

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Высшая школа экономики и управления  
Кафедра «Экономика и управление на предприятиях строительства и  
землеустройства»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА  
Рецензент, менеджер ПАО Ростелеком

/Кузьмин В.В./

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой ЭиУСЗ,  
к.э.н., доцент

/М.С. Овчинникова/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Экономическое обоснование выбора тяжелого бетона для  
выполнения строительно-монтажных работ  
по строительно-техническим требованиям

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(магистерская диссертация)  
ЮУрГУ–38.04.01.2018.791. ВКР

Руководитель,  
д.э.н., доцент

/Ф.А Зырянов/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор,  
студент группы ЭУ-202

/А.Р Салихов/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер,

/А.А. Васильченко/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Челябинск 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ТЕОРИТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА БЕТОНОВ И БЕТОННЫХ РАСТВОРОВ.....	9
1.1 Бетон, его виды, свойства и состав.....	9
1.2 Показатели качества бетона и бетонной смеси.....	14
1.3 Приготовление бетонной смеси и ее использование в строительстве	19
1.4 Бетон под действием высоких температур.....	23
2. АЛГОРИТМ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА.....	26
2.1 Контроль прочности бетона .....	26
2.1.1 Подготовительный этап .....	27
2.1.2 Контрольный этап .....	28
2.2 Контроль качества бетона и бетонной смеси на производстве	30
2.3 Основные требования к качеству составных бетонов .....	33
2.3.1 Класс бетона.....	35
2.4 Технология приготовления и транспортировки бетонной смеси .....	42
2.5 Последовательность загрузки материалов и время перемешивания бетонной смеси .....	44
2.6 Транспортировка бетонной смеси .....	45
2.7 Укладка и уплотнение бетонной смеси .....	46
2.8 Уход за бетоном, обработка после распалубливания .....	48
3. СТРУКТУРА УПРАВЛЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «ТЕХНОБЕТОН».....	50
3.1 Характеристика компании .....	50
3.2 Основные виды работ лаборатории .....	51
3.3 Производство ООО «ТЕХНОБЕТОН».....	55
4. РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТЯЖЕЛЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ ООО «ТЕХНОБЕТОН» .....	57

4.1 Проектирование составов тяжелого бетона .....	57
4.2 Основные принципы решения задач многопараметрического проектирования составов бетона.....	66
4.3 Постановка задачи по совершенствованию контроля качества тяжелых бетонных смесей .....	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	75
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	76

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для возведения практически любого строения широко применяют бетон и раствор.

Диапазон их использования очень широк: фундаменты, перекрытия над подвалом, подготовка под полы, отмостки, лестницы, кирпичная кладка, кладка из блоков, штукатурка, подпорные стенки и т.д.

Стоимость бетона и раствора может достигать до 15% стоимости всего дома (если и стены выполнены из легкого бетона, то указанный процент может быть намного выше). Поэтому следует уделять должное внимание правильному подбору состава, приготовлению и укладке бетона и раствора, а также уходу за уложенным бетоном и раствором.

Индивидуальные дома возводят представители самых разных профессий и не будучи специалистами в области строительства и вовремя не получив квалифицированного совета, они очень часто завышают или занижают марку бетона и раствора. В первом случае это приводит к созданию излишнего запаса прочности и вызывает увеличение стоимости строительства и необоснованный перерасход дефицитных строительных материалов - цемента, извести и других вяжущих. Во втором случае возведенные конструкции обладают недостаточной прочностью и жесткостью, что во время их эксплуатации приводит к появлению трещин, больших прогибов или даже к авариям.

Следует избегать ошибок при приготовлении бетонной смеси и раствора, так как их исправление в дальнейшем потребует дополнительных материальных и трудовых затрат.

Основными причинами ошибок при проведении бетонных работ являются: неправильный подбор состава бетонной смеси и раствора; незнание факторов, влияющих на механические свойства бетона и раствора; неправильное представление о процессах, происходящих при твердении бетона и раствора; небрежное отношение к производству бетонных работ.

В современных условиях особое значение приобретают повышение качества бетона, совершенствование технологий его производства, увеличение производительности.

С каждым годом увеличивается ассортимент бетонов, расширяются области его применения, предъявляемые к ним требования, сырьевая база производства. В связи с этим вопросы, связанные с видами бетона, их свойствами, правилами приготовления бетонных смесей, характером бетонных работ при строительстве различного рода объектов, являются актуальными.

