Государственная акционерная железнодорожная компания
«Узбекистон темир йуллари»

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Кафедра «Строительство зданий и промышленных сооружений»

РЕФЕРАТ

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПРИМЕНЕНИЯ БАРХАННОГО ПЕСКА В БЕТОНЕ И СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО КАЧЕСТВА И ЭКОНОМИИ ЦЕМЕНТА

Выполнил: студент магистратуры

Научный руководитель: д.т.н., проф. Тахиров М.

Ташкент 2007

ПРИМЕНЕНИЕ БАРХАННОГО ПЕСКА В БЕТОНЕ

Производство бетона отличается значительной материалоемкостью и обеспечение возрастающих его объемов цементом и заполнителями ставит новые научно-технические проблемы. Среди них особое место занимает проблема применения барханных и мелкозернистых песков.

В СНГ выполнены многочисленные исследования по обоснованию и разработке эффективных методов использования барханных и мелкозернистых песков в качестве заполнителя бетона. К ним относятся исследования известных советских ученых Ахвердова И.А., Баженовая Ю.М., Скрамтаева Б. Г., Попова Л.А., Гордоа С.С., Сорокера В.И., Минаса А.И., Михайлова Н.В., Ступакова Г.И., Соломатова В.И. и др.

Отличительной особенностью барханных и мелкозернистых песков по сравнению с песками нормальной крупности являются: высокая удельная поверхность (100-600 см/г), значительная межзерновая пустотность (46-55%), повышенное содержание органических примесей. Применение таких песков значительно увеличивает водопотребность, вызывает водоотделение и расслоение бетонной смеси, снижает прочность и долговечность бетона, требует перерасхода цемента на 40-60%.

В работе [19] показано, что с увеличением удельной поверхности песка подвижность бетонной смеси снижается. Поэтому при замене обычных песков мелкими для сохранения неизменной удобоукладываемости бетонной смеси следует увеличивать водосодержание и соответственно расход цемента. Использование барханного песка для получения мелкозернистых бетонов приводит к увеличению расхода цемента на 20-40% в сравнении с показателем на крупном песке [19]. Кроме того, повышается усадка и ползучесть бетона. Работами Ступакова Г.И. показано, что применение барханных песков при стандартной технологии бетона требует перерасхода цемента до 40-60% [20].

На кафедре строительного производства Саратовского

политехнического института под руководством Ю.И.Кочнева произведен подбор состава бетона М-200 на мелкозернистых саратовских песках. Использовали портландцемент М-500 и пуццолановый М-400, оптимальное водоцементное отношение и расход вяжущего составили соответственно 0,89-0,95 и 270-300кг/м^3. В основном прочность этого бетона обеспечивалась за счет прочности цементного камня, что влияло на его стоимость. Кроме того, бетон обладал большой пористостью вследствие высокого водоцементного отношения.

Ряд авторов предлагают обеспечить снижение расхода цемента в бетоне регулированием зернистого состава заполнителей [13,14].

Фундаментальные исследования по влиянию различных характеристик мелкого заполнителя на свойства бетонной смеси и бетона приведены С.С.Гордоном [3]. Показано, что с увеличением удельной поверхности песка подвижность бетонной смеси снижается. Поэтому при замене обычных песков мелкими для сохранения неизменной удобоукладываемости бетонной смеси приходится увеличивать водосодержание и, естественно, расход цемента.

Способ роликового формования изделий из мелкозернистого бетона, прехтоженный И.Ф.Руденко, В.Я.Якушиным, Т.В.Сизовым, С.А.Селивановым. А.П.Кузьминым состоит в послойном уплотнении жестких смесей, не поддающихся уплотнению вибрацией. Большая удельная поверхность мелких песков является одной из причин перерасхода цемента.

В Средней Азии около 80 процентов месторождений содержат мелкозернистые, в том числе и барханные пески. Изготовление и укладка бетона на таких песках технологическими приемами, традиционными для бетонов на стандартном мелком заполнителе, вызывает перерасход цемента в отдельных случаях до 40-60% [19,20].

Проблема применения мелкозернистых песков в бетоне весьма актуальна для строительной индустрии Узбекистана, так как в республике не

все районы обеспечены стандартным мелким заполнителем, а на значительной территории месторождения крупных песков вообще отсутствуют. В связи с этим пески нормальной крупности приходится завозить из других, зачастую отдаленных районов, что удорожает стоимость бетона [15].

По объему запасов песчано-гравийных материалов Узбекистан занимает третье, а по добыче - второе место в СНГ. Большинство месторождений песка и гравия, примерно, 90 процентов от общего числа изученных, приурочено к четвертичным отложениям, из которых наибольший промышленный интерес представляют аллювиальные отложения. В долинах как крупных, так и мелких рек сосредоточено около 70 процентов месторождений песков и песчано-гравийных смесей.

С увеличением роста и освоением крупных массивов орошения перед научно-исследовательскими учреждениями республики были поставлены задачи по созданию новых строительных материалов, в том числе бетонов (легких и тяжелых) с использованием местных сырьевых ресурсов, в частности, барханных песков.

