

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

24-april, 2025



engineer.tstu.uz

**MUHAMMADAMIN KABULOVICH TOHIROVNING TAVALLUDINING
80 YILLIGIGA BAG'ISHLANGAN
“SAMARALI QURILISH MATERIALLARI, KONSTRUKSIYALARI VA
TEXNOLOGIYALARI”
MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
ILMIY ISHLARI TO'PLAMI**

Toshkent davlat transport universiteti Rossiya Arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining akademigi, O'zbekiston Respublikasida xizmat ko'rsatgan yoshlar murabbiysi, texnika fanlari doktori, professor **Muhammadamin Kabulovich Tohirovning tavalludining 80 yilligiga bag'ishlangan “Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari”** mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya ilmiy ishlari to'plami chop etildi.

Muhammadamin Kabulovich kompozitsion qurilish materiallarining polistrukturaviy nazariyasini rivojlantirishga ulkan hissa qo'shgan olimdir. 1995-yilda Muhammadamin Kabulovich Rossiya Arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining (RAASN) xorijiy a'zosi etib saylangan, bu esa ularning qurilish materialshunosligi sohasiga qo'shgan ilmiy hissasining xalqaro miqyosdagi e'tirofi bo'ldi. Ular o'z ilmiy faoliyati davomida 6 ta monografiya, 200 dan ortiq ilmiy maqola va 25 ta ixtiroga mualliflik guvohnomasi yaratganlar.

Ushbu konferensiyaning asosiy maqsadi – qurilish materialshunosligi, bino va inshootlarni loyihalash hamda qurilish sohasidagi zamonaviy ilmiy tadqiqotlar natijalarini muhokama qilish, shuningdek, muhandislik ta'limini takomillashtirish yo'llarini aniqlashdir.

Konferensiyada O'zbekiston Respublikasi hamda xorijiy mamlakatlarning oliy o'quv yurtlari va ilmiy-tadqiqot institutlari olimlari, shuningdek, muhim ilmiy tadqiqot natijalariga ega bo'lgan ishlab chiqarish vakillari o'z ilmiy ishlari bilan ishtirok etdilar.

“Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyaning asosiy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

1. **Resurs va quvvatni tejaydigan qurilish materiallari va texnologiyalari** – zamonaviy ekologik va iqtisodiy talablarni qondirishga qaratilgan innovatsion yechimlar.
2. **Bino va inshootlarning qurilish konstruksiyalari, zamonaviy hisoblash va loyihalash usullari - muhandislik** va texnologik yechimlarni takomillashtirish yo'nalishlari.
3. **Arxitektura va shaharsozlik** – estetik va funksional jihatlarni uyg'unlashtirgan zamonaviy loyihalar yaratish.
4. **Zamonaviy muhandislik ta'limi tizimini takomillashtirish** – kelajak mutaxassislarini yuqori malakali darajada tayyorlash uchun ta'lim jarayonini modernizatsiya qilish.

Mazkur konferensiya ilmiy hamjamiyatning turli vakillarini bir joyga jamlab, qurilish materialshunosligi sohasidagi zamonaviy muammolar va istiqbollarni muhokama qilish uchun qulay platforma vazifasini bajardi.

The effect of a complex additive on the homogeneity of cast concrete

R.A. Narov¹^a, N.B. Rakhimova¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article discusses the effect of a complex additive based on ACF or SAFA plasticizers and SOAPSTON hardener made from oil and fat industry waste on strength, homogeneity, density and the propagation rate of ultrasound in cast concrete.

Keywords: complex additive, ACF, SAFA, SOAPSTON, plasticizer, homogeneity, strength, elastic, structure, cube, prism, density, velocity, ultrasound, propagation, property, workability, vibrations

Влияние добавок на физико технические свойства бетона

Наров Р.А.¹^a, Рахимова Н.Б.¹^b

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: В данной статье просматривается вопрос, определение влияния комплексной добавки на основе пластификаторов АЦФ или САФА и отвердителя СОАПСТОН на прочность, однородность, плотность и на скорость распространения ультразвука.