Только на основе совместного рассмотрения указанных вопросов возможна разработка предложений по совершенствованию контроля качества тяжелых бетонных смесей на предприятии ООО «ТЕХНОБЕТОН», которым и посвящена данная выпускная квалификационная работа.

Объектом исследования выпускной работы является: ООО «ТЕХНОБЕТОН» - предприятие специализирующееся на производстве товарного бетона, раствора, и так же сухих строительных смесей и железобетонных изделий.

Предметом исследования является: Экономическое обоснование выбора тяжелого бетона для выполнения строительно-монтажных работ по строительно-техническим требованиям на предприятии ООО «ТЕХНОБЕТОН»

Цель дипломной работы. Повышение эффективности контроля качества тяжелых бетонных смесей на предприятии ООО «ТЕХНОБЕТОН»

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- 1) изучение понятия «бетон» и его видов;
- 2) изучение способов получения бетона и приготовления бетонных смесей;
- 3) изучение нормативных документов, регламентирующих контроль качества бетона и его смесей;
- 4) ознакомление со структурой управления и направлениями деятельности предприятия: ООО «ТЕХНОБЕТОН»

5) выявление процессов контроля качества тяжелых бетонных смесей, проводимых на предприятии, совершенствование которых позволит повысить эффективность контроля.

# 1. ТЕОРИТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА БЕТОНОВ И БЕТОННЫХ РАСТВОРОВ

## 1.1 Бетон, его виды, свойства и составы

Бетон –это искусственный каменный строительный материал, получаемый в результате формования и затвердевания рационально подобранной и уплотнённой смеси, состоящей из вяжущего вещества (цемент или др.), крупных и мелких заполнителей, воды. В ряде случаев может содержать специальные добавки, а также отсутствовать вода. Его применяют при строительстве самых различных объектов. Например, для создания фундамента зданий, перекрытий для подвалов, защиты уже нанесённых бетонных смесей от различных внешних факторов, для конструирования лестниц, создания несущих конструкций, стен и так далее.

Немаловажным фактором являются процессы приготовления и нанесения бетона. Но в данной статье мы поговорим не об этом, а о том, какие бывают типы бетонов и с чем это связано.

Бетон, чаще всего, применяют при строительстве различных помещений. Строительством занимается очень мало специалистов своего дела, особенно если хозяин решается возвести дом самостоятельно, не являясь профессионалом в сфере строительной индустрии. Зачастую, не знакомясь предварительно со всей «палитрой» при выборе бетонных смесей, он тем самым подвергает свою будущую постройку к преждевременному разрушению, деформациям и малой прочности при всевозможных внешних воздействиях на объект. Важно помнить, что правильный выбор бетонной смеси – это пятьдесят процентов успеха при строительстве здания.

Виды бетона:

Согласно ГОСТ 25192-2012, ГОСТ 7473-2010 (ранее 7473-94) классификация бетонов производится по основному назначению, виду вяжущего, виду заполнителей, структуре и условиям твердения:

По назначению различают бетоны обычные (для промышленных и гражданских зданий) и специальные - гидротехнические, дорожные, теплоизоляционные, декоративные, а также бетоны специального назначения (химически стойкие, жаростойкие, звукопоглощающие, для защиты от ядерных излучений и др.).

По виду вяжущего вещества различают цементные, силикатные, гипсовые, шлакощелочные, асфальтобетон, пластобетон и др.

По виду заполнителей различают бетоны на плотных, пористых или специальных заполнителях.

По структуре различают бетоны плотной, поризованной, ячеистой или крупнопористой структуры.

По условиям твердения бетоны подразделяют на твердевшие в естественных условиях; в условиях тепловлажностной обработки при атмосферном давлении; в условиях тепловлажностной обработки при давлении выше атмосферного (автоклавного твердения).

В зависимости от области применения бетоны разделяются на бутобетон, шлакобетон, газобетон, гидротехнический бетон.

Бутобетон широко используют в индивидуальном строительстве для устройства фундаментов и бетонирования других массивных конструкций. Он состоит из пластичной бетонной смеси и каменного заполнителя. Размеры камней не должны превышать половину толщины бетонируемой конструкции. Для обеспечения необходимой плотности, монолитности и прочности объем каменного заполнения не должен превышать половину объема бетонируемой конструкции, а камни следует располагать не ближе 4-5 сантиметров один от другого и от краев конструкции. Процесс устройства бутобетона состоит из укладки бетонного слоя толщиной примерно 20 сантиметров и утапливания в него камней. Конструкции из бутобетона прочны. Кроме того, в связи с тем, что примерно на 50% уменьшается расход бетонной смеси, достигается большая экономия цемента и рабочей силы.



