

## ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДОРОЖНОГО ЦЕМЕНТА

А.С. Рахматзода

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье приведен анализ результатов ранее выполненных исследований по влиянию химических добавок на свойства цемента, а также приведены имеющиеся в них противоречия. Приводились экспериментальные исследования по влиянию химических добавок из растительного сырья на свойства цемента. Полученные экспериментальные результаты показывают, что существуют интервалы изменения свойства и реологии дорожного цемента от количества содержания добавки в нем. Подтверждено, что добавки, производимые на основе растительного сырья, положительно влияют на сроки схватывания цементного теста и, кроме того, повышают прочность цементного раствора и уменьшают водопотребность цемента. Показано, что такие цементы, характерные к дорожным бетонам и на этой основе, теоретически обоснованы как регулирующий состав бетонных смесей при производстве бетона и бетона при эксплуатации в цементобетонных покрытиях.

**Ключевые слова:** *дорожный цемент, цементное тесто, нормальная плотность, сроки схватывания, прочность, активность.*

## ТАЪСИРИ ИЛОВАГИИ ХИМИЯВӢ АЗ АШӢИ ХОМИ РАСТАНӢ БА ХОСИЯТӢОИ РЕОЛОГИИ СЕМЕНТИ ДАР РОӢ ИСТИФОДАШВАНДА

А.С. Рахматзода

Дар мақола таҳқиқоти муаллифон оиди таъсири иловагиҳои химиявӣ ба хосиятҳои сементи оварда шудааст. Натиҷаи таҳқиқотҳои гузаронидашуда, инчунин ҳудуди тағйирёбии хосиятҳои сементи роҳ аз таъсири иловагиҳо бо рентгенограммаҳо нишон дода шудааст. Инчунин исбот карда шудааст, ки иловагиҳо вобаста аз табиаташон ба хосиятҳои сементи роҳ гуногун таъсир мекунад. Бо тарзи назариявӣ рӯйпушҳои сементобетонии роҳ асоснок карда шудааст ва нақши сементи роҳ дар таркиби сементобетон оварда шудааст.

**Калидвожаҳо:** *сементи роҳ, хамираи сементӣ, гализии муътадил, муҳлати сахтшавӣ, мустаҳкамӣ, фаъолиӣ.*

## INFLUENCE OF CHEMICAL ADDITIVES OF PLANT RAW MATERIALS ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF ROAD CEMENT

A.S. Rahmatzoda

The article provides an analysis of the results of previous studies on the effect of chemical additives on the properties of cement, as well as the contradictions they present. Experimental studies have been conducted on the effect of chemical additives from vegetable raw materials on the properties of cement. The experimental results obtained show that there are intervals of changes in the properties and rheology of road cement depending on the amount of the additive in it. It has been confirmed that additives produced on the basis of vegetable raw materials have a positive effect on the setting time of the cement dough and, in addition, increase the strength of the cement mortar and reduce the water consumption of cement. It is shown that such cements, which are characteristic of road concretes and based on this, are theoretically justified as the regulating composition of concrete mixtures in the production of concrete and concrete during operation in cement-concrete coatings.

**Keywords:** *road cement, cement paste, normal density, setting time, strength, activity.*

### Введение

В производственных условиях при строительстве автомобильных дорог в большинстве странах мира при устройстве дорожных покрытий широко применяют цементный бетон. Как известно, такие бетоны служат в сложных условиях, подвергаются попеременно действующим нагрузкам и климатическим условиям эксплуатации. Следует отметить, что для этого дорожные бетоны по сравнению с обычными бетонами должны обладать морозостойкостью, стойкостью против коррозии и истирающих и ударных воздействий, и кроме того, они должны обладать повышенной прочностью на растяжение и изгиб. Известно, что в состав дорожных бетонов применяют каменные материалы с высокими показателями. Кроме того, в процессе эксплуатации в дорожных покрытиях минеральные компоненты состава бетона, имеются в виду щебень и песок, устойчивые действия агрессивных сред, в бетоне наиболее уязвимой составляющей является цементный камень. Для этого в производственных условиях при производстве дорожных бетонов все мероприятия в основном производятся с целью повышения стойкости и устойчивости вяжущего - цемента. Для этого, чтобы придать цементу устойчивость против агрессивных сред и

преимущество его сцепления с каменными материалами, применяются добавки модификаторов химического и минерального происхождения в составе цемента.