Ключевые слова: комплексная добавка, АЦФ, САФА, СОАПСТОН, пластификатор, однородность, прочность, упругий, структура, куб, призма, плотность, скорость, ультразвук, распространение, свойство, удобоукладываемость

1. Введение

Современное строительство предъявляет всё более высокие требования к строительным материалам, в частности к бетону — основному конструкционному материалу в гражданском, промышленном и транспортном строительстве. Устойчивость к воздействию внешней среды, высокая прочность, долговечность, трещиностойкость, морозостойкость и водонепроницаемость — ключевые характеристики, определяющие эксплуатационные свойства бетона. Однако традиционные бетонные смеси не всегда способны удовлетворить всем этим требованиям, особенно в условиях сложных климатических и эксплуатационных факторов.

В этой связи всё большую актуальность приобретает модифицирование бетонных смесей с помощью различных минеральных и химических добавок, которые позволяют значительно улучшить физико-технические свойства бетона. Применение добавок способствует оптимизации технологического процесса, улучшает характеристики на ранних стадиях твердения и в долговременной перспективе, а также позволяет решать задачи энергоэффективности и ресурсосбережения.

Настоящее исследование посвящено изучению влияния различных видов добавок на физико-технические свойства бетона, таких как прочность на сжатие, морозостойкость, водонепроницаемость и подвижность смеси. Целью работы является выявление наиболее эффективных добавок и обоснование целесообразности их применения в условиях местного производства и строительства.

Литературный анализ. Исследования влияния добавок на свойства бетона начали активно развиваться с середины XX века и по сей день остаются предметом пристального внимания учёных и инженеров. Существует множество классификаций добавок, однако наиболее распространённым подходом является деление на **минеральные** и **химические**.


Минеральные добавки

Минеральные добавки, такие как микрокремнезём, метакраин, зола-уноса, доменные и ферросплавные шлаки, представляют собой пуццолановые или инертные материалы, способные вступать в реакцию с гидроксидом кальция, образуя дополнительный гидросиликат кальция (CSH). Это способствует повышению плотности структуры цементного камня, снижению проницаемости и увеличению прочности. В исследованиях Зайцева Г. С. отмечается, что микрокремнезём способен повышать прочность бетона до 20–30% при снижении водоцементного отношения. Зола-уноса улучшает водонепроницаемость и морозостойкость, особенно при оптимальной дозировке 15–25% от массы цемента.

Химические добавки

К числу химических добавок относятся пластификаторы, суперпластификаторы, ускорители и замедлители твердения, воздухововлекающие агенты, ингибиторы коррозии, водоотталкивающие и гидрофобизирующие вещества. Особое внимание уделяется **суперпластификаторам на основе поликарбоксилатных эфиров**, которые позволяют достигать высокой подвижности смеси при низком водоцементном отношении. В исследованиях Левина Н. Ю. отмечается, что такие добавки позволяют изготавливать самоуплотняющийся бетон, обеспечивая однородность и отсутствие сегрегации компонентов.

^a <https://orcid.org/0000-0002-0675-8328>

^b <https://orcid.org/0000-0002-2477-4516>



Современные тенденции

Современные исследования (Li et al., 2018; Singh & Kumar, 2020) направлены на использование **наноразмерных добавок**, таких как нанодioxid кремния, наноглина, наномодифицированный графен, что позволяет значительно улучшать микроструктуру цементного камня и тем самым повышать его прочностные характеристики и стойкость к агрессивным средам.

Тем не менее, эффективность добавок зависит от множества факторов: состава цемента, качества заполнителей, режима твердения и климатических условий. Также большое значение имеет правильный подбор дозировки добавок, поскольку как недостаток, так и избыток может негативно сказаться на свойствах бетона. Исследования показывают, что комбинированное применение минеральных и химических добавок может обеспечить наилучший эффект в плане прочности, трещиностойкости и долговечности бетона.

