

Фрессель; Пер. с нем. П. И. Мешкова, М. Я. Яковлевой; Под общ. ред. М. Я. Яковлевой. – М.: ООО «Пэйнт-Медиа», 2006. – 320 с.

10. Дослідження впливу компонентного складу на формування експлуатаційних показників вітчизняної санувальної штукатурки / В. І. Терновий, М. Уманець, Н. Р. Антонюк, Р. Б. Гуцуляк // Вісник ОДАБА. – Одеса: «Зовнішрекламсервіс». – 2010. – Вип. 38. – С. 610 – 614.

Ternovy V.I. DEPENDENCE OF PROPERTIES OF PLASTICS FROM TECHNOLOGY ITS EMPLOYMENT. The experimental studies of the dependence of physical and mechanical parameters are presented the proposed restoration sanitary plaster from

technological factors in case of its installation on brick masonry.

Key words: sanitary plaster, lime-perlite mixture, technology of the device, physical and mechanical parameters.

Терновий В. І. ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ ШТУКАТУРКИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ЕЕ УСТРОЙСТВА. Приведены экспериментальные исследования зависимости физико-механических показателей предложенной реставрационной санационной штукатурки технологических факторов при ее устройстве на кирпичной кладки.

Ключевые слова: санирующая штукатурка, известково-перлитовая смесь, технологии устройства, физико-механические показатели.

УДК 666.97

Долгий В.П.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина; e-mail: tsmi@ukr.net)*

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВЫСОКОПОДВИЖНЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Приведены результаты исследований реологических свойств высокоподвижных бетонных смесей, предназначенных для перекачивания по трубопроводам сложного сечения. Рассмотрено влияние вида компонентов, их дисперсности и технологических факторов на изменение реологических свойств бетонных смесей. Показано, что повышение перекачиваемости бетонных смесей возможно путем модифицирования их составов и снижением их вязкости и повышения растекаемости за рамки классификации по стандартам. При этом, снижение вязкости смесей должно сопровождаться сохранением однородности.

Ключевые слова: бетонная смесь, бетонные трубопроводы, реология, вязкость, растекаемость, модифицирование, химические и минеральные добавки.

За последние десятилетия достигнут значительный прогресс в перекачивании бетонных смесей насосным оборудованием. Разработаны практические рекомендации для бетононасосов, определены основные принципы перекачивания и т.д. Но все эти знания и правила сосредотачиваются на вибрационном бетоне (СVC), при этом другим современным видам бетонных смесей внимания уделяется недостаточно. При перекачивании самоуплотняющихся бетонных смесей (SCC), растворов, мелкозернистых бетонных смесей и реакционно-порошковых бетонных смесей (RPC) рекомендации по перекачиванию вибрационного бетона могут иметь некие неточности.

Формирование структуры бетона, которая обеспечивает его основные физико-механические и технологические свойства, во многом определяется реологическими свойствами смесей. Показатели осадки или

распыла конуса не дают полного представления о физических и структурных процессах, протекающих в смеси.

Бетонные смеси являются многофазными системами, где в качестве дисперсионной среды выступает вода, а в качестве дисперсной фазы выступают частицы заполнителя, вяжущего, минеральных и химических добавок [1]. Бетонная смесь является примером полидисперсной среды. По дисперсности бетонные смеси занимают промежуточное положение между грубодисперсными и микрогетерогенными системами. А свойства микрогетерогенных систем во много совпадают со свойствами коллоидных систем [1, 2] и определяются поверхностными явлениями, а свойства грубодисперсных или зернистых систем – их объемно-массовыми характеристиками.

Одним из факторов, влияющих на процессы структурообразования в дисперсных системах, является взаимодействие дисперсной фазы с дисперсионной средой. Управление свойствами системы может осуществляться при помощи поверхностно-активных веществ [1, 3]. Молекулы ПАВ сорбируются на поверхности частиц и создают вокруг нее гелеобразную оболочку, тем самым изменяя характер контактов. А контактирование сорбционных оболочек ПАВ делает массу более подвижной и легко деформируемой, т.е. менее вязкой.