### Теоретическая часть

Исследованиями авторов [1-3] установлено, что в практике при производстве бетона для устройства дорожных покрытий, чтобы достичь выносливость цементных бетонов при эксплуатации, производят различные мероприятия: - улучшают реологию цементного теста и повышают его физико-механические свойства; - применяют цементы с повышенным содержанием алюмоферитов; -используют добавки разного по природе характера действия: - увеличивают расход цемента. Научные опыты и практика применения бетона в дорожных покрытиях показывают, что в производственных условиях не все эти вышеупомянутые мероприятия дадут бетону всестороннюю выносливость. Можно отметить, что повышенное содержание  $C_3A$  в клинкере цемента или в самом цементе уменьшает устойчивость бетона против действия агрессивных сред. Известно, что цемент для дорожных бетонов содержит меньше 8% количества в нем, не разрешается вводить инертные активные минеральные добавки более 15%, разрешается добавление доменного гранулированного шлака до 15% [3]. По свойствам и реологии цементы для дорожных бетонов должны иметь чуть медленнее скорость схватывания и в ранних сроках набор прочности. Кроме того, бетон для дорожных покрытий должен иметь высокую устойчивость против износа и мороза [1-3].

Дорожный цемент характеризуется более длительным периодом схватывания и застывания [3], где основные физико-технические свойства дорожного цемента зависит от его состава, и они сформированы примесями. Поэтому в производственных целях при производстве дорожного бетона состав дорожного цемента и растворов строго контролируется ГОСТом 8424-57 и ГОСТом 10178-62. Кроме того, по производственной необходимости в зависимости от технологии производства и дальности объекта строительства не рекомендуется использование быстротвердеющих марок в силу высокого показателя усадки данных материалов [3]. Для этих целей в практике для придания дорожному бетону необходимых свойств в цементе или в составе бетона применяют добавки разного характера действия [4-6]. Кроме того, по мнению автора [7], добавки в цементе обеспечивают его более плотную упаковку, кроме того, повышают связанность теста на их основе и стойкость смесей, и повышают прочность цементного камня и материалов на его основе. Отечественными исследователями на основе местных сырьевых ресурсов разработаны добавки (МЛСТ, декстрин, мелкодисперсные частицы из отходов промышленного производства, зола угля, порошок природного минерала волластонита), которые имеют характер поверхностного активного и структурирующего действия цемента [10-11]. Однако такие исследования были проведены с целью применения химических добавок в состав традиционных или гидротехнических бетонов.

Из вышеизложенного теоретического анализа следует, что цемент является основным компонентом и связующим материалом в бетоне. От его свойства и характера зависят и свойства, и строительно-технические характеристики бетона. На этой основе можно отметить, что в производственных условиях при эксплуатации в дорожных покрытиях цемент как вяжущий регулирует поведение бетона. В данной работе мы пытались исследовать влияние химических добавок, производимых на основе отечественных запасов растительных сырья, на свойства дорожного цемента.

**Целью данного исследования** является изучение влияния добавок различного характера действия на основе растительного сырья на свойства дорожного цемента.

### Материалы для исследования

В работе использовались следующие материалы:

- портландцемент М400 ДО.
- добавки растительного происхождения;
- водная вытяжка при варке листьев хлопковых растений (ВЭХ);
- водный экстракт плодов деревьев гледичия (ВЭПГ);
- модифицированный лигносульфонат технический (МЛСТ).

Эти добавки имеют ресурсные базы производства в Республике Таджикистан, характеристика и способы их получения приведены в ряде работ отечественных авторов [10-13].

### Результаты и их обсуждения

Нормальную густоту дорожного цемента с химическими добавками растительного происхождения определили по методике ГОСТ 31.3-88 с помощью прибора Вика. На рис. 1 приведены результаты экспериментального исследования по определению нормальной густоты теста дорожного цемента.

