

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕ СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 628.4

ИБРАГИМОВ ИЛЬДАР АЛЬБЕРТОВИЧ

**Совершенствование технологии возведения монолитных малоэтажных
зданий**

5А340202 – Технология организации строительства

Диссертация

представлена на соискание академической степени магистра

Научный руководитель:
К.т.н., доц. Махаматалиев И. М.

Ташкент - 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	
Глава 1. Современное состояние вопроса технологии возведения монолитных малоэтажных зданий	
1.1. Анализ применяемых материалов и технологии возведения малоэтажных зданий	
1.2. Пути совершенствования возведения монолитных малоэтажных зданий.....	
1.3. Интенсификация технологии возведения малоэтажных зданий из монолитного бетона.....	
Выводы по главе 1.....	
Глава 2. Характеристики исходных материалов и методика исследований	
2.1. Характеристика исходных материалов.....	
2.2. Методика исследований.....	
Выводы по главе 2.....	
Глава 3. Исследование состава и свойств бетонной смеси и бетона с химической добавкой – ускорителем твердения	
3.1. Исследование процесса приготовления бетонной смеси с химической добавкой	
3.2. Оптимизация состава бетона с химической добавкой.....	
3.3. Исследование технологических и технических свойств бетона оптимального состава	
Выводы по главе 3.....	
Глава 4. Разработка интенсивной технологии возведения малоэтажных зданий из монолитного бетона	
4.1. Разработка технологических схем возведения малоэтажных зданий из монолитного бетона	
4.2. Рекомендации по применению интенсивной технологии возведения малоэтажных зданий из монолитного бетона	
Выводы по главе 4.....	
Общие выводы по диссертации	
Список литературы	

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Магистральное направление развития строительства в Узбекистане - интенсификация производства, ресурсосбережение и повышение качества продукции. Решение этой задачи возможно применением интенсивных технологий и отходов производства, в том числе и электроэнергетики.

Возросшие объемы строительства, в особенности одноэтажных жилых домов, необходимость экономии цемента и дефицит керамзита для стеновых материалов требуют использования новых конструктивных решений и индустриальных методов строительства. Механически переносить в практику сельского домостроения (представленного, в основном, домами усадебного типа) способы и приемы крупнопанельного и объемно-блочного городского домостроения не представляется возможным вследствие следующих специфических факторов:

- большой рассредоточенности объектов и их удаленности от крупных индустриальных баз;
- непригодности сельских дорог к перевозке крупногабаритных тяжелых конструкций;
- недоиспользования при одноэтажном строительстве несущей способности типовых сборных железобетонных конструкций, рассчитанных на высокие эксплуатационные и транспортные нагрузки;
- отсутствия у сельских строительных организаций мощных заводов стройиндустрии, механизмов и специализированного транспорта высокой грузоподъемности.

Поэтому оптимальным вариантом строительства сельских домов является возведение их из легкого бетона с использованием в качестве сырья отходов золы- унос тепловых электростанций.

Объект исследования – технология возведения монолитных малоэтажных зданий из легкого бетона в сельской местности.

Предмет исследования - технология, структурообразование и свойства золоцементного бетона.

Цель работы- обоснование возможности интенсификации технологии возведения монолитных малоэтажных зданий в сельской местности применением активированных золоцементных смесей с химическими добавками.

Методологической основой научной работы является полиструктурная теория композиционных строительных материалов.

Научная новизна работы- установлены особенности структурообразования и формирования свойств золобетона интенсивного твердения в зависимости от рецептурно-технологических факторов с применением местной химической добавки - кубовых остатков производства Na-КМЦ (КОН), представляющей собою отход химической промышленности. Получена математическая модель (в виде уравнения второй степени) прочности золобетона от содержания золы-уноса, химической добавки -КОН и продолжительности активации золоцементной смеси в смесителе-активаторе.

Практическое значение работы: - разработаны экономичные по расходу цемента составы золоцементных смесей интенсивного твердения и литьевая технология возведения монолитных стен малоэтажных зданий.

Объем диссертационной работы. Магистерская диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов и списка литературы из 37 наименований, изложена на 80 стр. машинописного текста, включает 8 рис. и 17 таблиц.

ГЛАВА I. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДУЕМОГО ВОПРОСА

1.1. Анализ технологии возведении монолитных малоэтажных зданий и применяемых при строительстве материалов

Известно, что возведение монолитных конструкций зданий осуществляется непосредственно на открытой площадке. При этом особое внимание традиционно уделяется вопросам экономичности составов, технологии приготовления бетонных смесей, их транспортированию, укладке, уплотнению и твердению отформованных конструкций в естественных условиях.

В Узбекистане монолитные конструкции зданий возводят преимущественно циклическим методом с применением переставной опалубки. При бетонировании ограждающих вертикальных конструкций монолитных зданий и сооружений используют, в основном, малоподвижные и подвижные смеси на легких заполнителях, преимущественно на керамзите [27, 35]. Для многоэтажных зданий рекомендуется применять легкий конструктивный бетон В10 и В20.

Приготавливают легкобетонную смесь централизованно, либо используют автобетоносмесительные установки. Подают в бадьях башенным краном, укладывают и уплотняют вибрационным методом с применением глубинных вибраторов. Смесь укладывают в опалубку послойно слоем толщиной 50 см по всему периметру стен. После достижения бетоном распалубочной прочности опалубку демонтируют.

При производстве бетонных работ в условиях сухого жаркого климата

(СЖК) Узбекистана необходимо учитывать как позитивные, так и негативные воздействия окружающей среды [21,24,25,27,33,35].

Для большинства районов Узбекистана дневная летняя температура +35 °С и выше, относительная влажность воздуха менее 50%. При высокой суточной амплитуде колебаний температуры воздуха (до 30 °С) открытые поверхности бетонных конструкций циклически в течение суток нагреваются до +60-70 °С, что отрицательно влияет на все этапы технологии возведения монолитных зданий, ухудшает удобоукладываемость смеси, способствует развитию деструктивных явлений в бетоне, снижает прочность и другие физико-механические свойства.

Положительная сторона СЖК - возможность интенсификации процессов твердения бетона, производства бетонных работ в течение продолжительного периода без специальной тепловой обработки.

Сейсмическая активность территории Узбекистана предъявляет высокие требования к надежности зданий. С точки зрения сейсмостойкости монолитные здания из легкого бетона имеют безусловные преимущества перед другими [24]. Для получения бетонов, обладающих комплексом теплоизоляционных и конструктивных свойств, в мировой практике строительства используют легкие пористые заполнители с малой плотностью. В Узбекистане из различных видов легких заполнителей освоено производство в основном керамзита. Из-за отсутствия кондиционного сырья, его выпускают в малых количествах и с относительно большой средней плотностью (700-800 кг/м³) [27,35]. Попытки улучшить качество пока не дали положительных практических результатов. Значительная пористость легкого заполнителя и, как следствие, его низкая прочность, заметная разница в плотностях связующего и заполнителей обуславливает наличие отрицательных явлений:

- усложнение технологии приготовления смеси;

- водоотделение и расслоение керамзитобетонной смеси;
- быстрое загустевание керамзитобетонной смеси во время транспортировки, в результате отсоса жидкой фазы заполнителем из связующего;
- увеличение продолжительности перемешивания керамзитобетонной смеси, т.к. используемые для приготовления смесители, предназначенные для тяжелого бетона, передают частицам смеси кинетическую энергию, недостаточную для интенсивного перемешивания из-за малой средней плотности керамзита;
- снижение качества бетонной смеси из-за неоднородности распределения в ней компонентов, даже при продолжительном перемешивании (5-7 мин);
- повышенный расход цемента, особенно для получения смесей литой консистенции.

Рекомендации по улучшению составов и свойств керамзитобетона многообразны (использование дисперсных наполнителей, различных ПАВ), но они применимы только при употреблении высококачественного керамзита [9, 12, 14, 34].

В условиях перехода к рыночной экономике и развитию в стране частного предпринимательства, малого и среднего бизнеса, увеличения объемов индивидуального жилья в Узбекистане велика востребованность малоэтажного строительства. Поэтому в настоящее время необходимо продолжить исследования в направлении интенсификации технологии монолитного малоэтажного домостроения с использованием местных сырьевых ресурсов и, прежде всего, отходов различных производств.

Одним из отходов электроэнергетики является зола-уноса ТЭС, эффективность применения которой для получения бетонных смесей подтверждена многочисленными разработками [3,4,11,18,22,23,30,33].

Применение золы-уноса, как наполнителя для бетонных смесей следует

рассматривать с точки зрения полиструктурной теории композиционных строительных материалов [33,34].

В соответствии с современными представлениями о структуре композиционных материалов введение золы в состав цементных систем представляет собой наполнение вяжущего, т.к. с позиций полиструктурной теории позволяет использовать методы расчета оптимального наполнения вяжущего и получать экстремумы прочностных показателей [33].

Следует отметить принципиальное отличие такого подхода. Несмотря на значительное количество работ, посвященных исследованию цементно-зольных систем, зола в них рассматривается или как пуццолановая добавка к вяжущим [3, 4,9, 17, 18], или в качестве замены части цемента в бетонах и растворах [10,22,23]. Весьма подробно изучены химические реакции, протекающие в системе «цемент+зола+вода» в работах [7, 9, 17, 18]. Безусловно, учет химического взаимодействия весьма важен при прогнозировании ожидаемой структуры цементно-зольного композита, но наряду с этим должна быть учтена и роль золы как наполнителя цементной системы, особенно в случае оптимально наполненной или высоконаполненной композиции.

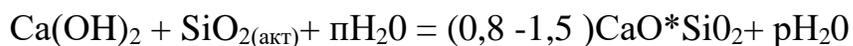
С позиций максимального улучшения физико-технических или эксплуатационных свойств композита наиболее рационально получение оптимально наполненных систем [33], но в ряде случаев с экономической точки зрения значительный интерес представляют высоконаполненные (или переполненные свыше оптимальных значений) структуры. Наполнителями в таких системах служат обычно дешевые и доступные отходы производств, а степень наполнения их ограничивается лишь требуемыми проектными свойствами.

Все отмеченное выше полностью относится и к золам от сжигания твердого топлива, использование которых началось еще в 1935-1937 гг., когда

были установлены их пуццолановые свойства, а широкое внедрение в качестве добавок к цементам и бетонам можно отнести к 60-м годам прошлого века [9,17].

Исследования по использованию золы-уноса в качестве замены части цемента, выполненные отечественными и зарубежными учеными позволили установить не только экономическую эффективность, но и техническую целесообразность. Химическое сродство между минералами, продуктами гидратации и гидролиза цементов и золой-уносом обеспечивает упрочнение и уплотнение структуры золоцементного камня за счет протекания пуццолановой реакции, а также способствует повышению его долговечности.

Теория твердения золоцементных смесей наиболее всесторонне рассмотрена А.В.Волженским [9]. При схватывании и твердении смеси протекают процессы гидратации клинкерной составляющей, а затем образовавшиеся гидраты взаимодействуют с активными кремнеземом SiO_2 и глиноземом Al_2O_3 золы с образованием гидросиликатов пониженной основности с общей формулой СВН(В):



При наличии гипса образуется этtringит $3 * CaO * Al_2O_3 * CaSO_4 (30 - 32)H_2O$, но при дальнейшем твердении он переходит в моносulfатную форму

$3 * CaO * Al_2O_3 * CaSO_4 * 12H_2O$ с выделением гипса. Данная схема протекания реакций, по мнению А.В.Волженского, обеспечивает повышение водостойкости золоцементного камня из-за устранения внутренних напряжений. Сульфатостойкость портландцемента в присутствии активной минеральной добавки золы также повышается из-за связывания свободной извести. В этом случае этtringит практически не образуется, переходя в моносulfатную форму [9] и, кроме того, образуются гидрогранаты типа $3 * CaO * Al_2O_3 * m * SiO_2 * (6 * 1m)H_2O$ и гидратированные солевые комплексы.

Хотя зола и обладает пластифицирующей способностью,

обеспечиваемой за счет сфероидальной формы частиц с гладкой оплавленной поверхностью, относительно водопотребности цементно-зольных смесей до сих пор нет единого мнения.

Большинство исследователей справедливо считают, что добавка золы в цемент вызывает увеличение водопотребности на 3-6 % [4,9,18,22,33]. В.К.Козлова отмечает, что увеличение содержания золы свыше 10 % влечет повышение водовяжущего отношения вследствие преобладания высокой водопотребности золы над ее пластифицирующим действием [17]. В работе [11] для цементно-зольных растворов показано увеличение воды затворения на 5-7 % по сравнению с цементными растворами той же консистенции.

В РЯДЕ исследований доказывается, что введение золы снижает водопотребность и повышает удобоукладываемость растворных и бетонных смесей [3, 7]. АНАЛОГИЧНЫЕ результаты были получены и при строительстве плотин в Англии [7]. Многие исследователи отмечают, что улучшение удобоукладываемости цементно-зольных, бетонных и растворных смесей обеспечивает снижение водопотребности и позволяет компенсировать, тем самым, замедленный рост прочности цементно-зольных бетонов. В работах [11, 12] установлено снижение водопотребности растворов ранней консистенции на 5-10 % при введении 33-133 % золы уноса от массы цемента.

Объяснение этого кажущегося противоречия приведено в работе [23]. Им отмечено, что зола-уноса является тонким порошком с водопотребностью аналогичной цементу, а добавление тонкодисперсных порошков создает впечатление повышенной удобоукладываемости бетонной смеси. Учитывая, что плотность золы в среднем на 30 % ниже плотности цемента, при замене по массе происходит увеличение объема цементно-зольного теста и соответственное повышение удобоукладываемости и связности бетонов и растворов.

Данное положение хорошо подтверждается выводами других ученых [11],

где констатируется, что повышение удобоукладываемости бетонной и растворной смеси при замене золой части цемента происходит, так как зола-уноса играет роль регулятора гранулометрического состава мелкого заполнителя. Следует отметить аналогичный подход и согласно полиструктурной теории композиционных материалов [33,34]. Влияние золы на водопотребность, сроки схватывания и кинетику роста пластической прочности цементного вяжущего изучено также и в работах [9, 10, 11, 17]. Показано, что введение до 10% золы повышает водопотребность на 3-5%, замедляет сроки схватывания цементного теста на 1,5-2 ч и практически не влияет на продолжительность схватывания. Это расходится с мнением М. Венюа [71], считающим, что повышенное содержание золы способно даже и ускорению сроков схватывания цементного теста. Изучение пластограмм позволило тем же авторам [9, 10] сделать вывод о замедлении структурообразования в присутствии золы в течение первых 6-10 ч твердения. Снижение скорости структурообразования в присутствии золы в течение первых 6-10 ч твердения. Снижение скорости структурообразования объясняется эффектом разбавления цемента тонкодисперсной добавкой и слабым влиянием малоактивного минерального наполнителя на кинетику гидратации вяжущего. Аналогичные данные по замедлению начала схватывания на 2 и более часа и конца на 5 и более часов приведены в работе [17]. Эти же авторы для устранения данного недостатка рекомендуют применение добавок-регуляторов сроков схватывания.