Чрезвычайно высокая скорость восстановления структуры, превышающая скорость разрушения ее в потоке, является характерным свойством непластифицированных систем, отличающим их от дисперсных систем с суперпластификаторами [4]. Одним из отличительных свойств высококонцентрированных цементных систем с суперпластификаторами является их способность к течению при малых напряжениях сдвига, в частности, при действии поля тяжести.

Причины, влияющие на перекачивание бетонных смесей. Исследования перекачивания бетонных смесей на практике связано с определением потерь давления в системе с использованием того или иного насосного оборудования. Причины потерь давления можно разделить на:

- технологические (конфигурация, материал, длина и диаметр бетоновода, давление бетононасоса, тип бетононасоса, скорость движения бетонной смеси по бетоноводу, температура смеси и окружающего воздуха);

- реологические (напряжение сдвига, предел текучести, вязкость, структурная прочность смеси, тиксотропия);

- трибологические (трение и смазочный слой).

Технологические причины потери давления в бетоноводу связаны с насосным оборудованием. В ряде случаев расчет требуемого давления сводится к вычислению только технологических параметров без учета реологических свойств бетонной смеси [5,6]. Для вибрационных бетонов это может иметь место быть. Однако, свойства

современных бетонных смесей могут сильно отличаться от свойств СВС. Поэтому, для более точного прогнозирования потерь давления при перекачивании современных бетонных смесей необходимо учитывать реологические и трибологические их характеристики.

Если технологические потери давления зависят от выбора насосного оборудования, то реологические и трибологические зависят от состава смеси. Таким образом, при помощи состава смеси можно существенно влиять на параметры ее перекачивания.

Подбор состава бетонной смеси

При помощи подбора эффективного состава можно существенно повлиять на дальность перекачивания, учитывая особенности влияния отдельных компонентов бетонной смеси на ее реологические свойства. Повысить перекачиваемость бетонов можно за счет модификации их составов и получения низкой вязкости и растекаемости, находящейся за рамками классификации по стандартам. Снижение вязкости смесей должно сопровождаться сохранением однородности. Исключение крупного заполнителя позволит решить ряд задач, связанных с сегрегацией смеси под давлением, а введение органических и тонкодисперсных минеральных добавок обеспечит однородность смеси при перекачивании и высокие конечные характеристики бетона. Использование порошковых бетонов с высокой подвижностью для перекачивания на большие расстояния при заполнении длиннопролетных металлических или мостовых конструкций, бетонировании в тоннелях, где ограничено давление нагнетания, может стать единственным решением при реализации этих задач.

Бетонные смеси, предназначенные для транспортирования по трубопроводам, должны обладать повышенной однородностью, удобоперекачиваемостью и обеспечивать получение требуемых физико-механических характеристик бетона.

Состав бетонной смеси должен быть подобран таким образом, чтобы при ее движении в бетоноводу постоянно сохранялся

пристенный смазочный слой, зерна заполнителей, если таковы имеются, не соприкасались между собой, а давление передавалось по жидкой фазе. Для выполнения этих требований необходимо, чтобы объем цементного теста превышал объем пустот смеси крупных и мелких заполнителей не менее чем на 40 л/м^3 [7].

Бетонная смесь, имеющая межзерновую пустотность заполнителя большую, чем объем цементного теста, перекачиванию не поддается.

Под удобоперекачиваемостью бетонной смеси следует понимать способность транспортирования по бетоноводу на предельные расстояния без расслоения и образования пробок под воздействием внешних сил, создаваемых при поступательном движении поршня бетононасоса.

При определении расхода воды в бетонной смеси необходимо учитывать вододерживающую способность цемента и величину водопоглощения заполнителей.

Жесткие, малоподвижные и литые расслаивающиеся бетонные смеси непригодны для перекачивания по трубопроводам. При применении малоподвижных смесей сопротивление движению может оказаться больше давления, развиваемого бетононасосом, что повлечет за собой остановку процесса перекачивания. При транспортировании высокоподвижных (литых) бетонных смесей в результате их расслаивания могут образовываться пробки.

Для возможности транспортировки бетонной смеси по трубопроводу меньшего диаметра необходимо снижать максимальный размер заполнителя или вовсе заменить его тонкодисперсными инертными.