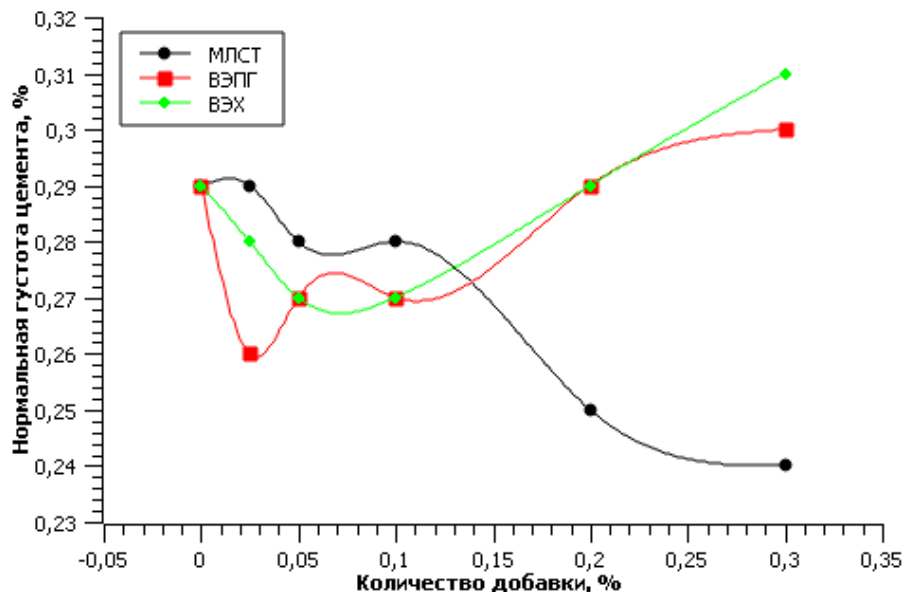


Рисунок 1 - Влияние добавки на водопотребность дорожного цемента

Из рис. 1 следует, что добавки из различных веществ в зависимости от их количества и от веса цемента по-разному изменяют водоцементное отношение по сравнению с тестом без добавок. Добавка ВЭХ в малом количестве от веса цемента уменьшает его водопотребность, однако при увеличении количества добавок из ВЭХ до 0,3% от веса цемента повышает водопотребность цемента. С введением добавок из ВЭПГ в количестве 0,01 до 0,1 % от веса цемента водопотребность цемента понижается, при увеличении количества добавок ВЭПГ от 0,1 до 0,3 повышаются водоцементные отношения. Добавка из МЛСТ в количестве до 0,3% в цементе резко уменьшает водопотребность цементного теста. МЛСТ - это производный СДБ, при модификации СДБ в составе МЛСТ увеличивается доля электролита, что способствует приобретению добавкой более сильной пластификации, однако МЛСТ не замедляет процесс гидратации цемента и твердения цементного камня в раннем возрасте (см. рис.1).

Сроков схватывания цемента определяли по стандартной методике ГОСТ 310.3-88 с помощью прибора Вика.

Таблица 1 - Влияние добавки растительного сырья на сроки схватывания дорожного цемента

Добавка, %	Срок схватывания, минут					
	ВЭХ		ВЭПГ		МЛСТ	
	Начало	Конец	Начало	Конец	Начало	Конец
0	138	278	138	278	138	278
0,01	147	314	158	324	136	276
0,025	154	338	168	346	140	280
0,05	157	340	172	356	145	283
0,1	146	335	170	364	152	289
0,25	156	344	173	366	153	293
0,3	158	366	184	370	169	298

Введение добавок из ВЭХ до 0,1% в цемент повышает начало схватывания от 138 до 156 минут и конец схватывания от 278 до 366 минут. Добавка ВЭПГ в количестве 0,01 до 0,1% от массы

цемента увеличивает начало схватывания от 138 до 184 и конец схватывания от 278 до 370 минут. Особенно можно отметить, что повышение количества добавки в цементе более 0,1% влияет на срок схватывания цементного теста нестабильно. МЛСТ в количестве до 0,3% равномерно действует на реологию цемента, где при таком количестве, имея в виду 0,3%, начало схватывания увеличивается на 16 минут и конец схватывания увеличивается на 20 минут.