Сотрудниками Среднеазиатского научно-исследовательского института ирригации было предложено использование барханных песков для растворов и бетонов [15]. В работах института были разработаны рекомендации по применению барханных песков для изготовления гидротехнического бетона, показана возможность применения их в качестве компонента бетона вместе с крупным заполнителем (щебнем или гравием), а также в смеси с крупнозернистым песком.

Ташмухамедовым А.Ю. исследованы мелкозернистые бетоны на барханных песках в армоцементных конструкциях для гидромелиоративного строительства.

В лаборатории строительных материалов НИИ по строительству в Ташкенте изучено влияние поверхностно-активных веществ на бетоны, изготовленные на мелкозернистых песках различной крупности, и

установлены изменения прочности, водопотребности и других характеристик бетонов. Новым в этих исследованиях явилось то, что все процессы, происходящие в бетонах при введении поверхностно-активных добавок, изучались на песках различной крупности. Результаты исследований показали, что при одинаковом расходе цемента прочность бетона на среднезернистом песке при введении добавки СДБ увеличивается на 16, на мелкозернистом - на 14 и на очень мелком - на 8 процентов, но выяснилось, что тепловлажностная обработка оказывает отрицательное действие на бетон, а именно понижает прочность сжатие до 39%.

Ташмухамедовым А.Ю. были исследованы мелкозернистые бетона на барханных песках в армоцементных конструкциях для гидромелиоративного строительства. Использована добавка органического происхождения. Расход вяжущего для марки бетона 300 составил 712 кг/м^3 при водоцементном отношении равном 0,42, соотношение цемента к песку 1:1,5. Однако, несмотря за снижение водоцементного отношения за счет введения добавки, расход цемента не уменьшился и почти в 2 раза превышает нормы расхода для данной марки бетона.

Г.А.Абдирамановым предложена технология получения мелкозернистых бетонов марок 200 на барханных песках Республики Каракалпакстан и сульфатостойком цементе. Расход вяжущего при соотношении цемента к песку 1:2,4 составил 500 кг/м^3. И в этом бетоне наблюдается перерасход цемента в 1,8 раза. В своих исследованиях Стравчинский А.И. установил, что на основе Зарханных песков можно получить бетон автоклавного твердения, обладающий значительной прочностью и морозостойкостью (до 200 циклов).

Е.Ф.Лысенко, А.М.Юлдашев исследовали свойства барханных песков разной крупности для использования в армоцементных конструкциях. Авторы рассматривают прочностные и деформативные свойства цементно-песчаного бетона и рекомендуют использовать смешанные пески, состоящие на 50% барханного песка и 50% речного песка; при расходе

цемента 600кг/м^3 и водоцементном отношении 0,9 получены бетоны с прочностью на сжатие 40 МПа. Обычно зерна речного песка чистые и имеют скатанную форму, что повышает подвижность бетонных смесей. Однако этот песок иметь более слабое сцепление с цементным камнем, что несколько снижает прочность бетона.

Для уменьшения расхода цемента А.Штернштейн вводил в очень мелкий песок укрупняющую добавку в виде дробленого песка крупностью от 0,15 до 5,0 мм и щебень из обобщенного кирпича. Недостатком является то, что сырьевые материалы, в частности, обожженный кирпич, не всегда могут быть использованы.

Пунагиным В.Н. была исследована возможность применения отходов некоторых пород [15]. Для этого гравий и скальные горные породы: сиенит, пегматит, гранодиорит дробили до крупности щебня от 5 до 10мм, а отсевы дробления размером до 5мм использовали в качестве мелкого заполнителям

Песок, полученный при дроблении пород на щебень, имел высокий модуль крупности и по гранулометрическому составу укладывался в стандартную область кривых рассеивания, приближаясь к максимальному пределу. Однако песок, полученный из различных горных пород, различно влияет на подвижность бетонов одного и того же состава. Такие породы как сиенит особенно гранодиорит ухудшают подвижность бетонной смеси: она получается не удобоукладываемой. Установлено, что при получении высокопрочного бетона на щебне фракции от 5 до 10 мм и крупном песке из дробления с Мк = 2,8-3,1 получены бетоны М-100 с расходом цемента л/кгм^3. Применяемый автором песок с Мк = 2,8-3,1, видимо, содержал избыток крупных частиц и, как следствие, имел большой объем пустот, чем и объясняется перерасход вяжущего. Следует отметить, что изготовление искусственного песка путем дробления твердых пород обходится гораздо дороже, чем производство природного песка.

В разное время рядом исследователей изучалось применение отсевов Лфобления горных пород в качестве укрупняющей добавки к мелким

пескам. Ими была предложена замена части мелкого песка крупными отсевами дробления. Луковицкий Д.М. считает, что улучшение зернового состава мелких и очень мелких песков может быть достигнуто введением добавки в виде крупных природных или дробленых песков. Он показал, что применение укрупняющей добавки, характеризуемой модулем крупности 2,53 к очень мелкому песку с Мк = 0,83, приводит к повышению 1гочности раствором и бетонов. Из реферативной информации [9,11] следует, что мелкая фракция отсеивание строильно-сортировочного производства до 5 мм была использована как зернистая добавка в количестве 10, 15, 20% взамен барханного песка. Она получается не удобоукладываемой. Установлено, что при получении высокопрочного бетона на щебне фракции от 5 до 10 мм и крупном песке из дробления с Мк = 2,8-3,1 получены бетоны М-100 с расходом цемента л/ кгм^3. Применяемый автором песок с Мк = 2,8-3,1, видимо, содержал избыток крупных частиц и, как следствие, имел большой объем пустот, чем и объясняется перерасходом вяжущего. Следует отметить, что изготовление искусственного песка путем дробления твердых пород обходится гораздо дороже, чем производство природного песка.