К наиболее характерным свойствам зол, непосредственно влияющим на прочностные и эксплуатационные свойства цементно-золяного камня, следует отнести присущую им гидравлическую активность [9]. Японские и американские исследователи отмечают, что пуццолановая активность золы прямо пропорционально зависит от содержания в ней кремнезема, глинозема и оксида железа [7,18]. Волженским А.В. предложено оценивать гидравлическую активность золы по совокупному показателю ($CAO +$

Al_2O_3/SiO_2 [9]. Общеизвестно, что активность каменноугольных зол невелика и с этой точки зрения они как добавки в цементные композиции занимают промежуточное положение между инертными тонкомолотыми добавками (микронаполнителями) и активными минеральными (гидравлическими) добавками. Волженский А.В. назвал это свойство «цементирующей эффективностью» и предлагает, усреднено принимать активность золы равной 0,25 от активности цемента [9]. В результате анализа целой группы различных зол Венюа М. вопреки установившемуся мнению, установлено, что содержание углерода и удельная поверхность зол не могут быть использованы для оценки цементирующей эффективности, которая может быть определена лишь по прочностным показателям [7]. К аналогичным выводам пришли и исследователи стран СНГ. Так, в работе [17] экспериментально доказано, что с увеличением удельной поверхности золы прочность цементно-зольного камня в ранние сроки не только не возрастает, но даже падает, и выравнивание происходит лишь при твердении в течение 2-6 месяцев. Существующее же ошибочное мнение связано, очевидно, с тем, что отрицательно влияющие на прочность несгоревшие частицы топлива накапливаются чаще всего в крупных фракциях золы [18]. Совершенно противоположное мнение приведено в работе [23], где указывается, что остатки несгоревшего топлива содержатся в самых мелких фракциях золы и при содержании до 12 % практически не приносят вреда.

Многие исследователи отмечают тот факт, что золоцементный камень в ранние сроки твердения имеет пониженную прочность, хотя степень гидратации цемента выше, а содержание продуктов гидратации не ниже без зольного портландцемента. Имеется мнение, что замедление набора прочности связано со снижением pH среды при замене более 20 % цемента. Следует отметить, что замедление твердения бетона с золой является существенным недостатком для монолитного бетона естественного

твердения. Имеется и точка зрения [33], согласно которой введение в цемент до 10-15 % золы повышает начальную прочность бетона, что объясняется эффектом тонкодисперсных порошков.

Исследования проведенные в СНГ [4,9, 10, 11] и работы других авторов [3, 7, 18] показали, что замена цемента золой более чем на 10-15 % приводит к снижению прочности на изгиб и сжатие растворов и бетоном в 28-суточном возрасте. М.Венюа [7] приходит к выводу, что замена цемента золой снижает прочность бетоном в 28 суток на величину, пропорциональную массе золы в %.

По данным [22] портландцемент с добавкой 20 % золы обладает повышенной прочностью, а в работе [10] приведены рекомендации по замене до 30 % цемента в обычных бетонах и до 50 % в гидротехнических без ухудшения их прочностных и эксплуатационных свойств. Некоторые исследователи также отмечают, что даже при введении до 40 % золы прочность бетона в 3-х месячном возрасте снижается не более 10 %.

По другим данным, предельно допустимое количество золы-уноса, введенной в бетон взамен цемента, составляет до 20-25 % [9, 11, 17, 23, 30]. М Кокубу в результате анализа значительного количества исследований приходит к выводу, что при содержании золы-уноса свыше 20 % прочность цементно-зольных систем ощутимо снижается [18]. Большинство авторов сходятся во мнении, что прочностные свойства золобетона зависят от состава и свойств золы и предельное количество вводимой золы должно определяться каждый раз прочностными испытаниями для конкретных условий. Тепловыделение цементно-зольного камня в процессе гидратации снижается пропорционально содержанию золы [9, 17], причем дисперсность которой почти не влияет на величину тепловыделения.

Болгарские исследователи [3] указывают на повышение плотности и водонепроницаемости бетона при замене 20 % цемента золой. Однако имеется и

противоположное мнение [33, 34], что введение золы увеличивает общую пористость бетона за счет возрастания ее капиллярной составляющей. Увеличение капиллярной пористости приводит к ухудшению технических и эксплуатационных свойств бетона, поэтому в работе [17] предлагается оптимизировать расход золы по дифференциальной кривой пористости бетона. М. Венюа также отмечает повышение капиллярного водопоглощения на 10-20 % на каждые 10 % золы [7]. Снижение долговечности бетона с золой установлено в работах [11, 18], но большинство исследователей отмечают улучшение структуры, технических и эксплуатационных свойств бетона при введении оптимальных количеств золы [3,4,9,10,33,34].

В работах, специально посвященных исследованию поровой структуры золоцементного камня [9, 17], установлено превращение больших пор в мелкие и уменьшение микротрещин. Большие поры заполняются продуктами химической реакции между кремнеземом пуццолана и известью, что обеспечивает повышение плотности камня. Этот процесс, в свою очередь, ведет к снижению проницаемости цементного камня при введении золы, но при этом процесс выдерживания до испытания должен удлиняться. В работе [9] отмечено, что процесс заполнения крупных пор завершается к 1 году.

Многие исследователи отмечают повышение сульфатостойкости цемента при добавке золы [9, 11, 17,18, 22, 33, 34], повышение прочности при сжатии, изгибе и растяжении, снижение экзотермии, повышение водонепроницаемости в поздние сроки твердения, уменьшение усадки и трещинообразования. Так, по данным [22] портландцемент с 20 % золы обладает пониженной усадкой и теплотой гидратации, более морозостоек и устойчив к воздействию агрессивных сред по сравнению с беззолым цементом. В работах [3,23], напротив, прямо указано на пониженную морозостойкость цемента с золой. По мнению М. Венюа [7], при введении до 20 % золы морозостойкость цементно-золного камня снижается на величину, соответствующую повышенной

водопотребности. Снижение усадки золоцементного камня этим же автором объясняется тем фактом, что цементы содержат 0,1 -1,5 % растворимых щелочей Na_2OH которые повышают усадку, зола адсорбирует эти щелочи, образуя устойчивые и нерастворимые силикаты. Относительно сульфатостойкости цемента с золой имеются данные, свидетельствующие о повышении сульфатостойкости пропорционально вводимому количеству золы, и лишь при очень высоком (70-90 %)*содержании золы сульфатостойкость начинает понижаться [9].

Имеются данные [17] о том, что добавка золы способствует повышению карбонизации бетона, в результате чего происходит коррозия арматуры. Связывание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в карбонатную фазу увеличивает разложение высокоосновных гидросиликатов кальция с переходом их в менее основные, обладающие большей водорастворимостью. Этот процесс, по мнению Р. Ковача, может вызвать разрушение цементного камня в позднем возрасте. Более обоснованы, по-видимому, данные десятилетних испытаний, проводимые М. Кокубу и Д.Ямада [18]. Их исследования показали, что глубина карбонизации бетона обратно пропорциональна его прочности, поэтому при соблюдении общих требований к изготовлению железобетонных конструкций использование золы-уноса, с точки зрения карбонизации, не вызывает никаких опасений. В работе [33] указано, что коррозия арматуры в золоцементных бетонах начинается лишь при недостатке цемента, в связи с чем ТУ 21-31 -45-82 рекомендуют расход цемента не менее 200 кг/м^3 .

Авторы работы [4] отмечают, что при замене цемента золой увеличивается ползучесть бетона и связывает это с замедлением роста прочности. В случае же сравнения равнопрочных образцов величины ползучести практически не меняются. Однако имеются данные о снижении деформаций ползучести [22].

В части получения равнопрочных образцов необходимо отметить также

данные работы [33], согласно которым для сохранения прочностных показателей бетона при замене части цемента расход золы должен назначаться несколько большим заменяемой части цемента, вплоть до замены золой значительной части мелкого заполнителя.

В связи с усиливающимся дефицитом на качественные инертные материалы появились данные о замене заполнителей для бетона золой уноса. Частичная замена мелкого заполнителя золой как технически обоснованная необходимость установлена в работе [10,11]. Для легких бетонов рекомендуется введение золы взамен мелкого заполнителя [4,9], что позволяет снизить плотность легкого бетона на 200-250 кг/м³, увеличить термосопротивление бетона, улучшить формуемость бетонной смеси. А.В.Волженским с сотрудниками рекомендованы различные составы золопесчаных бетонов без крупного заполнителя [9], аналогичные бетоны широко применяются в Болгарии [3]. Значительная замена золой-унос заполнителей в тяжелом бетоне рассмотрена также в работах [22,33]. Составы без заполнителей в оптимальной дозировке Ц/З = 1:9-1:8 и прочностью 4-6 МПа широко применяются в Англии при устройстве дорожных оснований, в энергетическом строительстве для цементации оснований и конструкций [7]. Мелкие частицы золы улучшают условия перекачки и нагнетания золоцементных растворов, уменьшая оседание частиц и давая возможность такому раствору проникать в мелкие пустоты, которые не могут быть заполнены цементно-песчаным раствором. Сферическая форма золы и остеклованная поверхность, обеспечивающая лучшую подвижность, способствует заполнению пор и улучшению структуры, поэтому цементно-зольные растворы литой консистенции с успехом применяются при ремонте каменных и железобетонных конструкций. Работами ВНИИГ им.Веденева (Россия) также доказана высокая эффективность цементно-зольных растворов при замене до 60 % цемента золой при обеспечении отличных физико-

механических и эксплуатационных свойств. В работах Баранова А.Т. и Бужевича Г.А. как один из видов легкого бетона рассматриваются золобетоны составов Ц:З = 1:2,5...5, обладающие удовлетворительными прочностными характеристиками [4].

На основе опубликованных данных исследований [4,9,10,11,33,17,18,22, 23] ряда ученых можно утверждать, что введение золы-уноса до 15-20 % увеличивает прочность цементно-зольных бетоном при тепло влажностной обработке, а при 30 % прочность после распалубки практически не отличается от прочности без зольных образцов.

Резюмируя изложенное можно заключить, что приведенные многочислен-ные данные исследований по использованию золы в составе цементно-зольных систем не лишены противоречий, что связано, очевидно, о различиемхимических, Гранулометрических и минералогических составов зол и трудно сопоставимыми методами и условиями исследований. В настоящее время использование золы в качестве заменителя части цемента хотя и представляет наибольший интерес по сравнению с другими отходами, но ограничивается дозировкой 15- 20 % из-за недостаточной гидравлической активности.

В связи с этим необходимо отметить следующее. Вся существующая нор-мативная документация [30] предусматривает использование лишь золы-уноса ТЭС сухого отбора, хотя большинство электростанций оборудовано системой гидрозолоудаления. Широкое использование отвальных зол гидроудаления сдерживается из-за их низкой активности, устранить этот недостаток можно диспергированием и активацией золы [33, 34]. Наиболее простым, эффективным и рациональным способом улучшения свойств золоцементного материала является модификация его эффективными поверхностно-активными добавками [5,12,24,29,33,34].

Проблема использования химических добавок для модификации

различных бетонов является многоплановой. В настоящее время насчитывается более четырехсот различных добавок, неорганических и органических, простых и сложных, определенного или переменного состава [5,12].

Наиболее распространенной и общепризнанной является классификация добавок по П.А.Ребиндеру. В первую группу включены органические поверхностно-активные вещества гидрофильного типа - пластификаторы, во вторую - ПАВ гидрофобизирующего типа и воздухововлекающие, третью группу составляют неорганические электролиты, являющиеся ускорителями твердения.

В результате анализа значительного количества литературных источников установлена неоднозначность данных по применению добавок ПАВ в золоцементных системах. Однако сделать некоторые выводы все же представляется возможным. Весьма положительное влияние на свойства золобетонных смесей оказывают добавки поверхностно-активных веществ [9,12,33,34]. Так, введение СДБ позволяет уменьшить водопотребность на 5-16 л/м³ при сохранении литой консистенции смеси [9] повысить прочность на 5-10 %, снизить усадку и деформативность до уровня беззольного бетона [12]. Имеются также данные о снижении общей пористости и уменьшении размеров пор золобетона при введении лигносульфонатов [17, 33], а также о значительном снижении ползучести [10]. Введение воздухововлекающих добавок типа СДО в легкие золобетоны также обеспечивает получение изделий с требуемой морозостойкостью [4,28,33].

Применение в качестве добавки смачивателей «ОП-7» и «Л» позволило повысить гидравлическую активность целого ряда каменноугольных и бурогоугольных зол, увеличить контракционный объем и степень пуццоланизации цементно-зольных растворов, а также степень гидратации цемента на 25 %. Пористость при этом сдвигается в сторону меньших

размеров, что улучшает гидрофизические свойства и морозостойкость растворов на 1,5 марки.

Влияние различных ПАВ на свойства золоцементного раствора рассмотрено в работах [9, 17], где получены иные результаты. Отмечено, что введение добавок СДБ, ОП-7 и алкилбензосульфоната, хотя и обеспечило довольно значительное снижение расхода воды затворения, но почти не сказалось на прочности, и лишь введение ПАВ в комплексе с ускорителями твердения NaOH и NH₄Cl способствовало росту прочности на 15-20 %. Этими же авторами установлена целесообразность введения ПАВ с негашеной известью и гипсом [9].

Особенно высокий эффект достигается при введении в бетоны с золой суперпластификаторов [5,12]. Например, добавки С-3 и «Дофен» в количестве 1,5-2 % от массы цемента снижают водовяжущее отношение на 0,1 и повышают прочность и морозостойкость на 30-40 % [5]. Введение суперпластификатора на основе легкого газойля [12] позволило обеспечить консервацию удобоукладываемости золобетонной смеси, повысить прочность и сульфатостойкость, как в нормальных условиях твердения, так и после ТВО, снизить карбонизацию за счет уменьшения проницаемости бетона. Однако специалистами США [12] установлено, что эффективность применения суперпластификаторов снижается с увеличением содержания в растворе золы-унос более 40 %. Кроме того, введение СП в золоцементные растворы снижает воздухововлечение.

Широкое применение добавок технических лигносульфонатов типа СДБ выявило целый ряд присущих им недостатков, основным среди которых является замедление темпов твердения бетона за счет торможения реакций гидратации цемента [133, 34], что приводит к недобору прочности бетона в возрасте 28 суток на 15-20%. Выравнивание прочности, по мнению ряда исследователей, происходит в возрасте 90-180 суток [9], что является

существенным недостатком для золобетона. Кроме того, добавка СДБ как отход производства и отдельные ее партии характеризуются неоднородностью состава.