Следует, что исследуемые добавки в зависимости от количества и состава разнообразно влияют на реологические свойства цементного теста, где оптимальным для ВЭХ и ВЭПГ в количестве до 0,1%, для МЛСТ оптимальным является 0,3% в этом количестве слабее действуют на свойства цементного теста.

Результаты влияния добавок растительного происхождения на прочность цементного камня приведены на рис. 2 и 3.

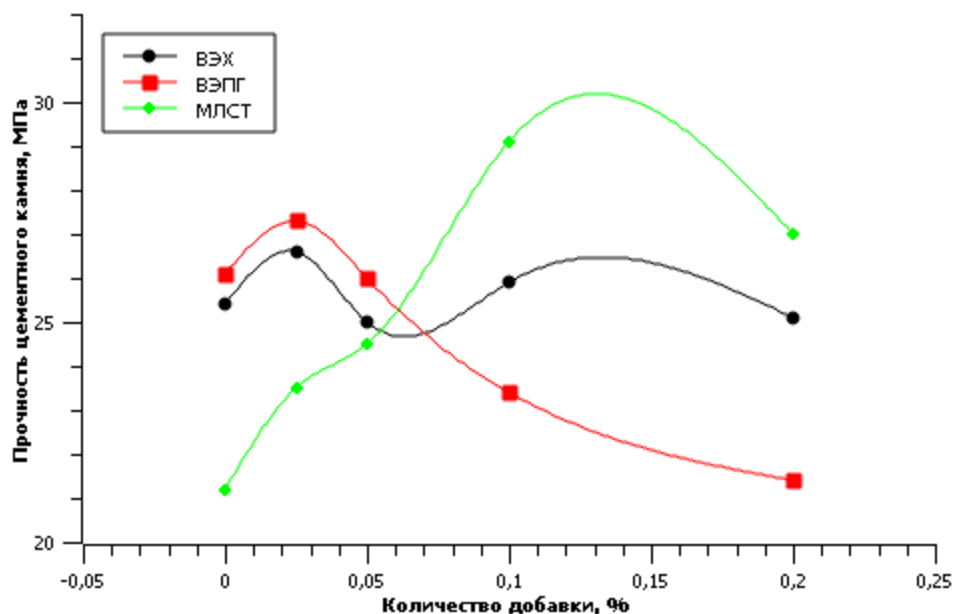


Рисунок 2 - Влияние химических добавок на прочность цементного камня

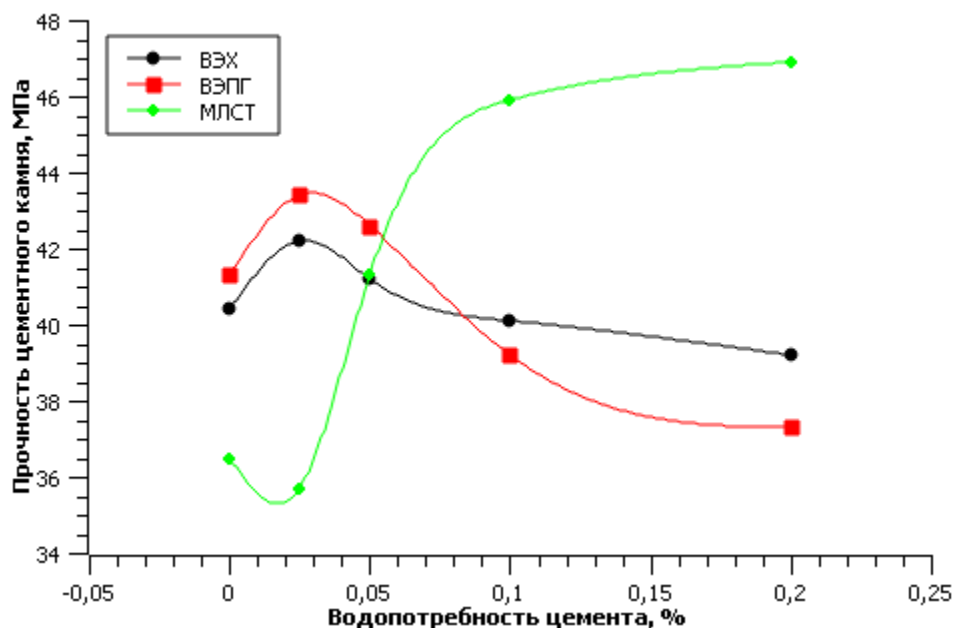


Рисунок 3 - Влияние химических добавок на прочность цементного камня

Из данных рис. 3 следует, что добавки в количестве 0,01 до 0,1% от массы цемента намного повышают физико-механические характеристики цементного камня, процесс отмечается в течение всего исследуемого периода до 28 сут. твердения. Кроме того, из приведенных данных табл. 1 следует, что с увеличением количества добавки ВЭХ и ВЭПГ 0,1 до 0,3% от массы цемента эффект сохраняется только в первые сутки твердения, а затем прочность образцов снижается. Добавка МЛСТ, как видно из табл. 1, закономерно влияет на прочность цементного камня. При добавлении в цемент в количестве 0,1 до 0,3% МЛСТ прочность цементного камня постепенно увеличивается до максимума.

Для определения влияния добавки растительного происхождения на свойства цементного раствора проводили ряд исследований, где изготовили образцы-балочки (160x40x40мм) и сохранили в водных условиях твердения. Результаты лабораторных исследований.