При этом наблюдалось увеличение средней плотности смеси и прочности бетона в после автоклавной обработки. Сравнительные испытания природных песков, характеризующихся Мк = 2,26 и содержащих 3-5% пылевидных и глинистых частиц и отсевов правления карбонатного щебня позволили авторам работы [12] заменить в бетонах марок 200 и ниже привозной песок местными карбонатными отсевом. В то же время, в бетонах высоких марок такая замена по результатам испытаний вызывает значительное увеличение расходов цемента. По мнению авторов работы, замена кварцевых песков дроблеными карбонатными отсевами позволяет повысить сульфатостойкость бетонов на 20%.

За рубежом дробленые пески нашли широкое применение в технологии бетонов. В США использование дробленых песков будет расти,

так как бетоны на этих песках обладают более высокой прочностью по сравнению с бетонами на природных песках, в Японии в связи с истощением природных рейсов рассматриваются перспективы использования отходов дробления. В частности, используется смешанный заполнитель из каменной пыли, являющейся отходом при производстве щебня, морского песка, отходов при производстве цементного клинкера и шлаковой пемзы. Испытания отсевов дробления щебня показали, что отсевы, полученные после дробления в роторной дробилке, обладают большей водопотребностью по сравнению с отсевами после дробления в молотковой дробилке. Применение отсевов дробления, вызывает увеличение расхода цемента при одновременном повышении прочности бетона. Наличие в отсевах каменной пыли в количестве 5-10% благоприятно влияет на удобоукладываемость растворных смесей. Используются также отсевы щебня из кварцевого порфира.

Конец 70-х - начало 80-х годов характеризуются повышенным интересом научно-исследовательских организаций к отсевам дробления как заполнителю. Изучению этого вопроса посвящены работы ряда исследователей [9.11,12,13,14,15].

В материалах семинара, проведенного в МДНТП им.Д.Э.Дзержинского (научный руководитель И.Б.Шлаин), рассмотрены предложения ряд ученых, в котором применении отходов предприятий промышленности нерудных материалов и разработке нормативно-технической документации на материалы из отходов. В 1985 году издан технический документ на материалы из от дробления изверженных пород [9], введенный в действие с 1 июня 1985г.

Учеными Республики Узбекистан также установлено, что одним из технологических приемов уменьшения расхода цемента и улучшения свойств бетона на барханных песках является применение укрупнителей. Обоснованию этого технологического приема посвящены многочисленные работы [15,17,18,19].

Основы применения укрупнителей в бетонах на барханном песке детально исследованы Г.И.Ступаковым, в результате которых им предложены формулы, позволяющие определить количественное содержание укрупнителя в зависимости от дисперсности барханного песка, марки цемента и бетона [19]. Пунагиным В.Н. обоснована возможность применения в качестве укрупнителей барханного песка отходов дробления некоторых пород, в частности сиенита, пегматита и гранодифита. С использованием этих укрупнителей получены составы бетона марки 300 с расходом цемента 500 кг/м^3, что значительно превышает нормативные показатели. Улучшение зернового состава мелких и очень мелких песков может быть достигнуто введением укрупняющей добавки в виде природных и дробленых песков. К примеру, применение укрупняющей добавки, характеризуемой модулем крупности 2,53 к очень мелкому песку с Мк = 0,83 приводит к повышению прочности растворов и бетонов, а замена кварцевых песков дробленными карбонатными отвесами позволяет повысить сульфатостойкость бетонов на 20%. В целом укрупнители снижают расход цемента на 15-20% в сравнении с составами без них.

Большое внимание уделяется применению химических и минеральных добавок, в частности, зол ТЭЦ, которые обладают гидравлической активностью и позволяют снизить расход цемента в среднем на 10% [17].

В исследованиях [17] авторы предлагают совместный помол цемента с песком, причем удельная поверхность песка приближается к удельной поверхности цемента. В результате при введении наполнителя вы количестве до 30% прочность раствора повысилась в 1,6 раза. Это объясняется тем, что при совместном помоле цемента с песком, последний активизирует равномерное распределение его по всей поверхности. Это особенно заметно при тепловлажностной работке.

По мнению ряда исследователей [1,2,8,13,17,18] наиболее простыми, не связанными с существенными производственными затратами, являются способы снижения расхода цемента в бетонах на мелких песках путем

введения суперпластификаторов и наполнителей в виде молотого песка и золы ТЭЦ сухого отбора. Развитие исследований смешанных вяжущих началось в 30-х годах после опубликования результатов работ П.П.Будникова, В.А.Кешга, В.Ф.Журавлева, В.А.Юнга. В своих работах они показали возможность, и целесообразность замены части цемента наполнителем с целью его экономии.