При определении расхода цемента следует исходить из условия необходимости обеспечения требуемых физико-механических характеристик, минимальной величины усадки или расширения, а также удобоперекачиваемости. Последнее достигается оптимальным содержанием в бетонной смеси цемента, пылевидных частиц песка размером до $0,14 \text{ мм}$ и минеральных добавок. Расход цемента должен быть не менее 250 кг/м^3 бетонной смеси.

Увеличение содержания цемента и пылевидных частиц более 500 кг/м^3 резко повышает вязкость смеси и соответственно сопротивление ее движению в бетоновом. Однако, повышенную вязкость можно регулировать путем введения органических добавок нового поколения на основе эфиров поликарбоксилатов.

Наиболее благоприятным является применение цементов высоких марок с более тонким помолом.

Песок для бетонных смесей, подаваемых с помощью бетононасосов, должен содержать до $3-7 \%$ пылевидных частиц крупностью менее $0,14 \text{ мм}$ и $15-20 \%$ мелких частиц крупностью менее $0,31 \text{ мм}$. При отсутствии или недостатке в природном или дробленом песке его наиболее мелкой фракции последняя заменяется каменной или кварцевой мукой, микрокремнеземом, золой-уносом, трассом и т.д. Однако повышение содержания тонкомолотых добавок более 20% от массы цемента не рекомендуется, так как в этом случае бетонная смесь за счет ее отошения плохо удерживает воду и может легко расслаиваться.

Содержание мелких, менее $0,06 \text{ мм}$, пылевидных, илистых и глинистых частиц не должно превышать 3% в природном песке и 5% в дробленом. При избыточном количестве этих частиц возрастает потребность в воде затворения, увеличиваются усадочные деформации и снижается прочность бетона.

Наличие зерен плоской или иглообразной формы более 5% по массе влечет за собой ухудшение удобоперекачиваемости бетонной смеси и ускоренный износ деталей бетононасоса.

Доля песка в общей массе должна определяться известными экспериментально-расчетными методами исходя из условия необходимости получения смеси сухих заполнителей с минимальной пустотностью.

Влияние состава и тонкости помола цемента на реологические свойства

Исследования реологических свойств цементных паст доказали их зависимость от многих факторов: водоцементное отношение [8], площадь удельной поверхности,

минеральный состав [7-9], а также время и интенсивность перемешивания и температура [7]. Было показано, что наиболее важными из них являются водоцементное отношение и удельная поверхность [8]. Исследования, проведенные на цементных пастах различного химического состава показали, что этот фактор оказывает меньшее влияние на реологию, чем соотношение В/Ц и тонкость помола цемента. С увеличением тонкости, удельная поверхность цемента увеличивается. В результате большая площадь поверхности становится доступной для гидратации при одинаковом весе цемента. Таким образом, потребуется больше воды для производства цементной пасты той же консистенции.

Наиболее существенное влияние химического состава отмечается в замедлении гидратации сульфатом кальция. Из-за значительных скоростей реакции эти процессы очень важны при определении реологических свойств цементной пасты на ранних этапах гидратации. Цементы содержали 5% гипса, а также имели удельную поверхность $300\text{ м}^2/\text{кг}$. Химический состав отличался содержанием основных минералов цемента C_3S , C_3A , C_2S , C_4AF и Na_2O , K_2O , SO_3 , а также свободного CaO . Было определено, что напряжение сдвига через 30 и 60 минут увеличивается с увеличением содержания C_3A . С увеличением содержания щелочи увеличилось и напряжение сдвига.

Для наиболее реакционноспособного типа клинкера с высоким содержанием C_3A и щелочей, отношение гипс-полугидрат от 80/20 до 20/80 уменьшает предел текучести, в то время как пластическая вязкость не сильно изменяется. Для менее реактивного типа клинкера влияние соотношения гипс и полугидрат было не столь выраженным. Однако снижение общего содержания сульфатов с 3% до 1% снижает как текучесть, так и пластическую вязкость. Повышенная тонкость помола цемента увеличивала эффект соотношения гипс и полугидрат, в то время как уменьшение общего содержания сульфата снижало наблюдаемый предел текучести.

Цементный, химический и фазовый составы рассматриваются как фактор, определяющий эффективность суперпластификатора. Считается, что взаимодействие цемента с суперпластификатором в основном связано с влиянием C_3A , содержанием гипса (сульфата) и щелочи [10, 11].