Шлакобетон является дешевым и хорошим конструктивным материалом для возведения стен малоэтажных зданий. В качестве заполнителя в нем используют просеянный шлак, в качестве вяжущего - цемент и известь.

Стены из опилкобетона легкие, обладают малой теплопроводностью и достаточной прочностью для малоэтажных зданий. Если опилкобетон хорошо защищен от воздействия влаги и правильно приготовлен, срок его службы может быть достаточно долгим. Для приготовления опилкобетона используют вяжущее (цемент и известь) и заполнитель (песок и опилки). В опилках не должно быть примеси коры.

Газобетон в течение последних лет получил наибольшее распространение при устройстве стен индивидуальных домов. Газобетон изготавливают из цемента, извести, кварцевого песка, воды и небольшого количества специальной добавки для вспучивания массы (обычно алюминиевый порошок). Газобетон имеет хорошие теплотехнические и конструктивные свойства.

В индивидуальном строительстве применяют газобетонные блоки. Длина блоков - 600 мм, высота - 300 или 200 мм, толщина - 200, 250 и 300 мм. Следует отметить, что в наших климатических условиях наружная стена из блоков толщиной 300 мм полностью обеспечивает нормальный температурный режим в помещениях. Газобетонные стены толщиной 200 мм широко используют при строительстве дач, садовых домиков, подсобных помещений, внутренних несущих стен и т.д. Относительно небольшая плотность и малая теплопроводность газобетона объясняются тем, что он является ячеистым материалом, поры которого заполнены воздухом. Следует отметить, что не все поры являются замкнутыми, а только часть из них, остальные - взаимно связаны, и по ним вода, пар и влажный воздух легко попадают в газобетонные стены. Поэтому газобетон нельзя использовать в помещениях, где относительная влажность воздуха превышает 75%; если влажность выше 60%, то изнутри помещений следует устраивать пароизоляцию.

Газобетон быстро всасывает воду и намокает, что сопровождается резким снижением его теплотехнических свойств и прочности. Прочность его

уменьшается на 15-30%, но при высыхании она восстанавливается. Газобетон высыхает медленно. Так, газобетон заводского производства доходит до оптимальной влажности (1-6%) в условиях эксплуатации только через 1-2 года, а намокшие газобетонные блоки (газобетон может содержать до 60% воды) сохнут 5 лет и более. В течение этого времени жилые комнаты остаются влажными, холодными и неуютными. Поэтому следует уделять особое внимание тому, чтобы во время транспортировки, хранения и строительства газобетон не подвергался воздействию влаги. При складировании газобетон следует оградить от соприкосновения с влажной землей, укладывая блоки на подкладки или гидроизоляционный ковер. Над штабелем из газобетона надо устроить навес, покрытый гидроизоляционным материалом. Для лучшего отвода воды навес устраивают с уклоном.

Если в стены заложен сухой газобетон и во время эксплуатации обеспечен нормальный влажностный режим, то газобетон представляет собой очень хороший и ценный строительный материал. Он легко обрабатывается: его можно пилить обыкновенной пилой (только надо регулярно разводить ее зубья), обрабатывать топором, долбить, сверлить, можно забивать в него гвозди. Газобетон обладает хорошим сцеплением с другими материалами: раствором для кладки, штукатуркой, лаками, красками, клеями и др. В последнее время при возведении газобетонных стен предпринимается попытка вместо раствора использовать клей. В этом случае размеры блоков должны быть очень точными, а блоки должны иметь правильную форму.

#### Гидротехнические бетоны

Гидротехнические бетоны, в отличие от бетонов промышленного и гражданского назначения имеют ряд особенностей. Их применяют для возведения сооружений в гидротехническом и гидромелиоративном строительстве.

В зависимости от конструкции и размеров сооружений, расположения относительно уровней воды, массивности конструкций и назначаются требования к гидротехническим бетонам по водостойкости,

водонепроницаемости, морозоустойчивости, прочности, солестойкости, удобообрабатываемости и сниженного тепловыделения.

Гидротехнические бетоны должны обладать:

- Химической стойкостью, то есть бетоны должны противостоять химическим влияниям окружающей среды. С этой целью, они изготавливаются на сульфатостойких цементах с применением соответствующих добавок.
- Водонепроницаемостью, которая характеризуется наибольшим давлением воды на бетон, при котором не наблюдается просачивания ее через образцы соответствующей формы ( $d = h = 152$  мм), выдержанных  $t = 180$  сут.
- По водонепроницаемости бетоны разделяются на 5 марок:, W4, W6, W8, W12.
- Морозоустойчивостью, которая характеризуется наибольшим числом циклов замораживания и оттаивания соответствующих образцов, выдержанных в нормальных условиях в течение  $t = 18$  суток. При этом, после испытаний потеря их прочности должна быть не более 15%. Замораживание должно проходить при  $-15^\circ$  и ниже на протяжении 4 часов, а оттаивание при  $+5-20^\circ$  на протяжении 4 часов.