В.И.Соломатов и др. [16,17,18] считают, что введение наполнителей в цементный раствор и бетон не только возможно, но и обязательно. Экспериментальные данные подтвердили положительное влияние наполнителей оптимальной крупности на механические характеристики бетона.

Улучшение свойств бетона применением наполнителя

В СНГ в последние годы получила признание полиструктурная теория композиционных строительных материалов, развиваемая проф. Соломатовым В.И. и его научной школой [16,17].

С позиций полиструктурной теории для улучшения качественных характеристик и свойств, а также экономии цемента в бетон необходимо вводить наполнитель оптимальной дисперсности и количества. Исследования, выполненные в СНГ, показали, что применение песчаного наполнителя позволяет экономить до 25% цемента в тяжелых бетонах и улучить их свойства. В качестве наполнителей рекомендовано также использовать дисперсные порошки горных пород, отходов производств и попутного сырья при добыче полезных ископаемых.

Улучшение свойств бетона и экономию цемента можно обеспечить применение химических добавок. Следует подчеркнуть, что в СНГ предложен широкий ассортимент различных видов добавок, которые являются специально изготовленными, или полученными из отходов промышленных производств [2]. В зависимости от способа получения и химического состава определяется эффективность их действия.

Индивидуальное применение добавок дает экономию цемента в размере 10-15%.

Непосредственно из полиструктурной теории вытекает, и необходимость раздельной технологии приготовления бетонной смеси. В последние годы в СНГ проводятся широкие исследования этой технологии. Сущность раздельной технологии заключается в двухстадийности приготовления бетонной смеси. На первой стадии в скоростном смесителе турбулентного типа осуществляется приготовление смеси цемента, воды и части песка (связующего). На второй стадии в обычном бетоносмесителе принудительного действия связующее перемешивается с заполнителями мелкой и крупной фракций. Данные, полученные советскими исследователями, показывают, что такая технология обеспечивает улучшение свойств бетона и экономию 10-20% цемента. Наибольший эффект достигается при комплексном применении наполнителей, химических добавок и раздельной технологии приготовления бетонных смесей, что дает экономию цемента до 50% [17].

Рассмотрим более подробно особенности современных направлений экономии цемента и совершенствования технологии бетона, вытекающих из полиструктурной теории.

Проблеме наполнения различных видов бетонов в СНГ проявляется большой интерес, о чем свидетельствуют многочисленные патентные разработки и исследования, проведенные в последнее время [18].

Применение наполнителей в бетонах обусловлено техническими и экономическими соображениями. Возможность замены части клинкерной составляющей более дешевыми и доступными минеральными веществами вытекает из особенностей структуры цементного камня. Структура цементного камня представляет собой пористую систему, состоящую из кристаллогидратов и непрогидратированных зерен вяжущего. Исходя из этого, В.Н. Юнг предложил рассматривать затвердевший цемент как «микробетон», в котором непрогидратированные зерна цемента выполняют

роль наполнителя. Поэтому без ущерба для технических свойств часть цемента можно заменить дисперсными минеральными веществами [17,18].

По происхождению минеральное сырье, используемое в качестве наполнителя цемента, делится на природные, промышленные отходы и попутные продукты. К ним относятся: кварцевые пески, известняки и известняки-ракушечники, мергели, глиежи, опоки, базальт, мрамор и гранит; доменные и электротермофосфорные гранулированные шлаки, зола-уноса и гидроудаления, отработанные формовочные смеси, хвосты горнорудных и горноперерабатывающих предприятий, отходы суперфосфатного производства, пыль рукавных фильтров и электрофильтров различных производств, волластонит, свинцово-цинковые хвосты и другие отходы производства, и попутные продукты [17,18]. По химической активности наполнители могут быть сильно- и малоактивными. Многие исследователи отмечают химическую активность таких минеральных наполнителей, как золы, шлаки, кранты и т.п., особенно при твердении смешанных цементов при повышенной температуре. Показано, что сильно активные наполнители карбонатного типа имеют плотные контакты с цементным камнем.

Многочисленными исследованиями показана эффективность применения зол в качестве наполнителей растворных и бетонных смесей, химическая активность их зависит от вещественного и гранулометрического составов.

Химическая активность крентов, кремнезема позволяет в широких пределах управлять свойствами твердеющих и затвердевших цементных композиций. Введение таких минеральных веществ в состав цемента способствует более полному протеканию химических реакций, модифицируют структуру кристаллогидратов [17]. К химически активным наполнителям относятся такие доменные и электротермофосфорные шлаки, а также глиежи.

В работах, выполненных в последнее время в КИСИ, ДИСИ, МИСИ, НИИЖБ, МИИТ, ТашИИТ, Новосибирского ИСИ. СибАДИ, РПИ показано,

что применение шлаков и глиежей позволяет управлять процессами структурообразования и формирования свойств микро- и макроструктуры бетонов, а также существенно экономить расход цемента. В работе [17] выполнены исследования влияния на свойства смешанного цемента добавок известняка, мергеля, мела, глинистых сланцев, лесса, гранита, кварцевого песка, золы-уноса и металлургического шлака. В результате исследований установлено, что введение глинистых пород снижает активность смешанных цементов в большей мере, чем карбонатные и твердые породы. В сравнении с карбонатными (известняк, мергель) применение добавок твердых пород (гранит) имеет большее преимущество для получения смешанных цементов. Наиболее эффективными добавками являются химически активные добавки - зола-уноса и шлак. Они обеспечивают получение смешанных портландцементов с улучшенными качествами. Из минеральных веществ - кварцевые пески представляют наибольший практический интерес для получения смешанных цементов. Это обусловлено наличием обширной сырьевой базы, доступностью, простотой технологии добычи и сравнительной низкой стоимостью.