2. Методология исследования

Из заранее определенных оптимальных составов бетонов класса В22,5; В30 и В40 были заформованы образцы кубы размером 10х10х10 см и призмы размером 10х10х40 см. При приготовлении бетонной смеси в ее состав с водой затворение вводили АЦФ- 0,1% или САФА- 0,15% и отвердитель СОАПСТОН-1,5% от веса цемента [6].

Образцы до испытания твердели в течении 28 суток в нормальных условиях. Проведенными исследованиями установлено, что введением в состав бетонной смеси комплексную добавку на основе пластификаторов АЦФ или САФА можно сократить расход цемента на 17 - 21% при одновременном обеспечении заданной прочности, либо повысит прочность на 20 - 22% по сравнению с контрольными образцами.

Бетон с комплексными добавками по однородности свойств и структуре не уступает без добавочных бетонам тех же классов.

Также установлено, что бетон с комплексными добавками характеризуется однородными свойствами по высоте, она также подтверждается данными по распространению ультразвуковых колебаний литых бетонов. Увеличение однородности в литой бетоне по высоте с добавками объясняется его лучшей удобоукладываемостью по сравнению с без добавочным бетоном.

Однородность структуры бетона является одним из важнейших показателей его качества, предопределяющая однородность прочностных, упругих и других физико-механических свойств литого бетона и существенно влияет на долговечность конструкции.

В качестве пластификаторов в исследованиях использовали В - кетоспиртовых ПАВ метинолацетона (ацетоноформальдегидаминовый олимер) - АЦФ и с фуrolам (ацетоноформальдегидаминовыш олимер) - САФА и отвердитель СОАПСТОН - отход масложировой промышленности, получаемой при рафинации жиров и масел. Экспериментами заранее были определены оптимальные количества добавок, и они были равны - АЦФ - 0,1%, САФА - 0,15% и отвердитель СОАПСТОН - 1,5% от веса цемента и вводился в с водой затвердения при приготовления бетонной смеси [3].

Были проведены исследование по определению влияние комплексной добавки на основе пластификаторов АЦФ и САФА и отвердителя СОАПСТОН на прочность, плотность и на однородность оптимальных составов бетона класса В22,5; В30 и В40. Оптимальные составы бетона были подобраны с помощью расчёта экспериментального метода [1].

Для определения прочности и однородности литого бетона из оптимальных состав бетона были заформованы кубы размером 10х10х40 см, до проведения испытаний образцы хранили в течение 28 суток в нормальных условиях.

В таблице 1 приведены оптимальные составы литого бетона. В период приготовления бетонной смеси в её состав вводили пластификаторы АЦФ - 0,1% или САФА - 0,15% и отвердитель СОАПСТОН - 1,5% от веса цемента [5].

Таблица 1

Оптимальные составы литого бетона

Класс бетона	Серия образцов	Расход материалов в кг на 1 м³				В Ц	Количество добавок % от веса цемента	
		П	П	Щ	В		САФА	СОАПСТОН
							АФЦ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
В-22,5	В-2	420	640	975	252	0,60	0,15	-
	В-3	350	720	1100	192,5	0,55	-	1,5
	В-4	350	720	1100	192,5	0,55	0,1	1,5
В-30	Г-2	480	605	925	264	0,55	-	-
	Г - 3	375	720	1100	187,5	0,50	0,15	1,5
	Г- 4	375	720	1100	187,5	0,50	0,1	1,5
В-40	Д-2	520	595	910	260	0,50	-	-
	Д - 3	420	700	1074	189	0,45	0,15	1,5
	Д - 4	420	700	1074	189	0,45	0,1	1,5

В таблице 2 приведены результаты испытаний образцов по определению прочности плотности и однородности (скорость распространения ультразвука) как кубовых, так и призмных образцов.