Таким образом, для всех цементных смесей удельная поверхность цемента имеет наибольшее влияние. Для цементных паст без добавок содержание полугидрата имеет значительное влияние на удобоукладываемость. Для вяжущих смесей с органическими добавками обрабатываемость обычно увеличивается с уменьшением содержания алюмината.

Влияние органических добавок на перекачивание бетонных смесей

Компоненты бетонной смеси различным образом влияют на ее реологические свойства (рис.1) [12]. Влияние органических суперпластификаторов обусловлено снижением предела текучести бетонной смеси без существенного влияния на ее вязкость. Похожим образом увеличение содержания воздуха в смеси оказывает влияние на уменьшение ее пластической вязкости.

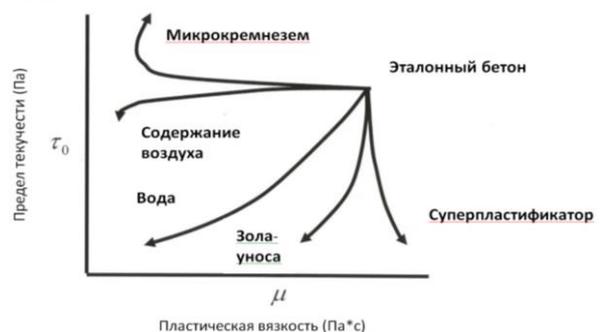


Рис. 1. Влияние компонентов бетонной смеси на ее реологические характеристики

Предел текучести снижается при увеличении количества воды затворения, но такой прием нетехнологичен. Для улучшения удобоукладываемости, перекачиваемости и текучести раствора используют химические добавки. Наиболее распространенными пластифицирующими добавками являются вещества на базе лигносульфонатов, нафталинформальдегидных и меламинформальдегидных смол, а также эфи-

ров поликарбоксилатов. Известно, что строительные растворы состоят из многих компонентов с различной реологией. Высокая подвижность при значительном водопонижении в пластифицированных бетонных смесях обеспечивается жидкотекучей реологической матрицей. При введении пластифицирующей добавки меняется и водотвердое отношение, т.е. изменяется структура смеси. Современные пластификаторы вводятся в количестве до 2% от массы вяжущего.

Эффективность нафталино- и меламиноформальдегидных суперпластификаторов снижается при использовании их с высокоалюминатными цементами и цементами с более высокой удельной поверхностью. Такие суперпластификаторы наиболее эффективны при использовании подвижных бетонных смесей. У добавок на основе поликарбоксилатов иной механизм действия [13-15] и они характеризуются меньшей адсорбционной активностью из-за наличия большого количества неионизированных групп. Поэтому, при значительном содержании свободных щелочей в цементе, адсорбция поликарбоксилатов на гидратных новообразованиях становится недостаточной для требуемой пластификации системы. А при высокой концентрации сульфат-ионов происходит сворачивание боковых цепей молекул добавки, что также снижает ее пластифицирующее действие [14]. Главное отличие поликарбоксилатных суперпластификаторов состоит в более эффективном диспергировании частиц. Поэтому, самоуплотняющиеся и литые бетонные смеси предполагают использование суперпластификаторов.

Изучалось влияние вида суперпластификатора (меламинформальдегид, поликарбоксилат) и способы введения добавки (с водой затворения или в готовую смесь через 15 мин) на реологические характеристики пасты. Введение добавки в предварительно приготовленный раствор повышает ее подвижность и замедляет потерю подвижности во времени [16].

Предел текучести и, в меньшей степени, пластическая вязкость уменьшается с

увеличением содержания суперпластификатора. Количество суперпластификатора существенно влияет на его эффективность [17], и это связано с его включением в органо-минеральную фазу. Введение добавки, предварительно растворенной в воде затворения приводит к тому, что часть ее попадает в гидратирующий слой, когда он образуется, тогда как добавление, отложенное на несколько минут, когда гидратная оболочка уже сформировалась, приводит к лучшей пластификации при том же количестве добавки, потому что пластификатор остается доступным для адсорбции.

Обеспечить достаточную текучесть для нормальной прокачиваемости путем обеспечения высокого предела текучести и кажущейся вязкости при низкой скорости сдвига, но с низким сопротивлением потоку при высокой скорости сдвига можно путем введения водоудерживающих добавок. Наиболее широко используемыми и изученными являются полисахариды [18]. Однако, их влияние на реологические характеристики бетонных смесей и растворов очень противоречивы. И однозначно предсказать поведение того или иного водоудерживающего агента будет достаточно сложно.