Вопрос применения песка для получения смешанных цементов является не новым и первые патенты на производство таких вяжущих были зарегистрированы еще в прошлом веке. Исследования песчаных цементов были выполнены в Дании, Франции, Швеции, России и других странах. Малоактивные кварцевые наполнители при нормальных условиях твердения не способствуют образованию высокопрочных химических связей с цементным камнем. Наряду с этим, при гидролизе кальциевых силикатов образующая свободная известь частично реагирует с двуокисью кремния [1]. По данным ряда авторов, при совместном помоле песка и клинкера повышается прочность цементного камня на сжатие и растяжение при изгибе. Существенный эффект может быть получен при использовании кварцевого наполнителя для низкомарочных растворов и бетонов.

Новое решение эта проблема получила в СНГ в последнее время в

связи с развитием полиструктурной теории, разработкой и широким применением эффективным пластификаторов и суперпластификаторов, особенно, порошкообразных.

Последние результаты советских исследователей показывают возможность замены клинкерной части цемента до 50% и более наполнителями. Эти исследования также подтвердили, что наполнители должны иметь свою оптимальную дисперсность и их необходимо вводить при приготовлении бетонной смеси. К примеру, дисперсность кварцевого песка должна составлять 1-0,15, а глиежа и электротермофосфорного шлака 0,15 м/г [17]. О целесообразности раздельного помола клинкера и наполнителя свидетельствуют также данные работы [17].

Многие минеральные вещества (например, известняк, глиеж и т.п.) облазают меньшей твердостью, чем клинкер и размалываются быстрее последнего, создавая при совместном помоле тонкие и тончайшие фракции в смешанном цементе. Клинкерный же компонент в смешанном цементе будет при этом более грубую дисперсность, что и ухудшает, по мнению автора, свойства такого цемента. Поэтому автор рекомендует раздельное измельчение клинкера до дисперсности 0,27-0,40 м/г с последующим механическим перемешиванием с тонкомолотым известняком.

Более глубокое научное обоснование необходимости раздельного помола компонентов смешанных вяжущих при использовании в качестве кислых наполнителей минеральных веществ, обладающих лучшей размалываемостью, чем клинкер, показано в работах Тахирова М.К. [17].

Снижение активности и ухудшение свойств смешанных вяжущих, в них минеральных веществ сверх 15% он объясняет следующими причинами. Минеральные вещества, для получения смешанных вяжущих, как правило, кислой природы. Их дисперсность при совместном помоле существенно выше, чем клинкерных частиц. С другой стороны, при совместном измельчении клинкера и минеральной добавки, последняя изменяет кислотно-основные характеристики поверхности частиц клинкерной

составляющей смешанного вяжущего. Это способствует нейтрализации и уменьшению доли основных активных центров на поверхности клинкерных частиц цемента и снижению в целом активности вяжущего, что подтверждено экспериментальными данными по определению кислотной основных свойств дисперсных веществ методом электронной спектроскопии адсорбированных молекул индикаторов.

С позиций кислотно-основных взаимодействий на поверхности минеральных веществ автором сформулированы новые представления о замедленном твердении смешанных вяжущих с кислыми добавками (на примере пуццолановых и шлакопортландцементов). Их сущность заключается в том, что в цементно-водной суспензии ускоряется процесс растворения частиц кислой минеральной добавки и блокирование поверхности зародышей гидросулъфоалюмината кальция. На этом основании и сделан вывод о необходимости раздельного помола и введения наполнителя в бетонную смесь. При раздельном помоле в механической смеси частицы наполнителя и цемента разделены пространством. При гидратации такого смешанного вяжущего, частицы цемента слабо взаимодействуют с частицами грубодисперсного наполнителя ($S_{уа}$ = 0,15м /г), поэтому ведут себя как самостоятельные и их гидратация подобна чистому цементу. Раздельное измельчение наполнителя позволяет увеличить его содержание и замену клинкерной части цемента до 30-45% при использовании глиежа и электротермофосфорного шлака [17].

Результатами многочисленных исследований установлено, что процессы структурообразования и формирования свойств бетонов, а также уровень цемента зависят от природы, дисперсности, содержания наполнителя, вида химического модификатора и способа приготовления бетонной смеси [17]. Рассмотрим на ряде примеров влияние этих факторов на свойства бетонов и экономию цемента.

Для каждого вида минерального вещества существуют свои оптимальные значения дисперсности и содержания, обеспечивающие

максимум прочности [17]. К примеру, для бетонных смесей с мелким заполнителем нормальной крупности оптимальная дисперсность песчаного наполнителя составляет 0,1 м/г; известнякового - 0,15-0,25 м/г; глиежа и электротермо-фосфорного шлака - 0,15 м/г; металлургических шлаков - 0,06-0,3 м/г; золы-уноса ТЭС - 0,2-0,3 $м^2$/г. Рациональные же пределы содержания этих наполнителей составляют 25-50%.

