової міцності бетону у віці 7, 14 та 28 діб.

Для виготовлення зразків серій використовується важкий бетон С12/15 (М200), склад бетонної суміші приймається за вагою 1:2,74:4,74 при В/Ц=0,8, та бетон С8/10 (М150), склад бетонної суміші приймається за вагою 1:3,75:5,95 при В/Ц=0,8 для контрольних зразків. Водоцементне відношення у бетонах з добавкою зменшувалося до В/Ц=0,7. Для всіх зразків використовується портландцемент ПЦ І 500 вітчизняного виробництва Дікергофф, Волиньцемент. В якості крупного заповнювача використовували гранітний щебінь фракції 5-20 мм, а дрібного – кварцовий пісок митий із модулем крупності 1,2 ...1,8

Всі зразки кожної серії виготовляються з одного замісу бетонної суміші, згідно з ДСТУ Б В.2.7-171:2008.

Згідно з програмою, передбачено:

- куби контрольні класу бетону С8/10 (М150) В/Ц 0,8 (КК 150);
- куби контрольні класу бетону С12/15 (М200) В/Ц 0,8 (КК 200);
- куби С8/10 (М150) з добавкою 4% пластифікатора «МД» В/Ц 0,7; 0,75; 0,8 (КМД 150 - 0,7; 0,75; 0,8);
- куби С12/15 (М200) з добавкою 3% пластифікатора «МД» В/Ц 0,7; 0,75; 0,8 (КМД 200 - 0,7; 0,75; 0,8).

Ефективність добавки визначають за збільшенням рухливості бетонної суміші від Р1 (ОК = 1-4 см) до Р5 (ОК = 21 см), при цьому міцність бетону на стиск у порівнянні з бетоном контрольного зразка не має знижуватись. Водоредукуючий ефект визначають за збільшенням міцності на стиск бетону у порівнянні з бетоном контрольного зразка.

Робота виконувалася у два етапи: перший етап полягав у дослідженні пластифікуючого ефекту комплексної модифікуючої добавки КМД «Навікон» на бетонну суміш; другий етап включав в себе визначення впливу добавки на міцність бетонних кубів, тобто її застосування для підвищення міцнісних характеристик бетону.

Дослідження рухливості бетонної суміші відбувалося згідно з ДСТУ Б В.2.7-114 за допомогою еталонного конуса з діаметром основи 200 мм. Пластифікуючий ефект комплексної модифікуючої добавки КМД «Навікон» оцінювали за однакового водоцементного відношення В/Ц = 0,8.

Рухливість контрольної бетонної суміші класу бетону С8/10 (М150) без пластифікатора складала $OK = 0,8$ см, для класу бетону С12/15 (М200) – $OK = 2,2$ см.

Введення модифікуючої добавки КМД «Навікон» у кількості 4% призводить до збільшення осідання конуса з 0,8 см до 2,0 см, а в бетоні С12/15 (М200) ефект був більш виражений, вміст добавки 3% призвів до збільшення осідання конуса з 2,2 см до 16 см. Отже, застосування модифікуючої добавки КМД «Навікон» призводить до збільшення марки за легкоукладальністю бетонної суміші на два ступені – від Р1 до Р4 (OK від 1-4 см до 16-20 см) відносно контрольної суміші, що відповідає критеріям сильнопластифікуючих добавок за ДСТУ Б В.2.7-171. У бетоні С8/10 (М150) за більшої концентрації пластифікатора (4%) рухливість суміші істотно не збільшилась, оскільки контрольна суміш була жорсткою $OK < 1$ см.

Випробування бетонних сумішей з комплексною модифікуючою добавкою КМД «Навікон» за однакової консистенції відбувалось при зменшенні водоцементного відношення в бетоні з $V/C=0,8$ до $V/C=0,7$. Додатково досліджували бетонні суміші з проміжним водоцементним відношенням $V/C=0,75$.

Зниження витрати води в основній бетонній суміші у порівнянні з контрольною склала $ВРЕ = 12,5\%$, що за критерієм ефективності відповідає супер водоредукуючим добавкам.

Випробування бетонної суміші С12/15 (М200) за концентрації модифікуючої добавки КМД «Навікон» 3% показало осідання конуса 1,8 см. В бетонній суміші С8/10 (М150) з добавкою КМД «Навікон» рухливість склала $OK=0,5$ см. Осідання конуса контрольної суміші становило 1,5 см та 2,2 см, відповідно. При проміжному значенні збільшення водоцементного відношення спостерігалось збільшення рухливості бетонної суміші – 1,0 см та 8,5 см. Отже, в бетонах С12/15 (М200) використання добавки КМД «Навікон» дозволяє знизити витрати води на 12,5% та забезпечити рухливість бетонної суміші на рівні контрольних зразків (марка за легкоукладальністю Р1).