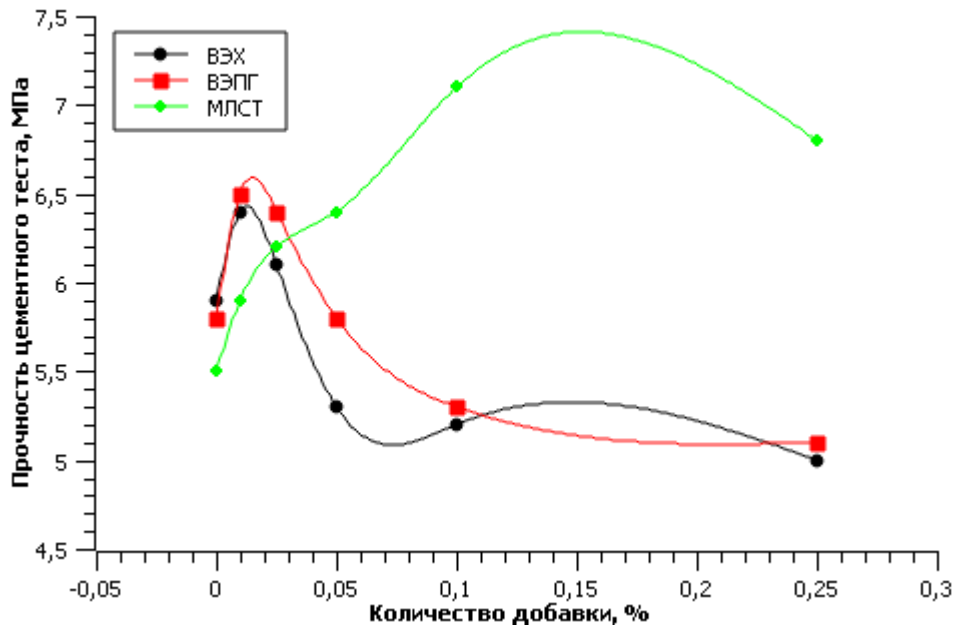


Рисунок 4 - Влияние химических добавок на прочность цементно-песчаного раствора на растяжение при изгибе

Анализ данных рис. 4 показывает, что химические добавки из растительного сырья в зависимости от природы и их состава разнообразно влияют на прочность раствора. Можно отметить, что существенные результаты роста прочности достигаются при дозировке добавки ВЭХ и ВЭПГ при 0,025% от массы цемента. Можно отметить, что добавка МЛСТ в дозировках от 0,1 до 0,3% эффективно влияет на прочность цементно-песчаного раствора. Из полученных результатов следует, что для образцов с добавкой ВЭХ и ВЭПГ в количествах 0,01...0,1 % в возрасте 28 сут. показатели прочности изменяются в пределах от 40 до 58 Мпа. Результаты наших экспериментов, свидетельствующие о росте прочности цементного камня и цементного раствора с добавками растительного происхождения в дозировке от 0,025 до 0,3% от веса цемента, связаны с повышением дисперсности системы цемент-вода и способствуют образованию мелкокристаллической структуры цементного камня. В нашем случае с целью подтверждения этой гипотезы был выполнен ряд исследований с помощью рентгенофазового анализа. Исследования были выполнены в сравнительном варианте, испытывая пробы порошка цементного камня и камня с добавками. На рис. 5. соответственно выборочно приведена рентгенограмма фазового структурного анализа проб цементного камня и камня с добавками в возрасте 28 сут.