По морозоустойчивости бетоны разделяют на 6 марок:

F50, F100, F150, F200, F250, F300.

В зависимости от вида вяжущего бетоны разделяются на:

- а) цементные бетоны;
- б) известковые бетоны;
- в) гипсовые бетоны;
- г) бетоны на органических заполнителях.

Классификация бетона

Бетон классифицируют по усредненной плотности на один кубический метр и подразделяют на:

✓ сверхтяжелый – свыше 2450 кг/м<sup>3</sup>. Сверхтяжелый бетон производят из таких материалов, как магнетит и гематит. Это рудные породы, что измельчаются до состояния опилок, стружек и окалина. Подобный материал применяют только при строительстве атомных электростанций, для защиты помещений от радиационного излучения;

✓ тяжелый – от 1700 до 2400 кг/м<sup>3</sup>. Тяжелые бетоны – это наиболее популярный вид смеси, он обладает высокой популярностью при строительстве подземных и несущих конструкций, а также при возведении простых стен, перегородок и фундамента. В качестве главного компонента данной смеси выступает щебень из горных пород, таких как известняк, диабазит, гранит и др.;

✓ легкий – от 250 – 1700 кг/м<sup>3</sup>. К группе легкого бетона относятся смеси, в состав которых входят пористые заполнители (как искусственные, так и естественные), иногда даже и без заполнителя, при использовании искусственных замкнутых пор внутри бетонной смеси. Обычно легкие бетоны применяют как прочную теплоизоляционную конструкцию в частных домах;

✓ сверхлегкий – до 450 кг/м<sup>3</sup>. Сверхлегкие бетонные смеси, как правило, выступают в роли теплоизоляционного ячеистого бетона, обладающего большим количеством пор, созданных на основе лёгких пористых заполнителях. Подобного рода бетонные конструкции выделяются за счет высокой теплоизоляции и могут применяться не только для теплоизоляции стен, полов или потолков, но и как целостная конструкция от воздействия внешних температурных факторов.

## 1.2 Показатели качества бетона и бетонной смеси

Основными показателями качества бетонов являются: классы по прочности на сжатие и растяжение, марки по морозостойкости, водонепроницаемости и средней плотности.

Установленные значения показателей качества бетона должны обеспечиваться в проектном возрасте, который указывают в проектной

документации на изготавливаемые изделия и конструкции и назначают в соответствии с нормами проектирования в зависимости от условий твердения, способов возведения зданий и сроков фактического нагружения конструкций. При отсутствии этих данных за проектный возраст бетона принимается 28 суток.

Нормируемые показатели качества бетона должны быть обеспечены подбором его состава, выполнением технологических режимов приготовления, уплотнения бетонных смесей, твердения бетонных изделий и контролироваться на производстве.

Классы бетона по прочности на сжатие ( $B$ ), осевое растяжение ( $B_t$ ), растяжение при изгибе ( $B_{tb}$ ) характеризуются соответствующей прочностью образцов бетона базового размера в установленном проектом возрасте (в основном в возрасте 28 сут.), определяемой в соответствии с действующими стандартами.

Марка бетонов по средней плотности определяется фактическим значением показателя их массы в сухом состоянии в единице объема (в кг/м<sup>3</sup>) образцов. Марка бетонов по морозостойкости ( $F$ ) определяется количеством циклов попеременного замораживания и оттаивания в различных средах, которые выдерживают контрольные образцы без снижения прочности на сжатие более регламентируемого. Марка бетонов по водонепроницаемости ( $W$ ) определяется величиной давления воды, при котором не наблюдается ее просачивание через контрольные образцы. Изготовление и испытание контрольных образцов для определения показателей качества бетона ( $R$ ,  $D$ ,  $F$ ,  $W$ ) осуществляются согласно требованиям действующих стандартов.

Класс бетона по прочности на сжатие назначают и контролируют во всех случаях. Класс бетона по прочности на осевое растяжение назначают и контролируют для установления его соответствия установленным нормам.