Фізико-механічні характеристики бетону (кубова міцність) при одноразовому навантаженні визначались за стандартними методиками згідно з програмою випробувань. Випробовування кубів на стиск

виконували на гідравлічному пресі ИП-1000 (з ціною поділки 1,0 кН). Кубикову міцність бетону визначали у віці 7, 14 і 28 діб. Результати випробувань наведені в таблицях.

При випробуванні контрольних кубиків КК150 на стиск у віці 28 діб міцність становила $f_{cm,cube} = 26,4$ МПа, контрольних кубиків КК200 – $f_{cm,cube} = 26,61$ МПа .

Міцність бетонних кубів із використанням добавки КМД «Навікон» за однакового водоцементного відношення збільшується на 11,7%. Міцність бетонних кубів КМД150-0,8 у віці 28 діб рівна $f_{cm,cube} = 29,5$ МПа. Міцність бетонних кубів КМД200-0,8 у віці 28 діб рівна $f_{cm,cube} = 26,92$ МПа. Результати досліджень бетонних кубів у віці 7 та 14 діб показали аналогічний ефект.

Таблиця 1 – Результати випробувань з дослідження впливу модифікуючої добавки КМД «Навікон», клас бетону С8/10

№	Вид бетонних зразків	Осідання конуса	Рухливість	Міцність бетону $f_{cm,cube}$ МПа		
				7 днів	14 днів	28 днів
1	Куби контрольні класу бетону С8/10 В/Ц 0,8 (КК 150)	0,8	P1	19,92	26,31	26,4
2	Куби С8/10 з добавкою 4% пластифікатора «МД» В/Ц 0,8 (КМД 150 - 0,8)	2,0	P1	22,78	24,43	29,5
3	Куби С8/10 з добавкою 4% «МД» В/Ц 0,75 (КМД 150 - 0,75)	1,0	P1	26,014	30,89	34,7
4	Куби С8/10 з добавкою 4% «МД» В/Ц 0,7 (КМД150-0,7)	0,5	P1	27,14	32,66	38,0

Міцність бетонних кубів із використанням добавки КМД «Навікон» за однакового водоцементного відношення не зменшується, що характерно для пласифікуючих добавок при великому збільшенні рухливості бетонної суміші.

Таблиця 2 – Результати випробувань з дослідження впливу модифікуючої добавки КМД «Навікон», клас бетону С12/15

№	Вид бетонних зразків	Осідання конуса	Рухливість	Міцність бетону $f_{cm,cube}$ МПа		
				7 днів	14 днів	28 днів
1	Куби контрольні класу бетону С12/15 В/Ц 0,8 (КК 200)	2,2	P1	20,11	22,8	26,6
2	Куби С12/15 з добавкою 3% пластифікатора «МД» В/Ц 0,8 (КМД 200 - 0,8)	16,0	P4	21,39	23,5	26,9
3	Куби С12/15 з добавкою 3% «МД» В/Ц 0,75 (КМД 200 - 0,75)	8,5	P2	21,63	26,6	29,9
4	Куби С12/15 з добавкою 3% «МД» В/Ц 0,7 (КМД 200 - 0,7)	1,8	P1	29,15	32,16	36,3

Випробовування кубів КМД150-0,75 і КМД150-0,7 дозволяють оцінити водоредукуючий ефект добавки КМД «Навікон». Міцність бетонних зразків КМД150-0,75 збільшується на 31,3% від міцності контрольних кубів до $f_{cm,cube} = 34,67$ МПа, в кубах КМД150-0,7 – на 44,04% до $f_{cm,cube} = 38,03$ МПа у віці 28 днів. Порівняння результатів випробувань на 7 день показав приріст міцності 30,6% для КМД150-0,75 та 36,3% - для КМД150-0,7.

Результати випробувань кубів КМД200-0,7 показали схожі результати з бетоном класу С8/10, міцність на 28 день збільшується на 36,3% від міцності контрольних кубів до $f_{cm,cube} = 36,27$ МПа. На 7, 14 день показав приріст міцності 45% та 41% відповідно. Для кубів КМД200-0,75 водоредукуючий ефект менший, що зв'язано з збільшенням рухливості бетонної суміші. Міцність бетонних зразків збільшується менше до $f_{cm,cube} = 29,98$ МПа на 31,3% від міцності контрольних кубів.

Отже, використання модифікованої добавки КМД «Навікон» може збільшити міцність бетону від 30 до 45% при випробуванні бетонних

сумішей за однакової консистенції. Дані властивості добавки КМД «Навікон» відносяться до критеріїв ефективності суперводоредуруючої добавки за ДСТУ Б В.2.7-171.