Таблица 2

Однородность свойств литого бетона на высоте							
Серия образца	Исследуемая часть призмы	Кубы			Призмы		
		Плотность бетона ρ_0 г/см ³	Прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа	Скорость распространения у/з, V_y м/сек	Плотность бетона ρ_0 г/см ³	Прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа	Скорость распространения у/з, V_y м/сек
1	2	3	4	5	6	7	8
В - 2	1 - верх	2,28	31,2	3200	2,27	28,5	3100
	2 - середина				2,28	31,5	3200
	3 - низ				2,30	33,6	3300
В-3	1 - верх	2,30	38,0	3300	2,28	35,8	3290
	2 - середина				2,30	36,0	3400
	3 - низ				2,31	38,2	3480
В - 4	1 - верх	2,29	39,0	3300	2,30	36,0	3400
	2 - середина				2,305	38,0	3480
	3 - низ				2,32	40,0	3570
Г-2	1 - верх	2,30	34,8	3570	2,30	30,5	3480
	2 - середина				2,31	34,0	3700
	3 - низ				2,32	36,0	3780
Г-3	1 - верх	2,33	52,7	3650	2,30	49,0	3650
	2 - середина				2,30	50,3	3710
	3 - низ				2,345	52,3	3800
Г-4	1 - верх	2,32	51,2	3600	2,30	48,5	3750
	2 - середина				2,30	50,1	3790
	3 - низ				2,35	53,1	3900
Д-2	1 - верх	2,33	39,6	3740	2,31	34,0	3300
	2 - середина				2,34	36,0	3400
	3 - низ				2,36	39,9	3570
Д-3	1 - верх	2,35	57,6	3880	2,32	56,0	3890
	2 - середина				2,35	57,8	3990
	3 - низ				2,37	58,5	4000
Д-4	1 - верх	2,34	57,0	3850	2,32	55,9	3890
	2 - середина				2,34	57,5	3980
	3 - низ				2,36	58,0	4000

Прозвучивание образцов осуществляли по стандартной методике с помощью прибора УКБ - 1М как вдоль, так и поперек направления укладки бетонной смеси.

Оценку однородности свойств и структуры бетона проводили по результатам испытаний шести образцов - кубов с ребром 10 см исследуемых составов, твердевших 28 суток в нормальных условиях.

В качестве количественной характеристики однородности использовали коэффициенты вариации по прочности (V_r) и скорости распространения ультразвуковых колебаний вдоль и поперек направления укладки (V_y), определяли по формуле:

$$V = S/Y \cdot 100\% \quad (1)$$

где: S - среднее ее квадратичное отклонение исследуемой характеристики, вычисляемое по формуле:

$$= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (2)$$

\bar{y} - среднее арифметическое значение изучаемой характеристики;

y_i - частное значение характеристики, полученное при проведении единичного эксперимента ($i = 1, 2, 3$ п).

Результаты испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3

Однородность свойств бетона с комплексными добавками													
Маркировка составов		В-1	В-2	В-3	В-4	Г-1	Г-2	Г-3	Г-4	Д-1	Д-2	Д-3	Д-4
Коэффициенты	V _р	6	8	4	7	6	7	5	6	5	7	6	5
Вариации	V _у	5	6	5	4	5	7	2	7	5	8	6	3



Среднее значение коэффициента вариации по прочности V_r для всех исследуемых образцов с комплексными добавками составило 5,3%, по скорости распространения ультразвуковых колебаний - 4,5%, что не превышает средних значений коэффициентов вариации тех же характеристик для образцов бетона тех же марок без добавки.

В предположении нормального закона распределения прочности было определено необходимое количество образцов (n) бетона с комплексными добавками на основе пластификаторов и отвердителя для получения достоверных данных по прочности:

$$n = \frac{t^2 \cdot v^2}{\beta^2} \quad (3)$$

где: t - число, соответствующее принятому уровню достоверности при числе степеней свободы $f = 3$ (берётся по таблицам статистического распределения);

β - погрешность испытания (при исследовании влияния тех или иных параметров на прочность принимаются равной 5 - 7%);

v - фактически полученный после проведения испытаний коэффициент вариации.