Комплексное применение наполнителя и суперпластифицирующей добавки

Выполненные в СНГ исследования показали, что наполнители целесообразно применять в сочетании с химическими добавками. Химические добавки влияют на поверхностную активность составляющих, пластифицируют цементные смеси, улучшают технологические свойства бетонной смеси, физико-химические свойства бетона и способствуют экономии цемента.

В соответствии с нормативными документами СНГ химические добавки для бетона делятся на регуляторы реологических свойств бетонных смесей, регуляторы процессов схватывания и твердения, регуляторы структуры раствора и бетона, ингибиторы коррозии стали, минеральные добавки для бетонов и заменители цемента. Из перечисленных добавок для монолитного бетона на барханном песке представляют интерес регуляторы реологических свойств бетонных смесей-пластифицирующие добавки. Действие пластифицирующих добавок на свойства цементного вяжущего и бетона носит весьма сложный характер.

Результаты фундаментальных исследований, выполненных в СНГ и зарубежных странах, во многом способствовали раскрытию механизма действия пластифицирующих добавок [1,2,4,17], что послужило основанием для их широкого практического использования.

В качестве пластифицирующих добавок используют отходы различных производств, а также специально полученные химические продукты. В СНГ

разработаны и применяются обширная номенклатура пластифицирующих добавок, насчитывающая несколько сот наименований. Самой распространенной пластифицирующей добавкой для бетонных смесей являются технические лигносульфонаты кальция под названиями ССБ, СДБ, ЛСТМ, НИЛ-10, 20, 21, УАБ, НСДБ, ХДСК-1, М-4 и другие. Водные растворы или концентраты СДБ - крупнотоннажные отходы целлюлозно-бумажных комбинатов от переработки сульфитно-спиртовой барды (ССБ). Основная составляющая часть СДБ - лигносульфоновые кислоты и их соли определяют ее пластифицирующее действие. В упрощенном виде механизм пластифицирования состоит в том, что на поверхности цементных частиц образуется адсорбционно-сольватный слой из молекул добавок, который служит гидродинамической смазкой между частицами и обеспечивает стабилизацию зерен цемента и улучшает реологические свойства бетонной смеси. Наряду с этим, добавки СДБ замедляют процессы гидратации и твердения цемента. Основными эффектами пластифицирующих добавок является повышение подвижности бетонной смеси и за счет этого возможность снижения водопотребности, что обеспечивает повышение прочности бетона или экономию цемента. По мнению многих исследователей, добавка СДБ очень чувствительна к передозировке. Поэтому при ее использовании рекомендуют строго выдерживать дозировку добавки. Дозировка добавки составляет 0,1-0,15% от массы цемента. При такой дозировке водопотребность бетонной смеси снижается на 5-10%, а прирост прочности за счет этого достигает 15-20%, что дает экономию цемента на 5-10%.

Воздухововлекающие и газообразующие пластифицирующие добавки при введении в бетонную смесь выполняют двойную роль. Вовлеченный в бетонную смесь воздух, способствует увеличению подвижности и связанности смеси, повышению морозостойкости и водонепроницаемости. Кроме того, повышается водоудерживающая способность, благодаря чему улучшается влажностный режим твердения бетона [2]. С другой стороны, как

известно, увеличение содержания воздуха на каждый 1% приводит к уменьшению прочности затвердевшего бетона в среднем на 3-5%. Вместе с тем, если общее содержание воздуха не превышает 4-5%, то прочность бетона практически не снижается, что является следствием повышения прочности цементного камня, обусловленного снижением общей водопотребности бетонной смеси за счет пластифицирующего действия добавки [2].

К общему недостатку этих добавок, относится замедление степени нарастания прочности бетона. Замедление роста прочности бетона обусловлено тем. что воздухововлекающая добавка адсорбируется на зернах цемента и образует на их поверхности устойчивые мельчайшие пузырьки воздуха, которые затрудняют доступ воды к частицам вяжущего.

Такие добавки чувствительны к дозировке. Так, добавка 0,01% СНВ снижает прочность бетона в 28-ми сут. возрасте на 8%, а 0,05% - на 20% по сравнению с бетоном без добавки. Существенным недостатком воздухововлекающих и газообразующих добавок является и увеличение продолжительности предварительной выдержки бетона с этими ПАВ в изделиях перед их zr-отпариванием на 1-2,5 ч.

В качестве добавок к бетонным смесям предложены отходы производясь натрий-карбоксилметилцеллюлозы - кубовая жидкость (КЖН и кубовый остаток (КОН). КЖН состоит из смеси солей электролитов: хлорида, гликолиза и карбоната натрия. Содержание сухого вещества не менее 18%. Остаток состоит из тех же солей, что и КЖН, его получают выпариванием последней в тепловой камере при температуре 400°С. Рекомендуемая добавок 0,5-1%, что обеспечивает экономию цемента, по мнению авторов, на 10-15% [17]. Однако недостатком этих добавок является незначительный пластифицирующий эффект, образование вызолов на поверхности бетона и низкая экономия цемента (5-6%) в производственных условиях.