Якщо брати до уваги економічну доцільність застосування добавки КМД «Навікон», то з розрахунку 3-7% на 1 одиницю обсягу або, наприклад, 15-25 кг КМД «Навікон» на 1м куб. бетону, ціна одиниці обсягу зростає на 55–65%. У разі застосування діючих гідротехнічних складів ціна за одиницю об'єму збільшується на 110 - 200%, при цьому підвищується водонепроникність бетону. У разі застосування КМД «Навікон» збільшуються значення відразу кількох показників: водонепроникність, міцність, морозостійкість, значно сповільнюється або повністю припиняється процес корозії арматури, тому що у складі КМД «Навікон» містяться інгібітори корозії та перетворювачі іржі.

При застосуванні КМД «Навікон» як добавки, необхідно в'яжучим в бетоні використовувати тип портландцементу ПЦ I (ДСТУ Б В.-2.7-46). Використання портландцементу з добавками шлаку ПЦ II/Ш, ПЦ II/Б-Ш, золи-винесення ПЦ II-З, вапняку ПЦ II-В, а також композиційних цементів ПЦ II/А-К та ПЦ II/ Б-К, пуцоланових, шлакопортландцементів – НЕДОПУСТИМО

Висновки. Комплексна модифікуюча добавка КМД «Навікон» підвищує гідротехнічні та фізико-механічні властивості бетонів, збільшує їх водонепроникність, морозостійкість, газопроникність, захищає елементи сталевих конструкцій від корозії та стійкості до агресивних середовищ.

Застосування модифікуючої добавки КМД «Навікон» призводить до збільшення марки за легкоукладальністю бетонної суміші на три ступені – від P1 до P4 (ОК від 1-4 см до 16-20 см) відносно контрольної суміші, що відповідає критеріям сильнопластифікуючих добавок за ДСТУ Б В.2.7-171.

У жорстких бетонах, при однаковому водоцементному відношенні, застосування модифікуючої добавки КМД «Навікон» дозволяє збільшити міцність бетону на 11,7%.

Добавка КМД «Навікон» відноситься до критеріїв ефективності суперводоредуруючої добавки за ДСТУ Б В.2.7-171.

Добавка КМД «Навікон» дає можливість істотно підвищити міцність бетону – від 30 до 50% і водонепроникність та перевести звичайний важкий бетон у розряд гідротехнічного.

References

1. Kostiuk T.A., Kasianenko K.V., Kysliuk Ya.D. Doslidzhennia vplyvu materialiv pryuknoi dii dlia vidnovlennia i remontu budivel i sporud TM NAVYCON // Suchasni tekhnologii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi: zb. nauk. prats - Lutsk: Lutskiy NTU, 2023. - Vyp. 19. - S. 92-100.
2. Tekhnichniy rehlament na proektuvannia ta vykorystanniaia hidroizolatsiinykh, remontno-vidnoliuvalnykh robot i antykorozshnoho zakhystu budivelnykh konstruksii z porystykh mineralnykh materialiv. Kyiv: NDIBP Minbudu Ukrainy, 2020.
3. DSTU B V.2.7-171:2008 Budivelni materialy. Dobavky dlia betoniv i budivelnykh rozchyniv. Zahalni tekhnichni umovy (EN 934-2:2008, NEQ) - Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2010.
4. DSTU-N B V.2.7-175:2008 Budivelni materialy. Nastanova shchodo zastosuvannia khimichnykh dobavok u betonakh i budivelnykh rozchynakh – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2010
5. DSTU B V.2.7-114-2002 Sumishi betonni. Metody vyprobuvan Kyiv:, 2002.

Література

1. Костюк Т.А., Кас'яненко К.В., Кислюк Я.Д. Дослідження впливу матеріалів проникної дії для відновлення і ремонту будівель і споруд ТМ NAVYCON // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: зб. наук. праць - Луцьк: Луцький НТУ, 2023. - Вип. 19. - С. 92-100.
2. Технічний регламент на проектування та використання гідроізоляційних, ремонтно-відновлювальних робіт і антикорозійного захисту будівельних конструкцій з пористих мінеральних матеріалів. Київ: НДІБП Мінбуду України, 2020.
3. ДСТУ Б В.2.7-171:2008 Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови (EN 934-2:2008, NEQ) - Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
4. ДСТУ-Н Б В.2.7-175:2008 Будівельні матеріали. Настанова щодо застосування хімічних добавок у бетонах і будівельних розчинах – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010
5. ДСТУ Б В.2.7-114-2002 Суміші бетонні. Методи випробувань Київ:, 2002