Другая группа добавок, оказывающая существенное влияние на реологию бетонных смесей, - это воздухововлекающие агенты. Они включают небольшие воздушные пузырьки в смесь путем изменения поверхностного натяжения воды и распределяются на поверхности раздела фаз «воздух-вода» неионным хвостом к воздуху, а анионной головкой в воду [19, 20]. Когда бетон затвердевает, пузырьки могут служить демпферами для расширяющейся при замораживании воды, защищая бетон от разрушения. Сферические пузырьки относительно мало влияют на прочность свежей цементной системы в состоянии покоя, но они сильно влияют на течение системы, действуя как «шариковые подшипники», чтобы позволить более крупным частицам перемещаться друг мимо друга более легко. Это объясняет тенденцию увеличе-

ния содержания воздуха в реологии, показанной на графике предела текучести - пластической вязкости (рис. 1).

Влияние латекса. Использование латекса для улучшения качества бетонных смесей и бетонов представляло интерес. Латекс для модификации цементных материалов обычно получают эмульсионной полимеризацией. Эмульсия состоит из частиц субмикронного полимера, диспергированных в воде.

Добавление латекса к цементным материалам улучшает растяжение и прочность на изгиб, повышает пластичность, уменьшает модуль упругости, улучшает прочность сцепления и улучшает морозостойкость. Повышаются водонепроницаемость и снижается усадка бетона. Тип латекса имеет важное значение для свойств конечного продукта. Когда начинается гидратация цемента, частицы латекса заполняют пустоты и капилляры. По мере связывания воды реакциями гидратации цемента и испарения частицы латекса сливаются в непрерывную пленку. Именно эта пленка придает свойства, представляющие интерес.

Таким образом, формирование пленки является основополагающим для получения конечных характеристик бетона. Однако, в отличие от обычного раствора и бетона, где необходимо влажное отверждение, оптимальные свойства материалов, модифицированных латексом, достигаются путем одно-трехдневного влажного отверждения с последующей выдержкой при относительной влажности 50%.

Количество латекса, добавляемого к строительному раствору и бетону, обычно находится в пределах от 5 до 20% от массы цемента. Влияние типа латекса на вязкость раствора остается незначительным.

Более значительным оказывается наличие или отсутствие суперпластификатора в растворе (рис. 2).

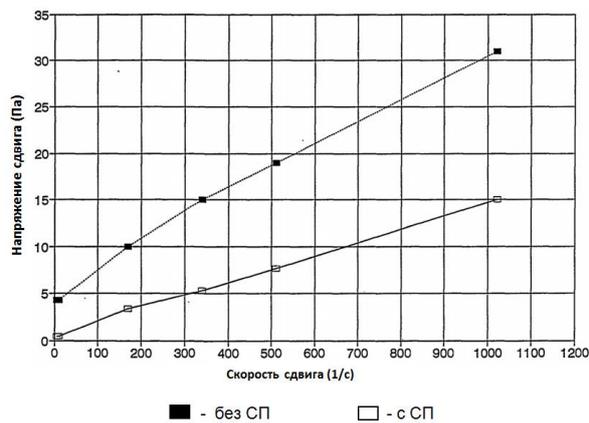


Рис. 2. Эффект наличия суперпластификатора в растворе с использованием акрилового латекса в количестве 15% от массы цемента при В/Ц=0,6 [21].

Влияние минеральных добавок на перекачивание бетонных смесей. В цементных системах с тонкодисперсными минеральными добавками вследствие развитой удельной поверхности проявляются межчастичные взаимодействия, способствующие формированию кластерной структуры. Наличие структуры придает дисперсной системе своеобразные свойства пластичности, вязкости и текучести.

При добавлении химически и реологически активных порошков с цементом можно усилить пластифицирующие действия пластификаторов. Такой подход реализован в реакционно-порошковых бетонах. Использование мелкого песка фракции 0,1-0,5мм позволило получить тонкозернистый, самоуплотняющийся и саморастекающийся бетоны.