Технические лигносульфонаты (ТЛС) — водорастворимые сульфопроизводные лигносульфонового комплекса и по химическому строению близки к соединениям типа $C_nH_{2n+1}C_6H_4-A$, где A - полярная группа, включающая группы CO_2SO_4 с высокой активностью [33]. Влияние лигносульфонатов на свойства цементных бетонов рассматривалось во многих работах зарубежных [9,28] и местных [12] ученых.

Действие добавок лигносульфонатов состоит в образовании на поверхности цементных частиц коллоидно-адсорбционных слоев сульфолигнатов (солей лигносульфоновых кислот), покрывающих полностью или частично поверхность цементных зерен. Адсорбционные слои сульфолигнатов, будучи весьма гидрофильными, удерживают вблизи поверхности цементных частиц значительное количество молекул воды, связанной с поверхностью непосредственно молекулярными силами и заключенной в адсорбционном слое между молекулами сульфолигнатов. Возникающие таким образом сульфолигнатные слои обеспечивают гидродинамическую смазку между частицами и стабилизацию зерен цемента, что и является основной причиной пластификации цементных композиций. Вместе с тем, адсорбционные слои несколько затрудняют доступ воды к минералам цемента и оказывают замедляющее действие на процессы химического взаимодействия между цементом и водой и, следовательно, на процессы твердения в целом.

В начальные сроки твердения у цементов с СДБ наблюдается некоторое снижение прочности по сравнению с контрольными образцами, но в результате более мелкодисперсной кристаллизации и дополнительной пептизации происходит интенсивное нарастание прочности в поздние сроки твердения [12]. Существенным обстоятельством, увеличивающим прочность в

более поздние сроки твердения, является пониженная водопотребность цемента [9, 17] и перекристаллизация гидроалюмината кальция [9].

Попыткой усиления пластифицирующих свойств ЛСТ является разделение их на фракции с различной молекулярной массой. Известно, что выпускаемые промышленностью концентраты СДБ представляют собой полимеры с молекулярной массой от нескольких сотен до сотен тысяч единиц, причем отрицательное влияние на процессы гидратации цемента оказывают, в основном, высокомолекулярные фракции (ВМФ) [12].

В последние годы установлена возможность применения лигносульфонатов в повышенных дозировках за счет модификации СДБ путем очистки от компонентов, замедляющих процессы гидратации цемента, Эффект действия таких добавок аналогичен эффекту действия суперпластификаторов.

Широко известными методами, направленными на ослабление замедляющего эффекта СДБ путем осаждения ВМФ гидроокисью кальция, хлористым кальцием, электролитами, портландцементом [28]. Устранение избыточного воздухововлечения и усиление пластифицирующего эффекта лигносульфонатов осуществляется введением в их состав различных модифицирующих реагентов, в качестве которых рекомендовано [28] применение солей сильных кислот - сульфата натрия (СН), нитрата натрия (НН₁), нитрата кальция (НК), нитрита натрия (РР), нитрит нитрата кальция (ННК). Добавки ЛСТМ, предотвращающие коагуляцию цементных частиц, почти не блокируют процессы гидратации [12].

При использовании в качестве реагентов состава на основе полиоксипропиленгликолевых эфиров *n*-бутилового спирта разработана добавка НИЛ-21 [5]. Введение добавки в количестве 0,6 % увеличивает подвижность бетонной смеси на 14-15 см, а при равно подвижных составах обеспечивает экономию 10-12 % цемента и увеличивает морозостойкость на 2 марки.

В работе [5] в качестве адсорбентов для СДБ применены различные

неорганические вещества в количестве 3-10 % от СДБ, в [17] рекомендуется обработка лигносульфонатов сильным окислителем. Предложена также модификация СДБ фосфогипсом, представляющим собой отходы производства фосфорной кислоты. Введение этой добавки, получившей название Л-1, снижает водопотребность бетонной смеси на 15-20 %, в 1,5 раза увеличивает плотность бетона, что обеспечивает экономию 15-20 % цемента. В статье [5] приведены данные по влиянию суперпластификаторов на основе лигносульфонатов П-20 и НИЛ-10 на свойства бетонов в условиях сухого жаркого климата. При введении добавок в количестве 0,3- 0,4 % от массы цемента водопотери из бетона снизились на 20-25 %, прочность возросла на 10-20 %, водонепроницаемость увеличилась в 3-4, морозостойкость - в 1,5-2 раза по сравнению с контрольными образцами без добавки.

Результаты исследования [27] показали, что введением в ЛСТ компонентов, регулирующих воздухоовлечение, удается получить эффективные добавки, не прибегая при этом к воздействию на фракционный состав лигносульфонатов, ЦНИИЭП сельстроем совместно с МХТИ (Россия) разработан метод совершенствования свойств ЛСТ путем химической модификации формальдегидом. В результате химического взаимодействия изменяются физико-химические и улучшаются технические свойства лигносульфонатов. Дозировку ЛСТМ можно повысить до 0,4-0,5% против 0,15 % для СДБ, т.е. активность добавки по отношению к цементу повышается, а чувствительность к дозировке снижается. В Киев ЗНИИЭП (Украина) разработаны модифицированные лигносульфоновые комплексы М-1, М-4, МЛК-1, МЛК- 2 за счет термообработки ЛСТ гидрооксидами кальция и натрия [5]. При введении оптимальной дозировки добавки (0,4-0,8 %) подвижность бетонной смеси возрастает на 13 - 16 см, прочность - на 20-24 %. Экономия цемента составляет 12-16 %, морозостойкость возрастает в 1,5-2, коррозионная стойкость - в 1,5-1,7 раза.

Хотя созданию ЛСТМ посвящены труды многих ученых, проблема высокоэффективных пластификаторов на основе ЛСТ не решена и является одним из важных направлений исследований по добавкам к бетону. Учитывая существенные результаты, полученные при модификации ЛСТ карбонатами, сульфатами и щелочными компонентами, эффективным модификаторов могут стать некоторые промышленные отходы, содержащие именно эти вещества, например, содосульфатный сплав.

К числу наиболее перспективных добавок, разработке которых в последние годы уделяется большое внимание, относятся различные феноло- и формальдегид содержащие продукты [33 и др.]. Это - полимерные смолы фенольного типа различных составов и фенолоспирта, сульфированный многоатомный фенол «Rolen- tol», моно- и полиалкилфенолы, полимер фенол, фенолформальдегидные смолы, а также различные модификации формальдегидных смол. Значительный интерес к добавкам такого типа объясняется высокой активностью и полифункциональностью реакционноспособных групп добавок.

Аналогичные исследования проводились также в ТаШИИТе совместно с МИИТ и КНИИХП НПО «Карболит» (Россия), в результате чего разработаны высокоэффективные добавки для бетонной смеси АЦФ-ЗМ-65 [29] и ФЕСМАЛ [33]. Аценотоформальдегидная смола АЦФ-ЗМ-65 представляет собой продукт конденсации ацетона с формальдегидом. Наличие активных гидро- и карбоксильных групп предопределяет положительное влияние добавки на свойства бетона - формуемость улучшается в 2-3 раза, снижение водопотребности - 10-15 %, прирост прочности на сжатие - 15-25 % и растяжение - 25- 40 %, снижение деформативности - на 30-35 %. Водонепроницаемость и морозостойкость бетона с добавкой АЦФ увеличивается в 1,5-2 раза [33].

В отличие от АЦФ добавка ФЕСМАЛ изготавливается на базе крупнотон-

нажных отходов производства и представляет собой фенолоформальдегидную смолу, модифицированную капролактамом. Влияние ФЕСМАЛ на свойства бетона аналогично АЦФ при более высоком разжижающем эффекте [33].

Все анализированные выше химические добавки являются импортными, либо содержат дефицитные и дорогостоящие компоненты и поэтому не нашли практического использования в Узбекистане. Одной из главных задач в развитии экономики Узбекистана является замена импортного сырья местными материалами и локализация производств. Исходя из этого, для решения задачи интенсификации технологии возведения монолитных зданий, следует изыскивать средства и способы, основанные на применении местных сырьевых ресурсов, в том числе отходом различных производств. С этих позиций ниже рассмотрены пути интенсификации технологии возведения монолитных малоэтажных зданий.

1.2. Пути совершенствования технологии возведения монолитных зданий

Прогресс в области возведения зданий из монолитного бетона, несмотря на большие потенциальные возможности метода, сдерживается невысоким организационным и техническим уровнем строительства. В результате срок возведения зданий и сооружений в монолитных конструкциях в ряде случаев на 15-20 % больше, чем при полносборном варианте, а трудоемкость возрастает в 1,5-2,0 раза.

Поэтому правительство Узбекистана в последние годы, привлекая иностранные фирмы, вынуждено тратить значительные валютные средства на строительство в г.Ташкенте таких уникальных объектов, как «Центр межбанковских услуг», комплекс зданий Национального банка Узбекистана, отеля «Шератон», «Интерконтиненталь» и др. Решение проблемы повышения эффективности монолитного домостроения может быть обеспечено

индустриализацией метода, включая разработку проектных решений, обеспечение спецоборудованием, комплекс организационных и технологических переделов. При этом можно с уверенностью предположить, что объемы и область применения монолитного бетона в Республике Узбекистан будут неизменно расширяться. Для интенсификации развития монолитного домостроения необходимо:

- создать специализированные строительные организации по возведению монолитных зданий и сооружений;
- освоить производство индустриальных, ресурсоэкономных, многократно оборачиваемых опалубочных систем;
- организовать выпуск эффективных химических добавок, в том числе суперпластификаторов, в необходимых количествах;
- создать предприятия по производству эффективных смесителей для приготовления бетонных смесей и установок для механизированного их транспортирования;
- увеличить производство эффективных лёгких пористых заполнителей, в том числе мелких, и минеральных наполнителей - заменителей цемента;
- организовать обучение, подготовку квалифицированных специалистов, в первую очередь, линейного персонала и бригадиров.

Особое место в решение данной проблемы должно отводиться обеспечению строительных организаций эффективными средствами механизации доставки, распределения и укладки бетонных смесей - этих весьма трудоемких технологических переделов. К таким средствам относятся турбулентные смесители-активаторы; автобетоновозы, автобетононасосы, автоматизированные бетоносмесительные установки [1,24].

Внедрение средств механизации может обеспечить снижение трудоемкости бетонных работ на 35-40 % и повышение производительности труда в 1,5-2 раза. Благодаря внедрению в ряде стран СНГ бетононасосов,

ленточных бетоноукладчиков, будет с порционной выдачей бетонной смеси объемы бетонных и железобетонных работ, выполняемых вручную, уменьшились на 15-20 % [24]. Значительные резервы снижения трудовых затрат имеются в процессах внутри объектной транспортировки, распределения и укладки бетонной смеси в опалубку. Наиболее рациональным технологическим решением является трубопроводный транспорт. Крановая подача бетонной смеси в бадьях экономически оправдана лишь при малой интенсивности бетонных работ. В связи с эффективностью применения в строительстве монолитных зданий легкобетонных смесей важной задачей является разработка механизированного их транспортирования.

Монолитное домостроение является сложным и специфическим методом строительства. Технология возведения монолитных зданий предусматривает выполнение следующих работ: подготовительные процессы, приготовление бетонной смеси и ее транспортирование; устройство опалубки, укладка и уплотнение; выдерживание бетона и распалубка конструкций [2,14,32]. Основными направлениями совершенствования технологии возведения монолитных зданий, в том числе и малоэтажных, признаны следующие:

- интенсификация и ресурсосбережение, повышение производительности труда и качества;
- разработка технологии транспортирования бетонных смесей различного вида и консистенции механизированными установками и средствами;
- разработки эффективных комплектованных опалубочных систем на основе линейных размеров монолитных конструкций;
- интенсификации процессов укладки и уплотнения различных бетонных смесей;
- разработка эффективных способов ускорения твердения бетона, обеспечивающих высокие темпы строительства и качество бетона при малых энергозатратах, в том числе путем использования тепла солнечной радиации.

1.3 Пути интенсификации возведения монолитных малоэтажных зданий

Первоочередная задача современного строительства – это создание и внедрение интенсивных технологий. Такие технологии должны обеспечивать резкое сокращение продолжительности отдельных операций и процессов в целом, повышение производительности труда, существенную экономию материальных, энергетических и трудовых ресурсов при одновременном повышении качества строительных работ [1, 33, 34]. Применительно к технологии возведения монолитных зданий значительные резервы интенсификации остаются неиспользованными в процессах приготовления смесей, их транспортировке, укладке и твердения. Анализ выполненный из литературных данных позволил определить основные направления интенсификации возведения малоэтажных монолитных зданий и процессов [1,33,34]:

- применение литых смесей;
- использование высоконаполненных цементных составов;
- скоростное перемешивание компонентов;
- перекачивание смесей к месту бетонирования конструкций бетононасосными установками;
- ускорение твердения свежеложенного бетона.

Применение литых бетонных смесей позволяет перекачивать их бетононасосными установками и обеспечивает укладку в опалубку при бетонировании монолитных конструкций безвибрационным методом. Это ускоряет процесс бетонирования монолитных конструкций и экономит энергоресурсы [24].

Литые бетонные смеси можно получать следующие способами:

- повышением на 15-20 % расхода цемента и соответствующего количества

ВОДЫ;

- использованием суперпластифицирующих добавок (СП);
- применением дисперсных заменителей цемента, в том числе отходов производств и электроэнергетики в комплексе с химическими модификаторами и скоростным перемешиванием.

Первый способ малоэффективен из-за повышенного расхода цемента, особенно, для керамзитобетонных смесей. В последних расход цемента может достигать 600 кг/м^3 и более. Второй способ предполагает использование СП, которых в Республике Узбекистан не производится и которые в основном импортируются из за рубежа.

Для строительства монолитных зданий наиболее применяемым является третий способ получения литых бетонных смесей, особенно с применением минеральных наполнителей. Экспериментально определены оптимальные дисперсность и содержание таких минеральных наполнителей как: молотый кварцевый песок, гранит, диорит, порфир, известняк, вулканический шлак, глины, барханные пески, апатит, керамзитовые и цементные пыли, зола-уноса, порошкообразный кремнезем. Доказано, что введение оптимального количества минерального наполнителя взамен части цемента позволяет повысить морозостойкость, трещиностойкость, прочность на растяжение при изгибе, плотность, снижает усадочные деформации и водопроницаемость материала. Уменьшение содержания клинкерной составляющей за счет введения минеральных наполнителей не оказывает влияния на степень пассивации арматуры в бетоне [9,12,17,18,22,23,27,33,34].

Однако применение большинства наполнителей требует дополнительной специальной обработки: сушку и измельчение. Более доступным для практического использования наполнителем является зола-уноса. Вопрос разработки составов наполненных цементных смесей с повышенным содержанием золы-уноса и интенсивного твердения остается еще до конца не

исчерпанным. Недостаточно исследованы местные добавки - ускорители твердения цементно-зольных смесей, режимы скоростного перемешивания и выдерживания монолитных конструкций.