Подсчитанное по формуле (3) необходимое количество образцов бетона, как без добавки, так и с добавкой принятых дозировках для получения достоверных данных по прочности (исходя из фактического среднего коэффициента вариации) составляет не менее трех образцов.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что бетоны с комплексными добавками на основе пластификаторов и отвердителя по однородности свойств и структуры не уступают бездобавочным бетонам тех же классов литых бетонов.

Влияние комплексных добавок на основе пластификаторов на неравномерность свойств бетона на высоте, возникающую вследствие явления расслаиваемой бетонной смеси изучали на призмах размером 10x10x40 см, которые формовали в вертикальном положении, уплотнение бетонной смеси осуществляли штыкованием. Из каждого состава бетона формовали по три призмы.

Образцы до испытания твердели 28 суток в нормальных условиях одновременно формовали образцы - кубы с размером ребра 10 см для определения прочности. Призмы раскалывали на три равные части по высоте, которые использовали для определения плотности бетона (ρ_0), предела прочности при сжатии ($R_{сж}$), скорости распространения ультразвуковых колебаний (V_y) результаты испытаний представлены в таблице 2.

Установлено, что для бетона без добавок различие прочности между верхней и нижней частью призм (по отношению к среднему значению) в среднем для составов В - 2 - 17,5%, Г - 2 - 18%, Д - 2 - 17,3%, а для бетона с комплексными добавками на основе пластификаторов эти значения составили: В - 3 - 7% и В - 4 - 10%, Г - 3 - 6,7%, и Г - 4 - 9,5%, Д - 3 - 4,5% и Д - 4 - 4,0%, то есть бетоны с оптимальным количеством комплексных добавок характеризуются более однородными показателями свойств по высоте, что подтверждается также данными по скорости распространения ультразвуковых колебаний в бетонах.

Повышение однородности свойств по высоте для бетона с комплексными добавками на основе пластификаторов и отвердителя объясняется его лучшей

удобоукладываемостью по сравнению с без добавочным бетоном и увеличением долей песка в смеси с целью предотвращения расслоения бетонной смеси, и как следствие, получение более плотной структуры, что способствует меньшему разбросу прочности.

Проведенные исследования показали, что комплексные добавки на основе пластификаторов и отвердителя могут быть использованы эффективно в технологии изготовления конструкции имеющих значительную высоту.

3. Заключение

Проведенными исследованиями установлено, что введение в состав бетонной смеси комплексной добавки на основе пластификаторов АЦФ или САФА и отвердителя СОАПСТОН можно сократить расход цемента на 17 - 21%, при одновременном обеспечении заданной прочности либо повысить ее прочность на 20 - 22% по сравнению с контрольными образцами. Бетоны с комплексными добавками на основе пластификаторов и отвердителя по однородности свойств и структуре не уступают без добавочным бетона, тех же классов. Также установлено, что бетоны с комплексными добавками характеризуются более однородными показателями свойств по высоте, она также подтверждается данными по распространению ультразвуковых колебаний в литых бетонах. Увеличение однородности в литой бетоне с добавками объясняется его лучшей удобоукладываемостью по сравнению с без добавочным бетоном.