Добавление минеральных добавок целесообразно лишь в комплексе с поверхностно-активными веществами. Присутствие ПАВ предотвращает агрегацию высокодисперсных частиц наполнителя и обеспечивает стабилизацию его свойств. Минеральные добавки снижают расход вяжущего и обеспечивают повышение плотности бетона и водоудерживающей способности бетонной смеси [22].

Количество минеральных наполнителей в цементных системах может составлять от 10 до 30% от массы вяжущего в зависимости от гранулометрического состава и гидравлической активности первых. Ча-

стицы тонкомолотых минеральных добавок, в большинстве случаев не связывают воду затворения в гидратные фазы, поэтому в цементных системах с тонкомолотыми добавками создаются условия, позволяющие с большей эффективностью использовать суперпластификаторы и снижать водосодержание смесей в отличие от составов с высоким содержанием цемента.

Тонкомолотые наполнители играют важную роль в снижении расслоения при применении высокоподвижных и литых смесей, а также самоуплотняющихся бетонов.

Содержание тонкодисперсных добавок до 5% от массы цемента оказывает наибольшее влияние на дилатансию цементного раствора. Это происходит благодаря большой удельной поверхности и сферической форме частиц. Добавка микрокремнезема с заменой 3% - 12% массы цемента с использованием пластифицирующих добавок различного типа оказывает различное влияние на дилатансию цементной пасты: с использованием суперпластификатора на основе ПК – увеличивает дилатансию, с помощью суперпластификатора НФС или ЛСТ – уменьшает.

Влияние крупности и массового содержания кварцевого песка на перекачивание бетонных смесей. Предел текучести и пластическая вязкость возрастают с увеличением максимального размера частиц. Это объясняется тем, что в обычном бетоне не менее 50% агрегатов по объему находится в форме, которая выдерживает приложенные напряжения без деформации. Повышенная пластическая вязкость частично обусловлена увеличением межчастичного контакта и поверхностной блокировки, о чем свидетельствует тот факт, что для двух бетонов с одинаковым пределом текучести, содержащих округлые и дробленые заполнители, пластическая вязкость последнего выше.

Влияние размера частиц является эффектом площади поверхности в мелкозернистых пастах и простого объемного эффекта в более крупнозернистых.

Новым в практике порошковых бетонов явилось использование мелкого песка

фракции 0,1-0,5мм, что сделало бетон тонкозернистым, самоуплотняющимся и саморастекающимся, в отличие от обычного песчаного.

Мелкоизмельченный кварц, заменяющий до 5% цемента без пластифицирующих добавок незначительно уменьшает предел текучести и вязкость цементной пасты, в то время как большее количество этой добавки не имеет дальнейшего влияния на реологические свойства. С добавкой тонкоизмельченного кварца с размером частиц, подобным размеру частиц цемента наблюдается эффект дилатантности. Наибольшее влияние на дилатансию паст оказывает замена 5% цемента на измельченный кварц.

Влияние температуры на реологические свойства. Влияние температуры на реологические свойства суперпластифицированных растворов или бетонов является очень важным в технологии процесса перекачивания.

Как правило, повышение температуры увеличивает значение напряжения сдвига, и уменьшает значение вязкости.

Очень важным является то, что влияние температуры более значимее для строительных растворов с цементом типа СЕМ I. Тогда как для растворов с СЕМ II и СЕМ III влияние температуры на сопротивление сдвига явно ниже. Для строительных растворов с СЕМ III, значение напряжения сдвига является низким и одинаковым для всех температур, а также не меняется со временем. Одновременно значение вязкости этих растворов относительно велико и сильно зависит от температуры (наибольшее значение имеет значение при 10⁰ С, самое низкое при 30⁰ С).

Диапазон изменений значений напряжения сдвига и вязкости за счет температуры также зависят от В/Ц и дозировки суперпластификатора.

Более того, латексы имеют минимальную температуру образования пленки около 5-12⁰ С в зависимости от типа латекса. Поэтому латекс-модифицированный материал не следует использовать при температурах ниже характерного значения.

Влияние пониженных и отрицательных температур является очень значимым при перекачивании бетонных смесей. Это связано с резким увеличением вязкости раствора и необходимостью повышения В/Ц для достижения заданной подвижности, что при отрицательных температурах является нетехнологичным. Количественная оценка влияния отрицательных температур на реологические свойства цементных систем мало изучена и представляет большой интерес в технологии перекачивания бетонных смесей.