Как уже было отмечено ранее, перекачивание керамзитобетонных смесей бетононасосными установками затруднено из-за повышенной их расслаиваемости. В этом смысле высоконаполненные золоцементные смеси без крупного заполнителя имеют преимущества перед керамзитобетонными и легко перекачиваются обычными растворонасосами. Учитывая малую гидравлическую активность золы-уноса и необходимость возможно большего ее содержания в смеси, возникает целесообразность активации таких смесей.

В литературе приведены различные способы активации цементных, растворных и бетонных смесей с целью снижения расхода вяжущего и улучшения их свойств [1,3,6, 13,16,26,31,33,34].

Известные способы активации, хотя и позволяют улучшить реологические и физико-механические свойства бетонных смесей и бетона и снизить расход цемента, но вызывают в одних случаях увеличение энергозатрат, при ухудшении условий труда (сухой домол, мокрый домол, виброактивация и виброперемешивание), а в других - разработку, изготовление и установку дополнительного оборудования (ВНВ, акустическая активация, магнитная обработка воды).

Одним из универсальных и не требующих значительных затрат технологических приемов активации смесей и снижения расхода цемента является применение отдельной технологии (ИРТ) приготовления бетонных смесей, предусматривающей использование скоростных смесителей-активаторов [1, 33, 34]. Особого внимания заслуживают разработанные принудительные смесители-активаторы турбулентного типа, в том числе и конструкции предложенные проф. Адылходжаевым А.И. (ТашИИТ). Конструктивно просто выполненные, они состоят из бака и вращающегося в

центре у днища на вертикальном валу, ротора. Скорость вращения ротора от 300 до 1500 об/мин. Турбулентный смеситель воздействует на перемешиваемую смесь также как рабочее колесо центробежного насоса. Загруженные в смеситель вода, вяжущее и наполнитель перемешиваются ротором. При вращении он отбрасывает смесь лопатками к стенкам корпуса, и под воздействием собственной массы она опускается на ротор. При перемешивании в турбулентном смесителе частицам смеси сообщаются высокие скорости и сложные траектории движения. В результате столкновения частиц и при частых ударах о ротор цемента и наполнителя повышается степень смачивания, что обеспечивает равномерность распределения воды, приводящую к физическому и химическому диспергированию, сдиранию экранирующих гидросульфоалюминатных пленок с клинкерных частиц с обнажением новых активных центров поверхности. В результате достигается ускорение и повышение гидратации цемента, а также прочности наполненного цементного материала [1, 33, 34]. Активированная смесь имеет повышенную однородность и водоудерживающую способность, а также лучшую удобоукладываемость. Однако, учитывая повышенное содержание золы-унос активации цементной смеси для интенсификации твердения, может быть недостаточно и возникнет необходимость применения добавок-ускорителей.

Дни интенсификации процесс бетонирования монолитных конструкций и сокращения сроком их распалубки рекомендовано использовать химические добавки ускорители твердения .

В зависимости от минералогического состава цементного клинкера, тонкости помола цемента и условий твердения бетона, оптимальное содержание количества дисперсного полуводного гипса колеблется в пределах 5-8 %. В начальные сроки 'твердения бетона с высокопрочным гипсом результаты получаются выше, чем с обычным полуводным. Образующиеся при добавке гипса кристаллы гидро-сульфоалюмината кальция обуславливают

быстрое нарастание прочности бетона и начальные сроки твердения [9, 211].
Дополнительная добавка гипса в количестве 3 % обеспечивает в односуточном возрасте увеличение прочности бетона в 2-4 раза в зависимости от качества добавки [21].

Химические ускорители твердения цемента интенсифицируют процессы его взаимодействия с водой. Повышается растворимость в воде затвердения минералов цементного клинкера. Значительно ускоряются обменные реакции. В процессе гидратации силикатов и алюминатов кальция образуется их насыщенный раствор, происходит химическое диспергирование цементных частиц с их поверхности. При этом значительно увеличивается удельная поверхность частиц цемента. Образовавшиеся продукты гидролиза и гидратации в кристаллической и коллоидной форме начинают коагулировать и уплотняться [12,28].

Наиболее эффективными ускорителями твердения являются хлористые и сернокислые соли кальция и натрия. К ним относятся: хлорид кальция $CaCl_2$ нитрат кальция $Ca(NO_3)_2$ смесь нитрита кальция $Ca(NO_2)_2$ и нитрата кальция $Ca(NO_3)_2$ - НК; ИХК продукт, получаемый смешением НК с хлоридом кальция; хлорид натрия $NaCl$ сульфат натрия Na_2SO_4 , нитрит натрия $NaNO_2$, углекислый натрий сода (Na_2CO_3) калий углекислый - поташ (K_2CO_3) и другие. Дозировка добавок от 0,5-1,5 до 10 %. Однако, эти целевые химические продукты ДЕФИЦИТНЫ, дороги и не производятся в Узбекистане.

Анализ литературных данных показал, что на Наманганском химическом комбинате имеется много тоннажный отход, названный авторами : кубовые остатки производства $NaKMnO_4$ (КОН) [19]. Кубовые остатки (КОН) образуется в результате выпаривания жидких отходов технологических стадий производства $NaKMnO_4$ - КЖН. Отход КОН представляет собой вещество белого цвета и является смесью сернокислого натрия, углекислого натрия и хлористого натрия. Иначе говоря, он содержит в своем составе химические

ускорители твердения и является комплексной добавкой. В цементных смесях с повышенным содержанием золы такая добавка в качестве ускорителя твердения не изучалась. Поэтому целесообразно провести исследования по изучению влияния такой добавки на свойства цементно-золы смеси как стенового материала для возведения монолитных малоэтажных зданий.

Таким образом, интенсификация технологии возведения монолитных малоэтажных зданий возможна при использовании литых цементных смесей с повышенным содержанием золы-уноса, скоростного перемешивания, ускорителей твердения (гипса, КОН) и пневмотранспорта.

1.4. Цель работы и задачи исследований

Рабочая гипотеза. Интенсификация технологии возведения монолитных малоэтажных зданий возможна при условии применения литых цементных смесей с повышенным содержанием золы-уноса, местных добавок ускорителей твердения и укладки смеси при помощи пневмотранспорта.

Литые цементные смеси с повышенным содержанием золы-уноса и введением местной добавки - ускорителя твердения, а также режимы скоростного перемешивания таких смесей недостаточно изучены. На основании изложенного, целью работы явилась разработка интенсивной технологии возведения монолитных малоэтажных зданий путем применения литых цементных смесей с повышенным содержанием золы-уноса, добавок местных ускорителей твердения приготовленной в скоростном смесителе турбулентного типа.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи исследований:

- разработать режимы приготовления литой цементной смеси с повышенным содержанием золы-уноса и добавки ускорителя твердения- КОН;
- оптимизировать состав литой цементной смеси с повышенным содержанием золы-уноса и добавки ускорителя твердения - КОН;

- исследовать технологические и физико-механические свойства оптимизированного состава литой золоцементной смеси;
- разработать предложения по интенсификации технологии возведения монолитных малоэтажных зданий.

Выводы по главе 1

1. Анализ существующей технологии и применяемых материалов при возведении монолитных малоэтажных зданий показал, что резервы интенсификации строительства имеются на стадиях выбора составов цементных смесей, приготовления, транспортирования, укладки и твердения.

2. Выявлено, что одним из эффективных путей интенсификации технологии возведения монолитных малоэтажных зданий может быть применение литых цементных смесей с повышенным содержанием золы-уноса, местной добавки ускорителя твердения -КОН, являющейся отходом химического производства, активация смеси в турбулентном смесителе.

3. На основании литературных данных установлено, что в качестве интенсификаторов твердения цементно-зольной смеси, возможно, использование гипса и добавки ускорителя твердения КОН, представляющего собой смесь сернистого, углекислого и хлористого натрия.

ГЛАВА II. ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Характеристика исходных материалов

Для получения стенового материала монолитных малоэтажных зданий применяли портландцемент Ахангранского цементного комбината, золу-унос Ново-Ангренской ГРЭС, воду и добавку- Кубовые остатки (КОН) образующиеся в результате выпаривания жидких отходов технологических стадий производства NaKMЦ- КЖН.

По данным завода-производителя Портландцемент имеет следующий химический и минералогический состав, %:

СаО- 65,0; SiO₂- 22,11; Al₂O₃- 4,92; Fe₂O₃ - 4,28; MgO— 1,70; SO₃— 0,40; щелочи — 0,63; п.п.п. — 0,72; H₂O— 0,24. Содержание клинкерных минералов цемента, %: C₃S- 57,0; C₂S-19,0; C₃A- 6,0; C₄AF-14,0.

Результаты физико-механических испытаний портландцемента приведены в табл 2.1

Таблица 2.1

Результаты физико-механических испытаний портландцемента

Физико-механические показатели	Ед. Изм.	Стандартные Требования	Фактические показатели
Насыпная плотность	кг/м ³	-	1230
Нормальная густота цементного теста	%		26,0
Тонкость помола -проход через сито № 008	%	не менее	85.0
Сроки схватывания Начало Конец	Час- мин.	не ранее 45 мин не позже 10 ч	1 ч10 мин 8 ч 30 мин

Предел прочности через 28 сут. твердения в нормальных условиях: - при сжатии - при изгибе	МПа		
		не менее 39,2 не менее 5,4	41,2 6,3

В качестве минерального наполнителя техногенного происхождения в исследованиях использовали золу-уноса Новоангреновской ТЭС, отвечающий требованиям ГОСТ 25818-83 «Зола-унос тепловых электростанций для бетона». Химический состав золы-уноса Новоангреновской ТЭС приведен в табл. 2.2, физические характеристики – в табл.2.3, а фракционный состав – в табл. 2.4

Таблица 2.2

Химический состав золы-уноса Новоангреновской ТЭС

Вид золы	Содержание, % по массе										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	n.n.n.
Зола-уноса	9,7	9,1	0,5	1,5	3,6	1,4	-	0,9	1,4	0,2	1,2

Таблица 2.3

Физические характеристики золы-уноса Новоангреновской ТЭС

Вид золы	Истинная плотность, г\см ³	Объёмная масса, кг\м ³	Удельная поверхность, см ² \г	Водопоглощение, %	Активность по поглощению извести, мг\ч	Модуль активности	Модуль основности
Зола-уноса	2,12	1150	3000	54	25	0,38	0,22

Таблица 2.4

Фракционный состав золы-уноса Новоангреной ТЭС

Вид золы	Содержание, % по массе							
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	св.80
Зола-уноса	1,9	3,5	11,3	20,4	32,5	18,6	8,1	3,7

По модулю активности $M_a = Al_2O_3/SiO_3$ зола-уноса Новоангреной ТЭС классифицируется как низкоактивная. По модулю основности $M_o = (CaO + MgO) / (SiO_2 + Al_2O_3)$ зола-уноса Новоангреной ТЭС относится по классификации А.В.Волженского к сверхкислым.

В экспериментальных исследованиях также была использована: местная химическая добавка – КОН (КЖН) (ТУ 6-05-351-7-82).

Кубовая жидкость (КЖН) является отходом процесса экстракции при получении Na-КМЦ (натрий-карбоксиметилцеллюлозы). Представляет собой жидкость светло-желтого цвета, состоящую из смеси солей электролитов. Путем выпаривания КЖН получаю также твёрдый продукт под названием КОН, химический состав которого приведен в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Химический состав пластифицирующей добавки КОН(КЖН)

№ п.п.	С о с т а в	Содержание, % по массе
1	Хлорид натрия	45-60
2	Глюконат натрия	35-50
3	Карбонат натрия	4-15
4	Вода	5

2.2. Принятые методы исследований

Определение сроков схватывания ненаполненного и наполненного цементного теста производили при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ на приборе Вика по стандартной методике. Удельную поверхность цемента и базальтового наполнителя определяли на приборе ПСХ-4 методом воздухопроницаемости (метод В.В. Товарова).

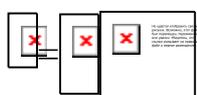
Вязкость цементных смесей определяли на ротационном вискозиметре «RHEOTEST-2» с вращающимся рифленным внутренним ($z_{\text{в}}=16$ мм) и неподвижным ($z_{\text{в}}=18$ мм) цилиндрами. Скорость вращения цилиндра изменяли в пределах 3-145 с. Вязкость определяли при установившемся режиме течения при выдерживании образцов в нормальных условиях.

Кинетику структурообразования цементного теста в пределах сроков схватывания определяли на коническом пластометре Ребиндера.

Морозостойкость бетона определена по стандартной методике. Переменное замораживание и оттаивание образцов производили при температуре $t = 17^\circ\text{C}$ по циклу (4+4ч). Испытание образцов на морозостойкость выполняли в морозильной камере ПЛКА 300/100 фирмы «NEMA».

Методику обработки экспериментальных данных и математического моделирования свойств наполненного вяжущего и бетонов принимали по литературным источникам.

Исследование влияния рецептурно-технологических факторов на физико-технические свойства наполненного вяжущего, растворов и бетонов проводилось по результатам испытаний серий образцов. Для каждого вида измерений, в зависимости от его погрешности, определялось требуемое их количество. При этом среднее значение $\bar{Y}_{u/v}$, полученное после измерений, рассчитывали по формуле [29]:



(2.1)

Дисперсию, характеризующую рассеяние в серии измерений определяли

по формуле [29]:

$$S^2_{u/w} = \frac{1}{m-1} * \sum_{w=1}^m \left(\bar{Y}_{u/w} - Y_{u/w} \right)^2 \quad (2.2)$$

Оценка аномальности отдельных результатов испытаний на прочность (R_i) осуществлялась сравнением величины T_i с критическим значением T_k [69, 70], где:

$$T_i = \frac{|R_i - \bar{R}|}{S_{u/w}} \quad (2.3)$$

Если величина T_i превышала T_k , то результат испытания исключался из последующих расчетов.

В качестве характеристик фактической однородности в серии испытаний использовали среднее квадратичное отклонение $S_{u/v}$ и коэффициент вариации V , которые определялись по формулам [29]:

$$S_{u/w} = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{w=1}^m (\bar{Y}_{u/w} - Y_{u/w})^2} \quad (2.4)$$

$$V = \frac{S_{u/w}}{\bar{Y}_{u/w}} \quad (2.5)$$

Воспроизводимость опытов оценивали после серии из n дублирующих параллельных опытов с m измерениями в каждом. Среднее по воспроизводимости $\bar{Y}_{u/v}$ рассчитывали по формулам:

$$\bar{Y}_{u/vw} = \frac{1}{mn} \sum_{v=1}^n \sum_{w=1}^m Y_{uvw} ; \quad (2.6)$$

$$S^2_{u/v} = \frac{1}{n-1} \sum_{v=1}^n (\bar{Y}_{u/vw} - \bar{Y}_{u/v})^2 \quad (2.7)$$

Оценка дисперсии воспроизводимости и проверка равнозначности полученных данных выполнена по критерию Кохрена для 50% точек, в которых производились повторные испытания. Фактически значение критерия Кохрена (G), определяемое по формуле:

$$G = (S^2_{uv/w})_{\max} / \sum_{v=1}^n S^2_{uv/w} \quad (2.8)$$

сравнивалось с теоретическим (G).