Большинство добавок на основе промышленных отходов характеризуются нестабильностью состава и, следовательно, действием, что

затрудняет их практическое применение. Поэтому разработаны и предложены специально пластифицирующие добавки. К ним относятся водорастворимые химические продукты на основе фенола и формальдегида, формальдегида и 1летона, сульфированные продукты нафталина и меламина с формальдегидом. Последние отличаются сильным разжижающим действием и получили название суперпластификаторов (СП).

Из водорастворимых смол, предложенных в качестве добавок для бетона наибольший интерес представляют ацетоноформальдегидные марки АЦФ полифункционального назначения. Наличие в их составе поверхностно гидроксильных и карбонильных групп способных к отверждению в щелочной среде предопределяет эффективность их применения в качестве пластифицирующих добавок и модификаторов структуры бетона, что подтверждено рядом исследований [17].

Введение добавки АЦФ в количестве (0,1-0,15%) способствует снижению водопотребности бетонной смеси до 15%, обеспечивает консервацию подвижности в течение 1,5-2 ч, увеличивает прочность бетона до 50%, позволяет экономить 15-25% цемента, повышает водонепроницаемость и морозостойкость бетона в 2-3 раза, сокращает продолжительность тепловлажностной обработки на 2-3 ч.

Для монолитного бетона представляют интерес добавки на основе фенолоформальдегидных смол. Они отличаются сравнительно сильным пластифицирующим действием.

В работах [17,18] приводятся результаты исследований по разработке и применению добавки М-1, представляющей собой водный раствор, содержащего сульфированный фенолоформальдегидный олигомер резольного типа и проявляющая суперпластифицирующее действие. Суперпластификатор М-1, вводимый в количестве 0,2-0,6% сильно разжижает бетонную смесь, повышает прочность бетона в среднем на 10 МПа, сокращает продолжительность тепловой обработки в 1,5-2 раза, сокращает расход цемента на 10-15%.

В ряде работ [17,18] предложены результаты исследований по разработке и применению комплексной добавки на основе полимерсопряженного фенола (ПФП), представляющий собой кристаллический и труднорастворимый в воде продукт. Поэтому авторами рекомендуется добавку ПФП вводить в водный раствор СДБ или щелочи NaOH, что усложняет процесс ее примере. Предложенный авторами способ приготовления бетонной смеси, также отличается сложностью и заключается в следующем: в количестве 0,05-5; о вводят в бетонную смесь после ее затворжения водным раствором СДБ 0.15%). Кроме того, добавку ПФП рекомендовано вводить в бетонную смесь через 7-15 мин после ее приготовления. Стоимость добавки составляет 300 руб за тонну. Таким образом, такие недостатки добавки, ПФП, как плохая растворимость в воде, увеличенная продолжительность приготовления и соответственно снижение производительности производства бетонной смеси, и высокая стоимость добавки сдерживают массовое ее практическое применение.

Более дешевая добавка продукта конденсации фенола с формальдегида и сульфатом натрия [17] повышает подвижность бетонной смеси и рост прочности бетона во все его сроки твердения. Введение добавки в количестве 0.01-0,1%) увеличивает подвижность бетонной смеси на 5-6см осадки конуса. В качестве добавки предложена также новолачная феноло-формальдегидная смола. Пластифицирующая добавка в количестве 0,05-0,5% .Соответствует снижению водопотребности на 5-7% , обеспечивает 10% экономия цемента и увеличивает морозостойкость бетона [17].

Добавка фенолоформальдегидной смолы, предложенная в работах замедляет процессы структурообразования цемента и обеспечивает некоторый рациональная дозировка добавки 0,3% позволяет:

увеличить отпускную подвижность бетонной смеси на 10-12 см О.К.;

увеличить продолжительность консервации подвижности нагретой бетонной смеси на 1-1,5 ч;

снизить расход цемента на 10-15%;

сократить продолжительность формования конструкций на 20-40%;

уменьшить энергозатраты на 0,8 кВт'ч/м^3 и трудозатраты при виброуплотнении бетонной смеси на 10-20%.

Обзор исследований показывает, что проблема использования барханных песков еще не полностью решена и требует изыскания новых или совершенствования известных методов.

По мнению исследователей [1,2,3,4,11,12,13,14,19] можно получить высококачественный прочный бетон на барханном песке, используя следующие способы.

1.Улучшение зернового состава мелкозернистого песка путем добавления к нему до 50% крупнозернистого естественного или искусственного песка. Этот способ не всегда применим. В ряде районов строительства нет ни песка, соответствующего стандарту, ни крупнозернистого песка. Изготовление же искусственного песка во многих случаях сопряжено со значительными пригодностями. Поэтому или приходится завозить песок издалека, или же допускать перерасход цемента, что влечет за собой значительное удорожание бетонных работ.

В связи с вышеизложенным, был произведен анализ сырьевых ресурсов
Узбекистана, а именно, наличия близко расположенных месторождений барханных песков и отходов предприятий промышленности нерудных материалов.

В результате произведенного анализа установлено, что Каракалпакстан располагает большими месторождениями барханных песков и значительными запасами изверженной горной породы - порфирита. На ее территории действуют 4 дробильно-сортировочных завода по переработке порфирита в щебень, который используется заводами железобетонных изделий в качестве крупного заполнителя. При дроблении породы получают до 25-30% отсевов объема перерабатываемой горной массы.