Выводы

1. Основное внимание при перекачивании бетонных смесей уделяется выбору насосного оборудования и технологическим потерям давления, которые зависят, в основном, от геометрических параметров бетоновода и температуры окружающей среды. Однако, при помощи состава смеси можно существенно влиять на параметры ее перекачивания, т.к. реологические и трибологические потери давления зависят от ее состава смеси и ее свойств.

2. Для наиболее эффективного перекачивания и придания смеси более стационарного характера потока наиболее подходящей является гидравлическая система бетононасосов, которая позволяет придать более плавную подачу бетонной смеси, тем самым уменьшить износ механизмов и обеспечить технологический эффект в увеличении дальности подачи бетонной смеси по горизонтали и вертикали.

3. При помощи подбора эффективного состава и его модифицирования химическими и минеральными добавками можно существенно повлиять на дальность перекачивания, учитывая особенности влияния отдельных компонентов бетонной смеси на ее реологические свойства.

4. Исключение крупного заполнителя позволит решить ряд задач, связанных с сегрегацией смеси под давлением, а введение органических и тонкодисперсных минеральных добавок обеспечит однородность смеси при перекачивании и высокие конечные характеристики бетона. Использование порошковых бетонов с высокой по-

движностью для перекачивания на большие расстояния при заполнении длиннопролетных металлических или мостовых конструкций, бетонирования в тоннелях, где ограничено давление нагнетания, может стать единственным решением при реализации этих задач.

5. Состав бетонной смеси должен быть подобран таким образом, чтобы при ее движении в бетоноводе постоянно сохранялся пристенный смазочный слой, зерна заполнителей, если таковые имеются, не соприкасались между собой, а давление передавалось по жидкой фазе. Для выполнения этих требований необходимо, чтобы объем цементного теста превышал объем пустот смеси крупных и мелких заполнителей не менее чем на 40 л/м³.

6. Обеспечить достаточную текучесть для нормальной прокачиваемости путем обеспечения высокого предела текучести и кажущейся вязкости при низкой скорости сдвига, но с низким сопротивлением потоку при высокой скорости сдвига можно путем введения водоудерживающих добавок.

7. При добавлении химически и реологически активных порошков с цементом можно усилить пластифицирующие действия пластификаторов. Добавление минеральных добавок целесообразно лишь в комплексе с поверхностно-активными веществами. Присутствие ПАВ предотвращает агрегацию высокодисперсных частиц наполнителя и обеспечивает стабилизацию его свойств. Минеральные добавки снижают расход вяжущего и обеспечивают повышение плотности бетона и водоудерживающей способности бетонной смеси.

8. Тонкомолотые наполнители играют важную роль в снижении расслоения при применении высокоподвижных и литых смесей, а также самоуплотняющихся бетонов. Использование мелкого песка фракции 0,1-0,5мм позволяет получить тонкозернистый, самоуплотняющийся и саморастекающийся бетоны.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Юхневский, П.И. Влияние химической природы добавок на свойства бетонов. / Юхневский П.И. // Минск: БНТУ, 2013. – 310с.