Заключение о равнозначности измерений и испытаний выполнялось по правилу: если $G < G_{\text{таб}}$, то при заданном уровне значимости ($\alpha=0,05$) гипотеза об однородности ряда дисперсий допускается как правдоподобная.

Математическое моделирование прочности наполненного бетона производили с целью оптимизации его состава. Для описания прочности бетона в любой точке области эксперимента использовали полиномальные модели второго порядка с тремя переменными факторами [29]:

$$Y(x) = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_{11} X_1^2 + a_{22} X_2^2 + a_{33} X_3^2 + a_{12} X_1 X_2 + a_{13} X_1 X_3 + a_{23} X_2 X_3 + a_{123} X_1 X_2 X_3 \quad (2.9)$$

где, $Y(x)$ -параметр оптимизации;

X_1, X_2, X_3 -переменные параметры;

$a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{23}, a_{123}$ - коэффициенты уравнения регрессии.

Для постановки эксперимента был выбран план B^3 , отличающийся минимальным числом опытов, простотой вычисления коэффициентов уравнения и независимостью их определения и оценивания. Схема организации экспериментов предусматривала проведение $m=3$ дублирующих измерений параметра выхода в 3 точках факторного пространства.

При регрессионном анализе проверялись статические гипотезы, об однородности дисперсий проводились, по критерию Кохрена при числе степеней свободы $f_1=m-1$ и $f_2=N$, а также уровнем значимости 2.

$$G = S^2 \max / \sum_{u=1}^n S^2_u \quad (2.10)$$

ГЛАВА III. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ БЕТОННОЙ СМЕСИ И БЕТОНА С ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКОЙ-УСКОРТИТЕЛЕМ ТВЕРДЕНИЯ

3.1. Исследование процесса приготовления бетонной смеси с химической добавкой

Физико-технические свойства стенового материала в значительной степени зависят от режимов приготовления золоцементной смеси. Поэтому нами было исследовано влияние технологических параметров: времени перемешивания и последовательности загрузки компонентов.

При проведении экспериментов изготавливали образцы-кубы размером 7,07x7,07x7,07 см из золоцементной смеси с водоцементным отношением 0,32 при содержании золы-унос 85 % от общей массы смеси. Дозировку добавки-порошка ускорителя твердения КОН приняли 1,5% от массы вяжущего. Время перемешивания изменяли от 30 до 120 с. с интервалом 30 с. при приготовлении смеси в смесителе-активаторе и от 2 до 4 мин - при приготовлении в обычном смесителе. Исходная подвижность смеси при этом составляла 12-14 см. Рациональное время перемешивания определяли по прочности при сжатии в возрасте 1 и 28 суток нормального твердения. Результаты исследований приведены в табл.3.1.

Таблица 3.1.

Влияние способа и времени перемешивания на прочность золоцементного камня

Способ	Время перемешивания, сек	Прочность при сжатии, МПа в возрасте, сут			
		Без добавки		С добавкой	
		1	28	1	28
Традиционный	120	0,7	7,0	0,9	7,4
	240	0,8	7,3	1,2	7,6
	360	0,85	7,6	1,3	7,9
Скорост	30	0,8	7,7	1,2	8,9

ной	60	0,9	7,9	1,5	9,1
	90	0,95	8,0	1,65	9,3
	120	1,00	8,2	1,7	9,4

Результаты исследований (табл.3.1) показывают, что добавка КОН ускоряет твердение золоцементной смеси в зависимости от способа и времени перемешивания на 80-90 % в суточном возрасте. Более предпочтительным является приготовление смеси в турбулентном смесителе-активаторе. Рациональной продолжительностью перемешивания следует считать 60 с. В 28-ми суточном возрасте за счет активации смеси прочность золоцементного камня повышается на 8-20 % соответственно для смесей без и с добавкой КОН.

Влияние последовательности загрузки компонентов смеси изучали на двух схемах. По первой схеме в работающий смеситель-активатор последовательно подавались вода + добавка КОН+ цемент + зола-унос; по второй - вода + добавка КОН + зола- унос + цемент. Полученные данные приведены в табл.3.2.

Таблица 3.2.

Влияние последовательности загрузки компонентов в смеситель на свойства золоцементного камня

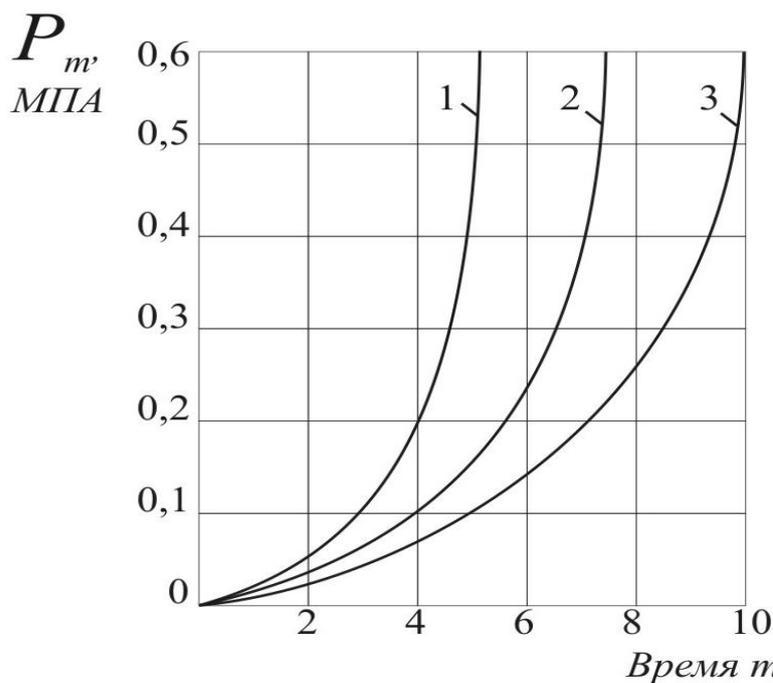
Схема загрузки компонентов	Прочность при сжатии, МПа через ...	
	1 сутки	28 суток
Первая схема	1,5	9,2
Вторая схема	1,5	8,3

Из полученных данных следует, что последовательность загрузки компонентов смеси влияет на прочность материала. При первой схеме загрузки компонентов в смеситель прочность при сжатии золоцементного камня на 10-14 % выше, чем при второй схеме. Это, видимо, связано с тем,

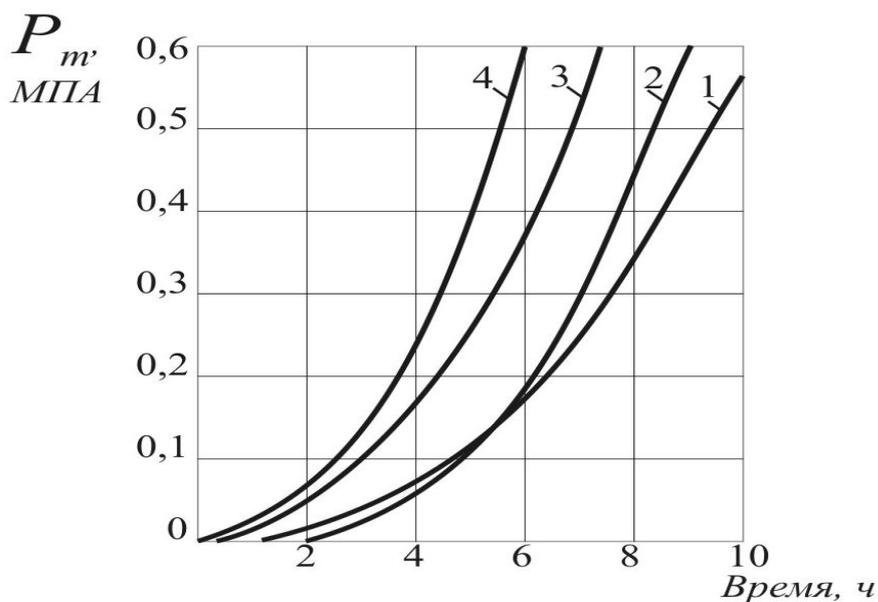
что при второй схеме загрузки вода затворения адсорбируется на активной поверхности золы-уноса, тем самым уменьшается количество жидкой фазы, необходимое для первоначальной диспергации и гидратации зерен цемента. При первой же схеме загрузки компонентов в смеситель вода адсорбируется на диспергированных частицах цемента, зола-уноса физически связывает лишь оставшуюся часть воды, так называемую «свободную воду». Это ведет к уменьшению, вероятно, капиллярной пористости, увеличению плотности и прочности золоцементного камня. Кроме того, не скомпенсированные активные центры поверхности золы-уноса могут оказывать влияние на процессы структурообразования цементоводных суспензий за счет взаимодействия с новообразованиями и частицами цемента.

Ускорение твердения золоцементной смеси при введении добавки КОН и активации в турбулентном смесителе подтверждаются и данными изменения пластической прочности. Исследования показали, что при введении золы в количестве 75, 80 и 85 % процесс твердения замедляется (рис.3.1). Активация смеси несколько ускоряет процесс твердения. Введение добавки КОН (1,5 %) и активация золоцементной смеси в скоростном смесителе значительно интенсифицируют процесс твердения. Это объясняется повышенной активностью цемента и золы-уноса в присутствии добавки КОН (рис.3.2). При перемешивании цемента и золы-уноса с водой формируется золоцементная композиция на уровне микроструктуры.

Прочностные свойства затвердевшего смешенного вяжущего определяются явлениями, протекающими в контактной зоне твердой и жидкой фаз, и зависят от количества наполнителя и физикохимической активности поверхности частиц композита.



1,2,3-степень наполнения золой композиции 0.70.85%



1-без добавок; 2-с добавкой СП;

3,4-тоже при турбулентн перемешивании

Рис. 3.2. Пластическая прочность активизированной композиции при 80%- М наполнении

Влияние степени наполнения золоцементной композиции на ее прочность при сжатии иллюстрируется на рис.3.3. Экстремальный характер кривой объясняется с позиций полиструктурной теории композиционных

материалов академика В.И.Соломатова. Экстремум прочности наблюдается в области наполнения вяжущего 25-30 %. Прочность при сжатии золоцементного камня в этой области наполнения превышает прочность чисто цементных образцов на 10-13 %. При дальнейшем наполнении вяжущего наблюдается снижение прочности золоцементного камня. Однако в области наполнения вяжущего 70-85 % достигается прочность золоцементной композиции соответствующая классу стенового материала по прочности равной В7,5-В12,5. Введение 1,5 % добавки КОН показывает прочность золоцементной композиции на 20 % выше по сравнению с контрольным за счет снижения водопотребности смеси. Добавка КОН в количестве 1,5 % снижает водопотребность золоцементной композиции в этой области наполнения на 3,5-6 пунктов (ТАБЛ.3.3).

Таблица 3.3

Водопотребность литой золоцементной композиции с и без добавки КОН

Содержание золы-уноса в составе вяжущего, %	Водопотребность золоцементной смеси, %	
	Без добавки	С добавкой КОН- 0,5%
70	38,0	32,5
80	39,0	35,5
90	39,5	36,0

Вероятно, добавка КОН оказывает пластифицирующее действие на смешенное вяжущее. Для всего интервала степени наполнения золоцементной смеси получены данные и об изменении прочности на изгиб (рис.3.4). При наполнении вяжущего 20-30 % золой-уноса наблюдается рост $R_{сж}$ на 10-15 %. При введении добавки КОН 1,5% $R_{сж}$ золоцементного камня увеличивается на 20-23 %.

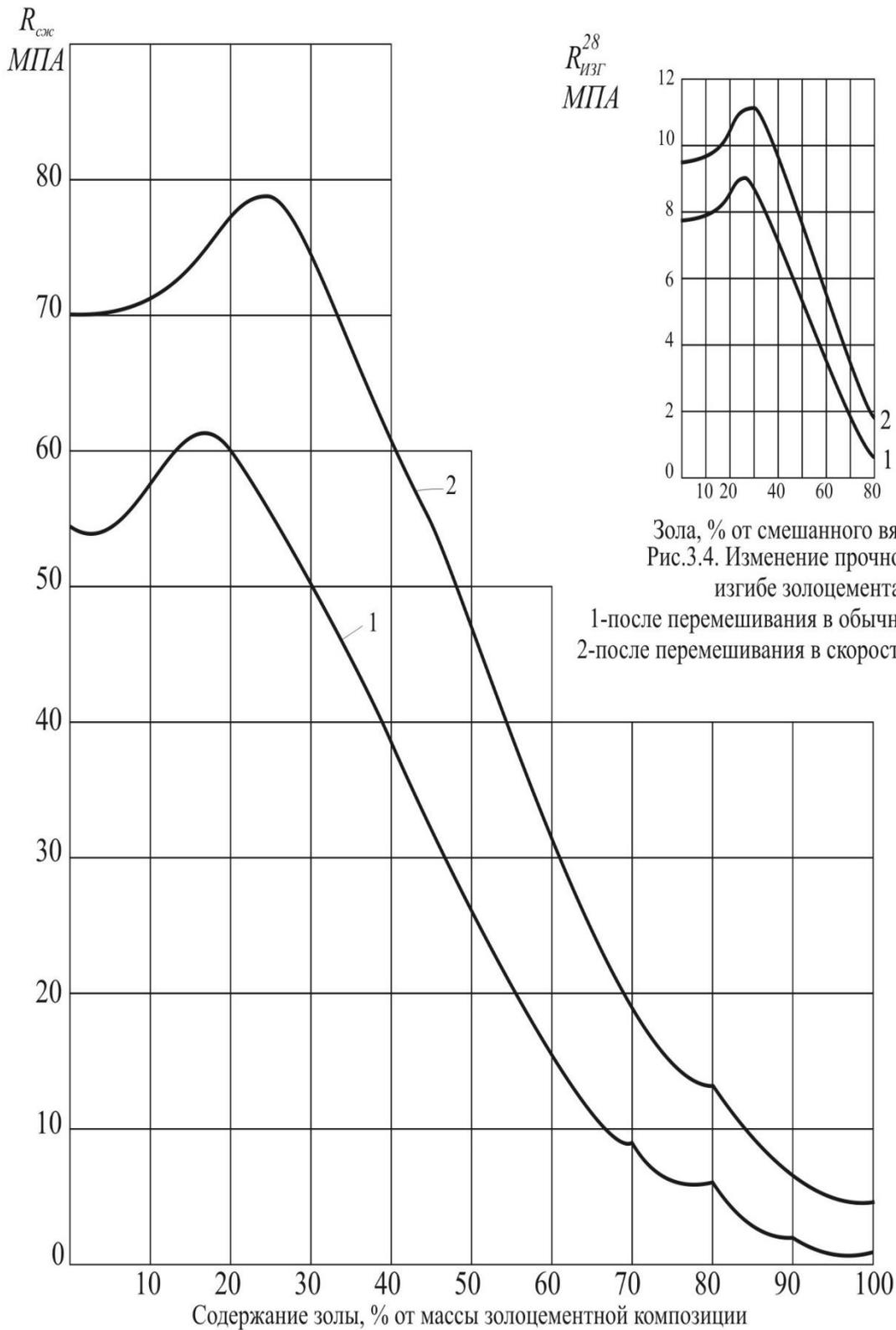


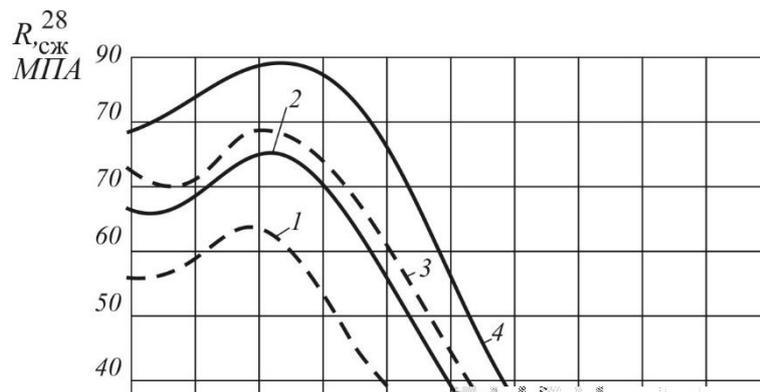
Рис. 3.3. Прочность золоцементной композиции на изгиб и сжатие в возрасте 28 суток
1-без добавки; 2-с добавкой СП.