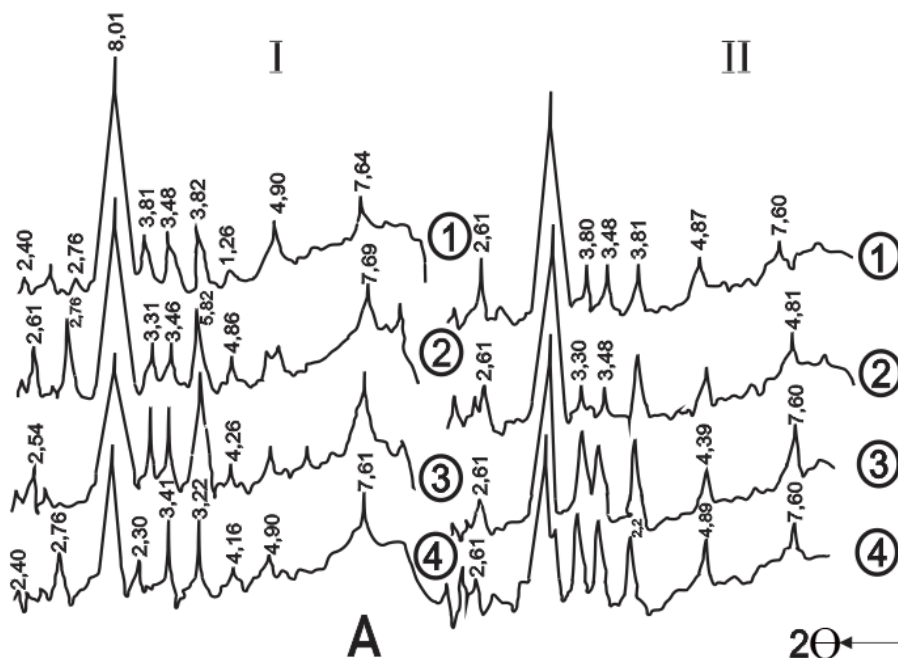


Рисунок 5 – Рентгенограмма наружных (I) и внутренних (II) слоев образцов цементного камня  
1) цемент без добавок; 2) цемент + 0,05% ВЭХ; 3) цемент + 0,05% ВЭПГ; 4) цемент + 0,3% МЛСТ

Оценка состояния пиков рентгеновского сектора проведенных и всех исследованных образцов показывает, что добавки ВЭХ и ВЭПГ способствуют ускорению структурообразования цементных минералов типа тоберморита и т.п., обеспечивающих высокую прочность цементного камня. Добавка МЛСТ, не изменяя морфологии состава цементного камня, способствует разложению разнообразных продуктов гидратации цемента и способствует образованию новых кристаллогидратов в составе цементного камня.

### Заключение

Химические добавки из растительного сырья, содержащие ценные элементы в виде галактотрипозидов, природные полисахариды, имеют уникальные реологические свойства, в которых их перспективные добавки делают в цементных композициях. При добавлении их в цемент в количестве от 0,025 до 0,3% улучшают подвижность цементного теста на 30–60%, прочность на 10–14%, снижают водопотребление на 10–16%, повышают морозостойкость. Добавки из растительного сырья для цементных композиций являются экологически чище в сравнении с синтетическими добавками, перспективны для Таджикистана.