Использованная литература / References

- [1] Тахиров М.К., Саломатов В.И. Рекомендации по применению ацетоноформалдегидных смол в качестве добавок. Ташкент 1993.
- [2] Тахиров М.К., Наров Р.А. «О свойствах бетонной смеси добавками новых ПАВ в условиях сухого жаркого климата», Архитектура и строительство.
- [3] Наров Р.А. «Исследование по применению добавки САФА в качестве интенсификатора помала» Материалы Республиканской научно-технической конференции. Ташкент 2017.
- [4] Усов Б.А. Методы подбора составов модифицированных бетонов. Учебное пособие. Москва-2018г.
- [5] Реологические свойства бетонной смеси с добавкой САФА. Республиканская Научно-техническая конференция с участием зарубежных ученых. Ташкент 2018г.
- [6] Наров Р.А. Рациональные смеси заполнителей для бетона. Журнал «Архитектурно Строительство, Дизайн.» ТАСИ 2017.
- [7] М.К.Тахиров, В.И.Соломатов Рекомендации по применению ацетоноформальдегидных смол в качестве добавок. Ташкент 1993.
- [8] Дворкин Л.И. Испытание бетонов и растворов. Москва 2014.
- [9] Рекомендации по применению химических добавок в бетон М.: Стройиздат 1999.



[10] Батраков «Модифицированные бетонны» М.: Стройиздат 2000.

[11] Наров Р.А. Влияние наполнителей на усадочную деформацию бетона. Республиканская научно техническая конференция с участием зарубежных ученых. Ташкент 2017.

[12] Наров Р.А. Исследование бетона с добавками модифицированных продуктов метилолацетона. Монография. Ташкент 2019г.

[13] Баженов Ю.М. Технология бетона. Издательство Ассоциации Высших учебных заведений. М.: 2002г.

[14] Совалов И.Г. Методы активации цементов и влияние активации на свойства бетона. М.: Госстройиздат. 2003г.

[15] Адылходжаев А.И., Соломатов В.И. Основы интенсивной раздельной технологии бетона. Ташкент: изд-во ФАН, АН.РУз.1993.

[16] Соломатов В.И., Адылходжаев А.И., Солихов Б.Г.. Цементные бетоны с наполнителями из отходов

производства строительных материалов и изделий. Пенза. 1999г.

Информация об авторах/ Information about the authors

**Наров
Рустам
Алиханович** Ташкентский государственный
транспортный университет кндидат
технических наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0002-0675-8328>

**Рахимова
Назима
Бахтиеровна** Ташкентский государственный
транспортный университет доктор
философии (PhD) по техническим
наукам, доцент, ,
E-mail: nozima.rakhimova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2477-4516>



V. Soy, N. Mukhammadiev, G. Malikov, G. Tianyu <i>Development of a fine-grained basalt fiber concrete composition for the carriageway structures of reinforced concrete highway bridges.</i>	56
Z. Kakharov, R. Ashimov <i>Energy analysis of concrete setting process.</i>	59
A. Nazibekov <i>Application of geopolymer concrete.</i>	62
Z. Sattorov, N. Madraimov <i>Experimental test methods for the properties of building materials based on class "f" and "c" ash from a thermal power plant</i>	65
I. Makhamataliev, A. Karabaev, S. Avabde <i>On the new classification of mineral fillers used in asphalt concrete technology.</i>	69
U. Turgunbaev, N. Sunnatillaeva <i>Preparation of polymer cement adhesive (PCA) by dry construction mixtures technology (DCT).</i>	76
S. Abdieva, U. Abdullaev <i>High quality composite concrete binders with improved performance.</i>	81
D. Abdullayeva, Sh. Sabirova <i>Study of the influence of the specific surface of river aggregate on the structure formation of non-autoclaved aerated concrete.</i>	85
V. Soy, D. Abdullayeva, G. Nuriddinova <i>Methodological basis for the use of additives for the production of complex modified cement binders.</i>	89
U. Abdullayev <i>Mechanical activation of limestone and study of its granulometric composition.</i>	94
J. Turgunbaeva, I. Makhamataliyev, I. Kuznetsova <i>Prospects for the use of artificial intelligence capabilities in the production of gypsum-concrete tongue-and-groove boards.</i>	99
A. Alinazarov, A. Tukhtabaev, S. Adasheva <i>Thermophysical properties of multicomponent building materials during heat and moisture treatment using solar energy.</i>	104
R. Narov, N. Rakhimova <i>The effect of a complex additive on the homogeneity of cast concrete.</i>	107