Приготовление золоцементной смеси в турбулентном смесителе-активаторе позволило направленно влиять на прочностные характеристики золоцементного камня.

Возрастание активности системы подтверждается исследованиями по изучению кинетики набора прочности золоцементного камня (рис 3.5). Активация золоцементной смеси без добавки позволяет получить стеновой материал при 30% содержании золы, а с добавкой КОН 1,5 % при 40 %. Прочность механически активированной золоцементной смеси с 80 % содержанием золы-уноса и добавкой КОН -1,5 % достигает 18,3-19,5 МПа, что с учетом статистической неоднородности смеси позволяет получить легкий стеновой материал с классом по прочности до В15. На рис.3.5 приведены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния турбулентного перемешивания на прочность золоцементной композиции.

С точки зрения механического воздействия, процесс активации может быть объяснен следующим образом []. При турбулентном перемешивании возникают значительные скоростные градиенты в смеси, снижается её вязкость и улучшаются тиксотропные свойства, а также повышается дисперсность системы. При соударениях частиц с их поверхности сдвигается инертная плёнка. Процесс диспергирования обеспечивает свободный доступ воды к частицам золы-уноса и цемента, что увеличивает количество гидратных новообразований и более глубокое протекание процессов гидратации.

Добавка КОН, как ускоритель твердения, интенсифицирует процесс взаимодействия цемента с водой, повышает растворимость частиц цемента и их диспергирование.



3.2. Оптимизация состава бетона с химической добавкой

Оптимизацию состава золоцементной смеси с добавкой-ускорителем твердения КОН производили методом математического планирования эксперимента. В качестве оптимизируемой величины приняты прочность при сжатии в 1-суточном возрасте $R_{сж}^1$ (или y).

Варьируемыми факторами являлись:

X_1 - отношение зола-цемент;

X_2 - содержание добавки КОН, % от массы смешанного вяжущего;

X_3 - продолжительность активации смеси в скоростном смесителе, с.

Исходные данные для проведения планированного эксперимента приведены в табл.3.4.

Таблица 3.4

Исходные данные планированного эксперимента

Исходные данные	Значения переменных факторов		
	X ₁	X ₂	X ₃
Центр эксперимента x _{0i}	4,5	1,5	60
Интервал варьирования Δx _i ,	1,5	1,0	30
Верхний уровень (x, = +1)	6,0	2,5	90
Нижний уровень (x, = -1)	3,0	0,5	30
Звездная точка +a = +1,215	6,3	2,7	96
Звездная точка -a = -1,215	2,7	0,3	24

Согласно матрицы ортогонального полного факторного эксперимента 2³ были выполнены запланированные эксперименты.

Каждый опыт имел три параллельных определения. Результаты определения прочности у для каждого из пятнадцати экспериментов и средние величины прочности приведены в табл.3.5.

Таблица 3.5

Результаты реализации запланированных экспериментов

X ₁	X ₂	X ₃	Среднее значение R ¹ _{сж} , МПа
3,0	0,5	90	2,5
6,0	0,5	30	0,3
3,0	2,5	30	2,9
6,0	2,5	90	1,7
3,0	0,5	30	2,0
6,0	0,5	90	0,8

3,0	2,5	90	3,4
6,0	2,5	30	1,2
2,7	1,5	60	3,8
6,3	1,5	60	1,4
4,5	0,3	60	1,2
4,5	2,7	60	2,2
4,5	1,5	24	1,4
4,5	1,5	96	1,9
4,5	1,5	60	2,0

Математическая модель прочности золоцементной смеси имеет следующий общий вид:

$$R^1_{сж} = a_0 - a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_1^2 - a_5X_2^2 - a_6X_3^2.$$

Все коэффициенты этого полинома определялись и оценивались независимо друг от друга. После вычисления значений коэффициентов уравнения и оценки их значимости по t-критерию получено следующее уравнение, адекватно описывающее прочность золоцементной смеси в возрасте 1 сутки:

$$R^1_{сж} = 2,06 - 0,89X_1 + 0,44 X_2 + 0,24 X_3 + 0,34 X_1^2 - 0,26X_2^2 - 0,29 X_3^2.$$

Технологический анализ полученной математической модели производили графоаналитическим методом. Для этого были построены графические зависимости прочности золоцементной смеси в возрасте 1 сутки от варьируемых технологических факторов (рис.3.6).

Технологический анализ позволяет сделать следующие выводы:

- в рассматриваемой области наиболее значимым фактором, влияющим на

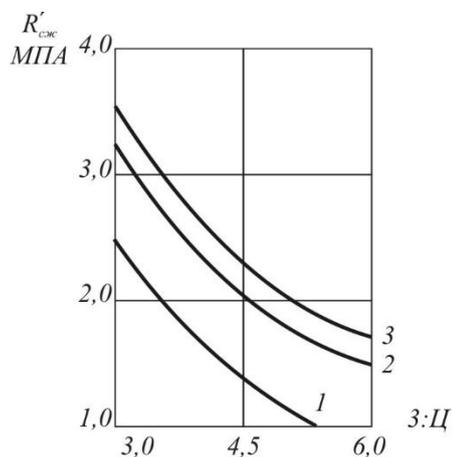
прочность золоцементной смеси, является фактор X_1 - отношение зола-цемент, так как коэффициенты при X_1 (-0,89) и X_1^2 (+0,34) оказались наибольшими по абсолютной величине. С увеличением отношения зола-цемент прочность смеси снижается и за пределами рассматриваемой области, однако менее интенсивно, чем в интервале 3,0 - 4,5. По характеру кривой (рис.3.6) можно выявить значение золоцементного отношения с наиболее оптимальной структурой, которая совпадает с точкой перехода кривой одной крутизны в другую. Таким отношением З:Ц является 4,5 (или 82:18); вторым по значимости фактором является X_2 - содержание добавки КОН. Для получения золоцементной смеси с наиболее высокой прочностью добавку следует вводить в оптимальном количестве. Оптимальным значением содержания добавки КОН является - 2,0 % от массы смешанного вяжущего. Данное значение выявлено путем исследования уравнения математической модели на экстремум от переменной X_2 .

Менее всего значим фактор X_3 - продолжительность активации золоцементной смеси, о чем говорят коэффициенты при X_3 (+0,24) и X_3^2 (-0,29). Однако при оптимальной продолжительности активации золоцементной смеси можно достигнуть значительного прочностного эффекта. Для вычисления оптимального значения продолжительности активации также исследовали уравнение математической модели на экстремум от переменной X_3 . Оптимальным оказалось продолжительность активации равное 70 с.

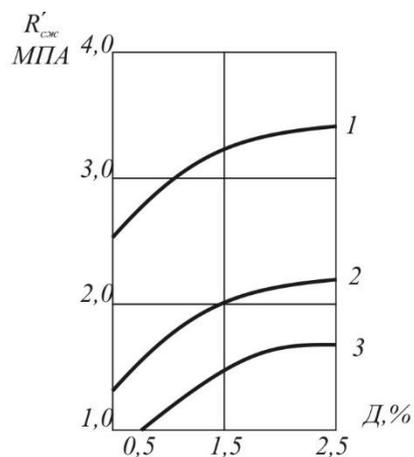
3. 3. Исследование технологических и технических свойств бетона оптимального состава

При применении золоцементных композиций наиболее важными характеристиками являются его класс по прочности на сжатие и плотность. Основные составы и характеристики золоцементных композиций приведены в табл.3.6. Следует отметить, что расход цемента в золоцементных композициях во всех случаях ниже расхода цемента для легких керамзитобетонов с аналогичной прочностью и, кроме того, позволяет

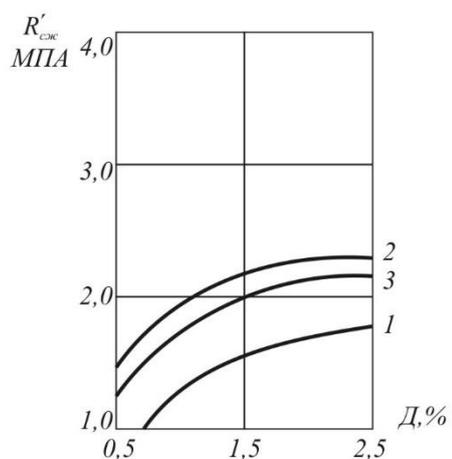
обходиться без дефицитных керамзитового заполнителя и песка.



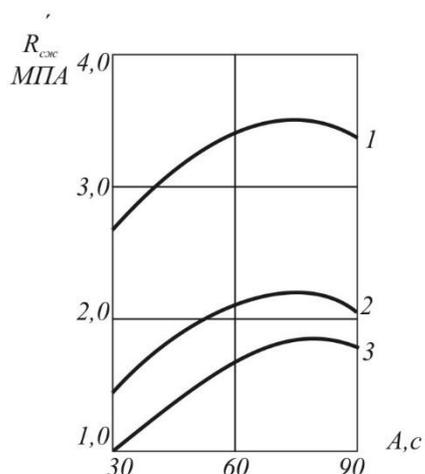
1,2,3-при золоцементном отношении 3,0; 4,5; 6,0 соответственно
а) от отношения зола-цемент



1,2,3-при содержании добавки 0,5; 1,5; 2,5% соответственно
б) от содержания добавки



1,2,3-при золоцементном отношении 3,0; 4,5; 6,0 соответственно
в) от содержания добавки



1,2,3-при продолжительности активации 30,60,90 с соответственно
г) от продолжительности активации

Рис.3.6. Графические зависимости прочности золоцементной смеси от варьируемых технологических параметров.

Таблица. 3.6

Составы литых высоконаполненных золоцементных композиций

Класс	ОК, см	Соот Ноше НиеЗ: Ц	Расход материалов На 1 м ³ , кг			Дози Ров ка КОН , %	В/Т	Плот Ность, КГ/м ³	Проч Ность При Сжа тии, МПа	Коэф Фици ЕНТ Вари ации
			Ц	З	В					
V7,5	12- 14	85:15	190	106 0	475	1,5	0,38	1316	9,1	20,3
V10	12- 14	80:20	240	960	441	1,5	0,37	1360	11,8	17,6
V12,5	12- 14	75:25	305	915	430	1,5	0,36	1410	14,5	16,3

Плотность золоцементной композиции вполне сопоставима с плотностью легких бетонов, хотя и несколько превышает ее. Рост прочности прямо пропорционален увеличению плотности бетона, а при скоростном перемешивании резко возрастает. Коэффициент вариации партионной прочности снижается с ростом прочности. Наибольший разброс прочности наблюдается для образцов с наименьшим содержанием цемента (15 %) и достигает 20-22 %.

В нормальных условиях твердения в возрасте до 3 суток зола в составе золоцементной композиции без добавки оказывает замедляющее действие на рост прочности, от 7 до 28 суток. Проявляется пуццолановый эффект, с течением времени играющий все большую роль. Рост механической прочности происходит в течение длительного времени. В связи с этим изучена кинетика твердения золоцементных композиций. Изменение прочности образцов на сжатие и при изгибе приведено в табл.3.7.

Таблица 3.7

Кинетика набора прочности при сжатии золоцементных композиций

Класс бетона	Прочность при сжатии (МПа) в возрасте, сут			
	3	7	28	90
Без добавки				
В7,5	1,3	2,6	7,4	10,8
В10	1,8	3,7	10,3	14,4
В 12,5	2,9	5,8	12,7	17,6
С добавкой				
В7,5	23	4,7	9,1	14,4
В10	3,4	6,3	11,8	17,7
1В 12,5	5,5	9,2	14,5	21,0

Анализ данных табл.3.7 показывает, что если в 3-х сут. возрасте прочность золоцементных образцов без добавки в зависимости от класса составляет 18-23 % от 28-ми суточной, то с добавкой и активацией 25-38%. Основной период нарастания прочности для составов без добавки составляет 38-46 %, а с добавкой - 44-58 %. По абсолютному значению разница в показателях прочности составляет 19-33 % в зависимости от класса композиции.

Таблица 3.8

Кинетика набора прочности при изгибе золоцементных композиций

Класс бетона	Прочность при сжатии (МПа) в возрасте, сут			
	3	7	28	90
Без добавки				
В7,5	0,2	0,6	0,9	1,9
В10	0,4	0,8	1,2	2,1
В 12,5	0,6	1,0	1,8	2,7
С добавкой				
В7,5	0,5	1,2	1,8	2,9
В10	0,9	1,6	2,1	3,3
В 12,5	1,4	1,9	2,9	4,4

По результатам исследований, приведенных в табл.3.8 установлено, что характер изменения прочности при изгибе аналогичен росту прочности при сжатии. Прочность при изгибе золоцементных композиций в возрасте 28 сут. для образцов без добавки составляет 12-15 %, а с добавкой и активацией 20-23 %. Если прочность при изгибе для составов без добавки в 3-х суточном возрасте составляет 22-33 % от 28-ми суточного, то для образцов с добавкой - 28-41 %. При этом разница показателей между составами с добавкой и без нее составляет более двух раз, что свидетельствует об интенсифицирующем добавке КОН и активации смеси. К 90 суточному возрасту прочности при сжатии композиции повышается дополнительно на 52-61%.