2. Волков, В.А. Коллоидная химия (поверхностные явления и дисперсные системы) / В.А. Волков. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина. 2001. – 640 с.
3. Дерягин, Б.В. Вода в дисперсных системах / Дерягин Б.В., Овчаренко Ф.Д., Чураев Н.В. // М.: Химия, 1986 – 286с.
4. Баженов, Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Баженов, Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. // Научное издание. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – С. 328-337.
5. Методические рекомендации по производству бетонных работ с применением суперпластификаторов и других эффективных добавок. М., 1980, 60 с.
6. Руководство по укладке бетонных смесей бетононасосными установками М., Стройиздат, 1978, 144 с.
7. Greszczyk, S. / The Influence of Chemical Composition of Cement on the Rheological Properties// Greszczyk S., Kucharska L., Rheology of Fresh Cement and Concrete, Edit by Banfill PFG, 1991 - pp 27-36.
8. Von Berg, W. Influence of specific surface and concentration of solids upon the flow behaviour of cement pastes / Von Berg, W // Mag. Concr. Res., 31, 1979, p.p. 211-216.
9. Dhir, R.K. Proceedings of International Congress Creating with Concrete/ Dhir, R.K.et al. (Eds.)//Dundee, Scotland, UK, 1999.
10. Malhorta, V.M. (Ed.), Proceeding of Sixth CANMET/ Malhorta, V.M. (Ed.), //ACI International Conference on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, Nice, France, 2000.
11. Golaszewski, J. Influence of superplasticizers on rheological behaviour of fresh cement mortars/ Golaszewski, J., Szwabowski J. //Department 165 of Building Processes, Faculty of Civil Engineering, Silesian University of Technology, 44-100 Gliwice, Poland Received 22 August 2002; accepted 28 July 2003.
12. Banfill, P. Rheology of fresh cement and concrete / Banfill, P. // Rheology Reviews 2006, pp 61 - 130.
13. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. / Батраков В.Г. // М., Технопроект. 1998, 768 с.
14. Изотов, В.С. Химические добавки для модификации бетона/ Изотов В.С., Соколова Ю.А // Монография. — М.: Казанский Государственный архитектурно-строительный университет: Издательство «Палеотип», 2006. –30 с.
15. Вовк, А.И. Адсорбция-суперпластификаторов на продуктах гидратации минералов портландцементного клинкера. Закономерности процесса и строение адсорбционных слоев / А.И.Вовк // Коллоидный журнал. - 2000. - Т.62. - №2. - С. 11-169.
16. Poinot, T. Influence of hydroxypropylguars on rheological behavior of cement-based mortars/ Poinot T., Govin A., Grosseau P.// Cement and Concrete Research, Elsevier, 2014, 58, pp.161-168.
17. Edmeades, R. M. Lea's chemistry of cement and concrete/ Edmeades, R. M., Hewlett, P.C.// Arnold, London, (1998) 837-896.
18. Перцев, В.Т. Управление процессами раннего структурообразования бетонов / В.Г.Перцев. - Воронеж: ВГАСУ, 2006. - С.234.
19. Калашников, В.И. Капиллярная усадка высокопрочных реакционно-порошковых бетонов и влияние масштабного фактора / В.И.Калашников // Строительные материалы. - 2010. - №5. - С.52-53.
20. Yijin, L. The effect of fly ash on the fluidity of cement paste, mortar and concrete./ Yijin L., Shiqiong Z., Jian Y., and Yingli G.// International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology, Beijing, China, May 20-21, 2004 C339-345.
21. Allan, M.L. Latex-modified groutes for in-situ stabilization of buried transuranic/mixed waste./ Allan, M.L.// New York., Brookhaven National Laboratory, 1996. – 32с.
22. Зоткин, А.Р. Эффекты от минеральных добавок в бетоне / А.Р. Зоткин //Технология.бетон. - 2007. - №4. - С.10-12.

Довгий В.П. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИСОКОПОДВИЖНИХ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ. Наведено результати досліджень реологічних властивостей високорухливих бетонних сумішей, призначених для перекачування по трубопроводах складного перетину. Розглянуто вплив виду компонентів, їх дисперсності і технологічних факторів на зміну реологічних властивостей бетонних сумішей. Показано, що підвищення перекачування бетонних сумішей можливо шляхом модифікування їх складів і знижуючи-ням їх в'язкості і підвищення растекаемости за рамки класифікації за стандартами. При цьому, зниження в'язкості сумішей повинно супроводжуватися збереженням однорідності.

Ключові слова: бетонна суміш, бетонні трубопроводи, реологія, в'язкість, розтікання, модифікування, хімічні і мінеральні добавки.

Dolgy V.P. INVESTIGATION OF PROPERTIES OF HIGH-CONCRETE CONCRETE MIXTURES

Results of researches of rheological properties of high-mobility concrete mixes intended for pumping through pipelines of complex cross-section are given. The influence of the type of components, their dispersion and technological factors on the change in the rheological properties of concrete mixtures is considered. It is shown that the increase in pumping capacity of concrete mixes is possible by modifying their compositions and reducing their viscosity and increasing spreadability beyond the standards classification. In this case, the decrease in the viscosity of the mixtures should be accompanied by the preservation of uniformity.

Key words: concrete mixture, concrete pipelines, rheology, viscosity, spreadability, modification, chemical and mineral additives.