В Каракалпакстане недостаточны ресурсы стандартного песка. В связи

улучшением усилением темпов и улучшением качества капитального строительства замена в бетонах привозных заполнителей промышленными отходами нужных фракций является весьма актуальной.

2. Применение цементов, активность которых в 3-6 раз превосходит зарубежную марку бетона, что при нормальном расходе цемента позволяет получить более или менее удовлетворительные результаты. Однако этот способ позволить к неэффективному использованию цемента. В то же время при приготовлении бетона на песке близком к стандартному, высокомарочный цемент можно разбавить наполнителем в количестве 20-30%, что при меньшем качестве вяжущего позволяет получить бетон с заданной прочностью.

3. В последние годы применение химических добавок стало одним из направлений технического прогресса в технологии бетона, что в первую очередь обусловлено эффективностью их воздействия на конечные свойства материала на всех стадиях технологического процесса производства бетонных и железобетонных изделий.

При изготовлении бетонов на мелких песках пластифицирующие добавки дают возможность существенно улучшить удобоукладываемость бетонной смеси и снизить расход цемента.

На основе анализа исследований по использованию мелких и барханных песков в качестве мелких заполнителей для бетона применительно к нашей работе сформулирована следующая рабочая гипотеза. Плотность бетона в значительной степени определяет его прочность, водонепроницаемость, долговечность, сопротивление воздействию различных агрессивных сред, атмосферных факторов.

При использовании в качестве мелкого заполнителя барханных песков на плотность бетона отрицательно влияют их развитая удельная поверхность и повышенная пустотность, требующие увеличения расхода цемента.

Введение отсева дробления в барханные пески снижает суммарную

удельную поверхность мелкого заполнителя и способствует созданию оптимального гранулометрического состава смеси мелких и крупных заполнителей.

Для снижения расхода цемента в бетонах на барханных песках целесообразно рассмотреть три технологических направления:

- частичная замена мелкого (барханного) песка отсевом дробления;
- введение в цемент молотого мелкого (барханного) песка в качестве наполнителя;
- введение в бетонную смесь пластифицирующей добавки.

На основании выше изложенного сформулированы цель и задачи исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. - М.: Высш.школа, 1987. - 415 с.
2. Батраков В.Г. Модифицированный бетон. - М.: Стройиздат, 1998. - 601с.
3. Гордон С.С. Структура и свойства тяжелых бетонов на различных заполнителях. — М.: Стройиздат, 1969. - 151 с.
4. Горчаков Г.И., Орентлихер Л.П., Савин В.И. и др. Состав, структура и свойства цементных бетонов. - М.: Стройиздат, 1976. - 145 с.
5. Грушко И.М., Ильин А.Г., Рашевский СТ. Прочность бетонов на растяжение. - Харьков: Изд-во Харьк.ун-та, 1973. - 155 с.
6. Зазимко В.Г. Оптимизация свойств строительных материалов. - М.:Транспорт, 1981. - 103 с.
7. Иванов И.А. Влияние заполнителя на модуль упругости конструкционного керамзитобетона // Бетон и железобетон. -1981.- №11.- С.9-10.
8. Колокольников В.С. Технология бетонных и железобетонных изделий. - М.: Высш.шк., 1970. - С.133-136.
9. Материалы из отсевов дробления изверженных горных пород для строительных работ. ТУ 26193-84.
10. Налимов В.В. Применение математической статистики при анализе веществ. - М.: Физматгиз, 1980 - 430 с.
11. Омельченко А.А., Лещинскй М.Ю., Шумейко Л.И. Пути сокращенияpасхода цемента в производстве сборного железобетона // Строительная индустрия, строительные конструкции: Обзорная информация. Серия42.1.- Киев: УкрНИИНТМ, 1985. - 48 м.
12. Пути снижения расхода цемента в строительстве // Бетон и железобетон.-1987.-№1.-С.2-3.
13. Пути снижения расхода цемента при производстве сборного и монолитного железобетона: Материалы семинара. — М.: МДИТПим.

Ф.Э.Дзержинского, 1986. - 150 с.

14. Применение мелких песков в бетоне и методы подбора состава бетона. — М., 1981.-38 м.
15. Пунагин В.И. Использование отходов дробления некоторых пород в бетоне. - Ташкент: ТИИМСХ, 1979. - 17 с.
16. Соломатов В.И. Элементы общей теории композиционных строительныхматериалов // Известия вузов. Сер. Строительство и архитектура. - 1980.-№8.-С.61-70.
17. Соломатов В.И., Тахиров М.К., Шах Тахер. Интенсивная технология бетонов. - М.: Стройиздат, 1989. - 283 с.
18. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Литвяк В.И. Наполненные цементы и бетоны и перспективы их применения на предприятиях стройиндустрии. -М.: Стройиздат, 1986. - 267 с.
19. Ступаков Г.И. Бетоны на мелкозернистых песках для промышленного и гражданского строительства. - Ташкент: Фан, 1986. - 104 с.
20. Ступаков Г.И. Технология бетона для гражданского и промышленного строительства в условиях жаркого климата. - Ташкент: Укитувчи, 1983.-160 с.