Выбор химической добавки растительного происхождения для дорожного цемента определялся эффектом улучшения реологии и его прочности. Кроме того, можно отметить, что немаловажным является также доступность добавки или их соизмеримость с экономическим или иным эффектом, полученным от её введения, а также побочные действия добавки на некоторые свойства дорожного цемента. В данной статье ВЭХ ВЭПГ и МЛСТ были использованы по новому функциональному назначению для улучшения реологии и прочности дорожного цемента.

*Рецензент: Акрамов А.А. — к.т.н., доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ЛПУ имени академика М.С. Осими*

### Литература

1. Носов, В. П. Причины образования уступов на цементобетонных покрытиях автомобильных дорог / В. П. Носов, А. А. Фотиади // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2008. – № 3. – С. 20–22.
2. Некоторые вопросы качества бетонных смесей и бетонов в транспортном строительстве / П. А. Зайцев [и др.] // Прогрессивные конструктивно-технологические решения для тоннеле- и метростроения в России: сб. науч. тр. – М.: ОАО ЦНИИС, 2004. – Вып. 221. – С. 213.

3. Феднер, Л. А. Требования к цементам для бетонов различного назначения / Л. А. Феднер, С. Н. Ефимов, П. А. Зайцев // Цемент и его применение. – 2005. – № 3. – С. 7–8.
4. Шарифов, А. Прочность и деформативность бетонов с добавкой щелочного экстракта стеблей хлопчатника / А. Шарифов, А. А. Акрамов, Я. Г. Назиров, А. К. Муминов // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2013. – № 4 (153). – С. 106–112.
5. Шарифов, А. Повышение прочности и коррозионностойкости цементосодержащих композиций с экстрагируемыми веществами состава стеблей хлопчатника / А. Шарифов, А. А. Акрамов, Я. Г. Назиров, А. К. Муминов // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2016. – № 5-6. – С. 248–252.
6. Зайцев, П. А. Бетонные смеси и бетоны с химическими добавками на основе модифицированных лигносульфонатов / П. А. Зайцев [и др.] // Цемент и его применение. – 2004. – № 1. – С. 70–72.
7. Зайцев, П. А. О регулировании свойств бетонных смесей и бетонов химическими добавками на основе лигносульфонатов / П. А. Зайцев [и др.] // Строительные конструкции зданий и сооружений дорожного сервиса: сб. науч. тр. – М.: МАДИ (ГТУ), 2004. – С. 68–77.
8. Тараканов, О. В. Химические добавки в растворы и бетоны / О. В. Тараканов. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 156 с.
9. Шитиков, Е. С. Особенности применения комплексов химических добавок для производства бетонных смесей различного назначения / Е. С. Шитиков, Л. И. Алебастрова, Е. В. Гордеева // Строительные материалы. – 2005. – № 6. – С. 38–40.
10. Сайрахмонов, Р. Х. Цементно-воластонитовые вяжущие с химическими добавками и материалы на их основе / Р. Х. Сайрахмонов. – Душанбе: ТТУ, 2020. – 148 с.
11. Шарифов, А. Опыт применения модифицированного лессом СДБ в бетоне / А. Шарифов, Т. Дусмурадов, М. Н. Голубев [и др.] // Бетон и железобетон. – 1988. – № 3. – С. 15–16.
12. Каримов, Э. Х. Влияние водного экстракта гетерокомпонентов растительного сырья на физико-химические процессы в тампонажных и пластовых дисперсных системах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.17.01 / Каримов Эхсон Хакимович. – Душанбе, 2019. – 24 с.
13. Улучшение физико-механических свойств асфальтовых бетонов путем пластификации и дисперсного армирования / Н. С. Арабзода, Р. Х. Сайрахмонов, У. М. Азизов, Ф. А. Шарифов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 3(55). – С. 94-97. – EDN YSQR YB.

**МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ- СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ- INFORMATION ABOUT AUTHOR**

TJ	RU	EN
Рахматзода Алишер Сунат	Рахматзода Алишер Сунат	Rahmatzoda Alisher Sunat
Унвончуи кафедраи сохтмони роҳҳо, иншоот ва коммуникатсияҳои нақлиётӣ	Соискатель кафедры “Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций”	Department of Construction of Roads, Structures, and Transport Communications
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:Alisherrahmatzoda265@gmail.com">Alisherrahmatzoda265@gmail.com</a>		