В процессе исследований также изучена кинетика роста прочности образцов золоцементных композиций твердевших в летнее жаркое время в естественных условиях. Для этого после расформовки образцов их помещали на открытом воздухе. Часть образцов укрывали полиэтиленовой пленкой. После 3, 7, 28 и 90 сут. выдерживания их испытывали и результаты сравнивали с показателями образцов нормального твердения. Данные табл.3.9 показывают, что под влиянием жаркого климата дополнительно интенсифицируется процесс твердения золоцементных композиций и ускоряется рост прочности, причем более заметно для образцов, укрытых полиэтиленовой пленкой.

Таблица 3.9

Кинетика набора прочности при сжатии золоцементных композиций

Класс бетона	Прочность при сжатии (МПа) в возрасте, сут			
	3	7	28	90
С добавкой, укрытые "полиэтиленовой пленкой"				
В7,5	4,3	8,2	10,4	15,6
В10	5,9	1,6	12,3	18,4
В 12,5	8,8	13,2	15,6	2,34

С добавкой, безухода				
В7,5	2,2	6,5	7,8	11,7
В10	3,1	9,1	10,5	15,7
В 12,5	5,0	10,4	12,6	18,9

При температуре окружающего воздуха 35-40°С прочность образцов за 3 сут. твердения достигает 41-66% от 28-ми сут. для укрытых полиэтиленовой пленкой и 34-48% - без ухода. Это объясняется благоприятным эффектом твердения под водонепроницаемой пленкой и сохранением влажности. При твердении образцов без ухода, часть влаги испаряется и это ухудшает условия для роста прочности золоцемента. Вместе с тем, следует отметить, что прочность золоцементных образцов, твердевших без ухода, все же выше, чем нормального твердения. Вероятно, это объясняется тем, что частицы золы имеют высокую пористость и они адсорбируют влагу, которая сохраняется более длительное время в структуре композиции и в процессе твердения используется для гидратации частиц цемента. В 7-ми суточном возрасте прочность образцов с уходом сопоставима с показателями 28-ми суточном возрасте «нормального твердения», а без ухода составляет 71-72 %. В 28-ми суточном возрасте прочность образцов, твердевших без ухода на 9-14 % ниже, чем «нормального твердения», а укрытых полиэтиленовой пленкой на 7,5-14 % выше. Снижение прочности образцов, твердевших без ухода - результат негативного влияния сухого жаркого климата и влагопотерь, что подтверждается данными табл.3.10.

Таблица 3.10

Влагопотери золоцементных композиций твердевших без ухода

Состав и класс золобетона	Влагопотери воды затворения, % через ... суток		
	2	3	4

С дбавкой			
<i>B 7,5</i>	4,2	5,0	5,6
<i>B 10</i>	3,6	4,7	5,2
<i>B 12,5</i>	3,6	4,7	5,2

Как известно, усадка цементных систем оказывает положительное влияние их эксплуатационные свойства и, следовательно, их долговечность. Учитывая, что золоцементные композиции в своем составе не содержат крупного и мелкого заполнителя, а усадка цементного камня превышает усадку обычных легких бетонов почти на порядок, проведено исследование этого показателя для композиции различных возрастов твердения (табл.3.11).

Таблица 3.11

Усадочные деформации золоцементных композиций

Класс золобетона	Набухание (+) и усадка (-) образцов, мм/м через ... суток			
	3	7	28	90
В 7,5	+0,07	-0,08	-0,37	-0,62
В 10	+0,04	-0,14	-0,42	-0,68
В 12,5	0,00	-0,12	-0,50	-0,73

Анализируя данные табл.3.11, можно отметить, что в начальные сроки твердения (до 3 сут.) происходит незначительное набухание образцов, и лишь затем развиваются деформации усадки, достигая к 90 сут. величин 0,62-0,73, что вполне сопоставимо с усадкой легкого керамзитобетона. Важной характеристикой золобетона является его водопоглощение. Так как для

легких бетонов введение ПАВ мало отражается на их водопоглощении, то представлялось необходимым проверить этот показатель для исследуемых составов золоцементных композиций (табл.3.12).

Анализ данных табл.3.12 показывает, что с увеличением плотности образцов снижается их весовое водопоглощение. Добавка КОН и активация смеси существенно на 9-10 пунктов снижает водопоглощение золоцементной композиции.

Таблица 3.12

Водопоглощение золоцементных композиций

Состав и класс золобетона	Плотность, кг/м ³		Водопоглощение по массе, %
	сухих образцов	насыщенных водой	
Без добавки			
В7,5	1316	1689	28,4
В10	1360	1715	26,1
В 12,5	1410	1727	22,5
С добавкой			
В7,5	1340	1584	18,2
В10	1380	1602	16,1
В 12,5	1430	1627	13,8

Одной из важных характеристик легких бетонов, особенно используемых для изготовления ограждающих конструкций, является их теплопроводность. Известно, что теплопроводность обратно пропорционально зависит от плотности и влажности бетона. Теплопроводность золоцементных композиций в зависимости от плотности изменяется в пределах 0,21-0,35 Вт/м⁰С, что ниже нормативных требований для ячеистого бетона.

Выводы по главе 3

1. Интенсификация технологии возведения монолитных малоэтажных зданий возможна применением золоцементных смесей с добавкой ускорителя твердения КОН, приготовленных в смесителе-активаторе турбулентного типа.

2. Установлена рациональная последовательность загрузки составляющих в смеситель и продолжительность приготовления, обеспечивающая высокую однородность смеси, активацию ее компонентов и ускорение твердения стенового материала на 80-90 %. В летнее жаркое время через 7 суточного твердения стеновой материал из золоцементной смеси набирает 90-100% прочности от 28-суточной, а через 1 сут. достигается распалубочная прочность.

3. Оптимизирован состав золоцементной смеси и продолжительность приготовления смеси.

4. Установлена зависимость прочности золоцемента от рецептурно-технологических факторов.

5. Получена математическая модель прочности золоцемента в зависимости от содержания золы, добавки ускорителя твердения КОН и продолжительности активации смеси.

6. Разработаны составы золоцементной смеси для бетонирования стен монолитных малоэтажных зданий.

ГЛАВА IV. РАЗРАБОТКА ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

4.1. Разработка технологической схемы возведения малоэтажных зданий из монолитного бетона

Малоэтажные здания из монолитного бетона обычно имеют небольшие размеры в плане. План стен таких зданий приведен на рис.4.1. Конструктивное решение зданий: фундаменты - монолитные бетонные, ленточные. Цоколь - из бетонных блоков. Стены толщиной 300 мм. Перекрытие из сборных железобетонных круглопустотных плит. Золоцементные смеси класса В7,5 рекомендуется использовать для бетонирования стен и перегородок с использованием унифицированной опалубки.

Приготовление золоцементной композиции следует осуществлять в турбулентном смесителе СБ-148. Добавка КОН вводится в состав золоцементной композиции при приготовлении смеси с водой затворения. Для этого на объекте в емкости готовят водный раствор 30 %-ной концентрации. Дозировка составляющих - объемная, мерными емкостями. Последовательность перемешивания смеси должна быть принята следующая: в работающий смеситель последовательно загружают воду + добавку + цемент + золу-унос. Продолжительность перемешивания после загрузки всех компонентов должна составлять 60 с. Прием готовой золоцементной смеси осуществляется в металлическую емкость, откуда с помощью растворонасоса ее подают в опалубку. Монтаж опалубки, арматуры и укладку литой золоцементной смеси осуществляет комплексная бригада в следующей последовательности: монтаж опалубки и арматуры - 2 дня; бетонирование стен и перегородок - 1 день; демонтаж опалубки - 1 день. Бетонирование стен и перегородок следует производить по всему периметру непрерывно слоями по всему периметру стен слоем 50-60 см с помощью растворонасоса. В летний период производства работ после демонтажа опалубки монолитные

стены и перегородки до 7 сут. следует укрывать полиэтиленовой пленкой.

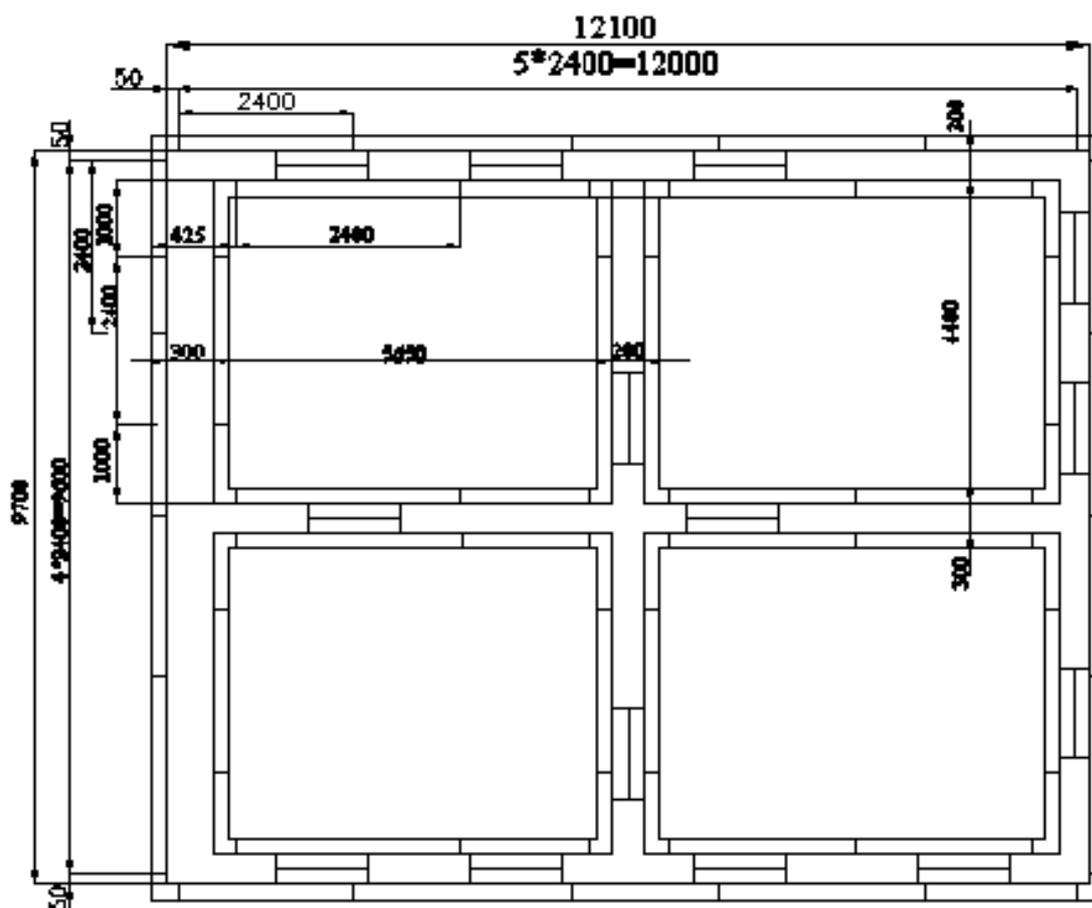


Рис4.1. План типового одноэтажные здания из монолитного золобетона

Ежедневно следует осуществлять контроль качества золоцементной смеси. При этом надлежит определять подвижность смеси - два раза в смену, а также отбирать пробы и изготавливать образцы-кубы размером 10x10x10 см. Образцы должны твердеть в естественных условиях рядом с возведенными монолитными конструкциями. Испытание образцов следует производить через 3, 7 и 28 сут. твердения выдержанных в одинаковых с монолитными конструкциями условиях. ПАРТИОННЫЙ коэффициент вариации прочности должен составлять не более 12 %. Технологическая схема производства работ приведена на рис.4.2.

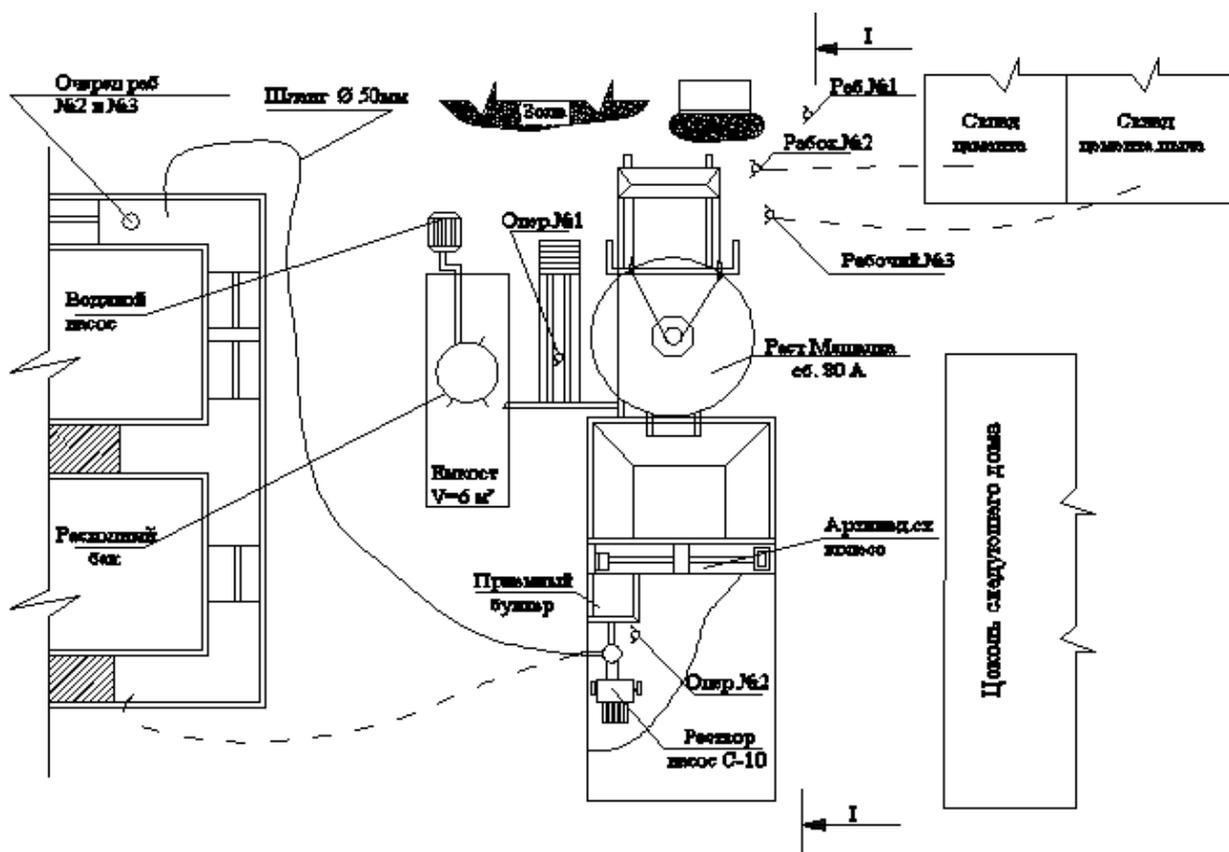


Рис. 3.8. Технологическая схема производства работ (план)

4.2. Рекомендации по применению интенсивной технологии возведения малоэтажных зданий из монолитного бетона

Изучение передового опыта отечественной и зарубежной практики монолитного домостроения выявили высокую эффективность интенсивной технологии возведения малоэтажных зданий из монолитного бетона, как наиболее перспективного метода сооружения индустриальных сельских домов усадебного типа. В дальнейшем этот вид строительства может стать не только эффективным дополнением к освоенным ранее индустриальным методам возведения жилья в сельской местности но и в перспективе стать основным направлением жилищного строительства на селе. Монолитное домостроение практически не зависит от заводской базы домостроения, имеет большую мобильность, поскольку позволяет с минимальными затратами перебазировать относительно небольшую массу технологического оборудования и обеспечивает при этом значительную экономию трудовых и материальных ресурсов. Появляются большие возможности эффективно использовать новые ресурсосберегающие технологии бетонных работ с более широким, чем прежде, применением местных строительных материалов и отходов промышленности. К достоинствам монолитного домостроения следует также отнести возможность с минимальными затратами получить разнообразные объёмно-планировочные решения зданий, оно позволяет повысить степень механизации работ непосредственно на строительной площадке; по сравнению с кирпичной кладкой резко снизить затраты труда, надёжно обеспечить высокое качество поверхностей стен, что даёт возможность максимально сократить «мокрые» процессы. При этом сокращается инвестиционный цикл: проектирование зданий- создание базы- строительство.

В данной магистерской диссертации рекомендуется интенсивная технология возведения малоэтажных зданий из монолитного бетона, где в качестве стенового материала используется золоцементный бетон. В результате внедрения этого метода строительства возможно обеспечить

высокий темп строительства одноэтажных домов усадебного типа - один дом в неделю, при этом выработка на каждого рабочего бригады возрастает более чем в 1,5 раза. Работа ведется комплексной бригадой конечной продукции с количеством рабочих в бригаде, включая механизаторов – 38 человек. Каждый рабочий обладает тремя-четырьмя смежными профессиями. Условно бригада делится на 6 звеньев: звено «нулевого цикла», которая монтирует опалубку, устанавливает оконные и дверные блоки, укладывает бетон, ведет распалубку, монтирует перекрытие и выполняет работу по устройству сейсмопояса; звено по устройству перегородок, подпольных каналов, установлению железных лаг под полы; звено штукатуров; звено маляров, в состав их работы входит также подгонка столярных изделий и остекление. Параллельно ведутся работы по сооружению надворных построек, которые выполняются в основном из объёмно-блочных элементов. Золобетонная смесь, как правило, готовится на приобъектном бетоносмесительном узле и укладывается в опалубку без вибрации. Для ускорения твердения в золобетонную смесь вводится добавка-ускоритель твердения КОН. Для возведения монолитных стен рекомендуется применять инвентарную многократно оборачиваемую опалубку, изготавливаемую из ламинированной водостойкой фанеры толщиной 9-12 мм, которая даёт возможность получить ровную поверхность стен. Типовая строительная площадка участка по применению интенсивной технологии возведения малоэтажных зданий из монолитного бетона оснащается инвентарным бетонным узлом, шнековым бетоносмесителем, установленным на эстакаду, с емкостью для цемента и воды и производительностью 50 м³ в смену, козловым краном грузоподъемностью 5 т, расположенным вдоль линии застройки и стреловым краном. Всё оборудование, кроме стрелового крана, возможно изготовить в опытно-механических заводах нашей республики. Вышеуказанное оснащение строительной площадки, полностью отвечает условиям монолитного домостроения и позволяет организовать поточно-скоростное строительство одноэтажных жилых домов в сельской местности.

С целью создания единого ритма строительства сооружение надворных построек (гаражи, кладовая, летняя кухня и т.д.) рекомендуется осуществлять из унифицированных сборных железобетонных объёмных блоков размером 3200 x 3300 x 1500 мм, которые укладываются в ряд на песчаную подготовку без фундаментов. Поверх блоков устраивается кровля из двух слоев рубероида на битумной мастике.

Участок монолитного домостроения должен быть организован таким образом, чтобы создать максимум условий для производительного труда и нормального отдыха рабочих. В этих целях на строительной площадке устанавливаются временные сооружения из вагончиков, в которых размещаются прорабская, бытовка-раздевалка, склад для инструментов и мелкого инвентаря, столовая, комната отдыха. Такая организация производственного участка даёт возможность легко передислоцировать его на новое место строительства без особых усилий и затрат.

По нашему мнению, монолитные одноэтажные жилые дома будут пользоваться большим спросом у индивидуальных застройщиков, т.к. сочетают в себе достоинства как кирпичных домов - низкую стоимость, высокую комфортность проживания, большую сопротивляемость теплопотерям, так и преимущества панельного домостроения – высокое качество поверхностей стен, сопряжения конструкций и сроков возведения здания. Монолитное домостроение, кроме этих факторов, имеет и свои преимущества. За счёт большой сопротивляемости теплопотерям, а также благодаря отсутствию стыков в наружных стенах, потери тепла в монолитном доме по сравнению с панельным строительством меньше на 12-15% меньше, следовательно, сокращается потребность в топливе и сохраняется комфортность проживания как летом, так и зимой.

Применение интенсивной технологии возведения малоэтажных зданий из монолитного бетона требует более детальной проработки следующих вопросов:

- разработки новых проектных решений зданий из невибрируемого

золоцементного бетона в монолитном исполнении;

- совершенствования конструкций опалубки и оснастки для бетонирования;
- подбора оптимального состава золоцементного бетона с добавкой КОИ на конкретном виде вяжущего и золы-уноса;
- выбора рационального способа бетонирования;
- разработки проектных решений с использованием фундаментов мелкого заложения;
- разработки новых эффективных методов отделки монолитных поверхностей;
- проектирования организации работ с использованием комплексных бригад конечной продукции.

Таким образом, интенсивная технология возведения малоэтажных зданий из монолитного золоцементного бетона является прогрессивной инновационной технологией, предусматривающей широкое применение вторичных сырьевых ресурсов и отходов производства, дающее значительную экономию основных строительных материалов, повышения теплоустойчивости возводимых объектов, позволяющая резко повысить производительность труда и ускорить сроки возведения объектов в сельской местности. Предварительные расчёты показали, что одноэтажные жилые дома из монолитного золоцементного бетона существенно дешевле аналогичных домов из кирпича и панельного, соответственно на 10-15% и 20-25%.

Выводы по главе 4

1. Разработана технологическая схема возведения малоэтажных зданий из монолитного золоцементного бетона с добавкой ускорителя твердения КОН.

2. Выявлена целесообразность строительства малоэтажного здания из монолитного золоцементного бетона комплексной бригадой в следующей последовательности: монтаж опалубки и арматуры - 2 дня; бетонирование стен и перегородок - 1 день; демонтаж опалубки - 1 день. Бетонирование стен и перегородок следует производить по всему периметру непрерывно слоями по всему периметру стен слоем 50-60 см с помощью растворонасоса. В летний период производства работ после демонтажа опалубки монолитные стены и перегородки до 7 сут. следует укрывать полиэтиленовой пленкой.

3. Разработаны Рекомендации по применению интенсивной технологии возведения малоэтажных зданий из монолитного золоцементного бетона.

4. Показана технико-экономическая эффективность возведения малоэтажных зданий из монолитного золоцементного бетона по интенсивной технологии.

Общие выводы

1. Интенсификация технологии возведения монолитных малоэтажных зданий возможна применением золоцементных смесей с добавкой ускорителя твердения КОН, приготовленных в смесителе-активаторе турбулентного типа.

2. Установлена рациональная последовательность загрузки составляющих в смеситель и продолжительность приготовления, обеспечивающая высокую однородность смеси, активацию ее компонентов и ускорение твердения стенового материала на 80-90 %. В летнее жаркое время через 7 суточного твердения стеновой материал из золоцементной смеси набирает 90-100% прочности от 28-суточной, а через 1 сут. достигается распалубочная прочность.

3. Оптимизирован состав золоцементной смеси и продолжительность приготовления смеси.

4. Установлена зависимость прочности золоцемента от рецептурно-технологических факторов.

5. Получена математическая модель прочности золоцемента в зависимости от содержания золы, добавки соды порошка и продолжительности активации смеси.

6. Разработаны составы золоцементной смеси для бетонирования стен монолитных малоэтажных зданий.

7. Разработана технологическая схема возведения малоэтажных зданий из монолитного золоцементного бетона с добавкой ускорителя твердения КОН.

8. Выявлена целесообразность строительства малоэтажного здания из монолитного золоцементного бетона комплексной бригадой в следующей последовательности: монтаж опалубки и арматуры - 2 дня; бетонирование стен и перегородок - 1 день; демонтаж опалубки - 1 день. Бетонирование стен и перегородок следует производить по всему периметру непрерывно слоями по всему периметру стен слоем 50-60 см с помощью растворонасоса.

В летний период производства работ после демонтажа опалубки монолитные стены и перегородки до 7 сут. следует укрывать полиэтиленовой пленкой.

9.Разработаны Рекомендации по применению интенсивной технологии возведения малоэтажных зданий из монолитного золоцементного бетона.

10.Показана технико-экономическая эффективность возведения малоэтажных зданий из монолитного золоцементного бетона по интенсивной технологии.

Список литературы

1. Адылходжаев А.И., Соломатов В.И. Основы интенсивной раздельной технологии бетона. - Ташкент: изд-во ФАН АН РУз, 1993. - 213 с.
2. Альтшуллер Е.М., Апарина Е.И. Монолитный бетон в сельском домостроении // Бетон и железобетон. - 1987. № 2. - С.26-27.
3. Ахвердов И.И., Плющ Б.А. Акустическая технология бетона. М.: Стройиздат, 1976. -144 с.
4. Бабачев Г. Зола и шлаки в производстве строительных материалов /Пер.с болгарского. — Киев: Будивельник, 1987. - 136 с.
5. Баранов А.Т., Бужевич Г.А. Золобетон ячеистый и плотный. - М.: Госстройиздат, 1960. -223 с.
6. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. - М.: Стройиздат, 1998. - 768 с.
7. Васильева Г.А., Даева В.И. Отечественный и зарубежный опыт активации цемента // Научно-технический реферативный сборник. Вып.11. - М., 1989. — С. 30-38.
8. Венюа М. Цементы и бетоны в строительстве. — М.: Стройиздат, 1980. — 415с.
9. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. - М.: Статистика, 1974. - 191 с.
10. Ю. Волженский А.В. и др. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов. - М.: Стройиздат, 1984. - 255 с.
11. Н. Высоцкий С.А., Смирнов В.П. Экономия портландцемента при изготовлении бетонов с добавками золы ТЭС / Бетон и железобетон, 1987, № 1. - С. 17-19.
12. Данилов Б.П., Конусов И.М. и др. Использование золы-уноса с тепловых электростанций / Строительные материалы, 1971, № 12. - С. 16-18.
13. Добавки в бетон: Справочное пособие / В.С.Рамачадран и др. - М.: Стройиздат, 1988.-575 с.

14. Десов А.Е. Виброперемешивание бетонной смеси в бетономешалках с вибрирующими лопастями // Труды НИИЖБ. Вып.21. —М.: Госстройиздат, 1961. - С.59-65.
15. Евтихнеев В., Чумак А. Строительство усадебных домов из монолитного керамзитобетона // Сельское строительство. — 1985, вып.8. - С.20-21.
16. Зазимко В.Г. Оптимизация свойств строительных материалов. — М.: Транспорт, 1981.- 104 с.
17. Инструкция по активации цемента на заводах железобетонных изделий домолотом в вибротельницах. - М.: Стройиздат, 1957. — 36 с.
18. Козлова В.К. Использование золы тепловых электростанция в производстве строительных материалов. Барнаул: Алтайское книжное изд-во, 1975. — 144 с.
19. Кокубу М. Зола и зольные цементы /Международный конгресс по химии цемента. - М.: Стройиздат, 1973. - С.405-416.
20. Кулипанов И.В., Джалилов А.Т. Использование вторичных сырьевых ресурсов производства капролактама для получения стабилизирующих смесей поливинилхлорида / В кн. Комплексное использование вторичных материальных ресурсов в Узбекистане. — Ташкент, 1986. — С. 128-131.
21. Методические указания по дисперсионному анализу многофакторного эксперимента / УралНИИИстромпроект. - Челябинск, 1973. - 29 с.
22. Миронов С.А., Малинина Л.А. Ускорение твердения бетона — М.: Стройиздат, 1974.-347 с.
23. Павленко С.И., Янутценко В.Ф., Крылов Б.А. Свойства тяжелого бетона с повышенной дозировкой золы ТЭС. - Бетон и железобетон, 1976, № 12. — С. 28-31.
24. Павлова Н.О. Использование золы тепловых электростанций в строительстве. . - Бетон и железобетон, 1978, № 10. — С. 38-40.

25. Повышение эффективности и качества бетона и железобетона. Тезисы докладов. - Ташкент, 1983. - 268 с.
26. Подгорнов Н.И. Использование солнечной энергии при изготовлении бетонных изделий. - М.: Стройиздат, 1989. - 145 с.
27. Попов Н.А., Ориентлихер Л.П. Быстротвердеющие легкие бетоны на цементе мокрого домола. - М.: Госстройиздат, 1963. — 148 с.
28. Пунагин В.Н. Технология бетона в условиях сухого жаркого климата. — Ташкент: Фан, 1977. — 222 с.
29. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки и бетон. — М.: Стройиздат, 1973. — с.126 - 141.
30. Рекомендации по применению ацетноформальдегидных смол в качестве добавок к бетону / Госстрой УзССР.— Ташкент, 1982. — 27 с.
31. Рекомендации по применению в бетонах золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций / НИИЖБ Госстроя СССР. — М.: Стройиздат, 1986. — 80 с.
32. Совалов И.Г., Хаютин Ю.Г. Методы активации цементов и влияние активации на свойства бетона. — М.: Госстройиздат, 1963. — 41 с.
33. Согомоян Н.М. Жилые дома для индивидуального строительства. — М.: Знание, 1990. — 62 с.
34. Соломатов В.И., Тахиров МК. Тахер Шах Мд. Интенсивная технология бетонов. — М.: Стройиздат, 1989. — 289 с.
35. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Литвяк В.И. Наполненные цементы и бетоны и перспективы их применения на предприятиях стройиндустрии
36. Молдавской ССР. - Кишинев.: МодцНИИНТИ, 198. - 67 с.
37. Ступаков Г.И. Технология бетона. —Ташкент: Укитувчи, 1983. — 158 с.