Для конструкций, запроектированных ранее без учета требований СТ СЭВ 1406-78, показатели прочности бетона характеризуются марками. Соотношение между классами бетона по прочности на сжатие и ближайшими

марками его по прочности при нормативном коэффициенте вариации, равном 13,5% для конструкционных бетонов и 18% для теплоизоляционных бетонов.

В индивидуальном строительстве используют различные виды бетонов: обычный бетон, бутобетон, шлакобетон, опилкобетон, газобетон и др.

Обычный бетон готовят из смеси цемента, заполнителей (песок, гравий, щебень и др.) и воды. Для приготовления бетонной смеси рекомендуется применять чистые заполнители и воду, так как примеси снижают прочность бетона, а это в свою очередь вызывает перерасход цемента. Диапазон использования бетона в индивидуальном строительстве очень широк: фундаменты, стены, перекрытия, лестницы, перемычки и т.д.

Состав бетонной смеси обычно обозначают отношением отдельных компонентов в частях массы или объема, где первая цифра показывает расход цемента, вторая - мелкого заполнителя, т.е. песка, и третья - крупного заполнителя, т.е. гравия или щебня. Например 1:2,3:4,1 означает, что на 1 часть массы или объема цемента следует брать 2,3 части массы или объема песка и 4,1 части массы или объема гравия или щебня.

Прочность бетона характеризуется его маркой, которая определяется пределом прочности при сжатии стандартных бетонных кубов размером 150x150x150 мм, испытанных в возрасте 28 сут твердения в нормальных влажностно-температурных условиях. В индивидуальном строительстве в основном используют бетоны марок 50-150, иногда и 200. Наименьшая марка легких бетонов может быть равной 5.

В настоящее время согласно СНиП 2.03.01-84' при расчете бетонных и железобетонных конструкций пользуются не маркой бетона, а его классом.

При изготовлении конструкций на заводах, где о прочности бетона судят по результатам многих проверок, расчет их можно вести не по средней, а по гарантированной прочности бетона. Класс бетона определяется величиной гарантированной прочности на сжатие с обеспеченностью 95%. Существует следующая связь между классом и маркой бетона:

$B = 0,7786M$ , где  $B$  - класс бетона;  $M$  - марка бетона, МПа.

Пока временно допускается пользоваться марками бетона, хотя в проектах уже обычно указывается его класс. В индивидуальном строительстве, когда бетонную смесь готовят на месте и нет возможности (да и необходимости) проводить статистический контроль, более целесообразно, очевидно, все-таки пользоваться марками бетона.

Неспециалисты считают, что качество бетона зависит только от количества цемента. Конечно, количество цемента влияет на качество бетона, но не меньшее значение имеют и другие факторы: правильное соотношение песка и гравия, количество воды, перемешивание, укладка, уплотнение бетона и уход за ним, особенно в первые два дня после его укладки.

Заполнитель занимает около 85% объема бетона. Гранулометрический состав заполнителя следует выбирать таким, чтобы песок по возможности заполнял все пустоты между гравием и щебнем. Чем меньше будет объем пустот между мелким и крупным заполнителем, тем меньше потребуется цементного теста для заполнения этих пустот. Опыт показывает, что прочный бетон (с минимальным количеством цемента) можно получить, если бетон содержит 30-45% песка и 55-70% гравия или щебня. В этом случае объем пустот между зернами будет минимальным. Общепринято, что объем пустот при приготовлении бетонной смеси не должен превышать, %: для песка - 37, гравия - 45 и щебня - 50. Чем меньше объем пустот для гравия и щебня, тем меньше надо песка и цемента.

Объем пустот для заполнителя можно определить следующим образом. Песок, гравий или щебень помещают в ведро вместимостью 10 л или в другой сосуд с известным объемом. Не уплотняя, заполнитель разравнивают до краев сосуда и из другой емкости с известным объемом (например, из поллитровой или литровой банки), наливают воду, пока она не достигнет краев сосуда. Зная объем влитой воды, определяют объем пустот. Например, если в 10-литровое ведро было налито 4 л воды, объем пустот составляет 40%, т.е. объем пустот в процентах равен отношению объема влитой воды к объему сосуда,

умноженному на 100. При выборе заполнителей надо стараться, чтобы песок, гравий и щебень имели по возможности большую разновидность зерен.

Не рекомендуется использовать крупный заполнитель с размерами зерен, превышающими  $1/4-1/5$  минимального размера конструкции; размеры зерен не должны превышать  $3/4$  расстояния между арматурными стержнями. Поэтому в тонкостенных густо армированных конструкциях максимальный размер зерна крупного заполнителя не должен превышать 40 мм, а иногда даже 20 мм.

В индивидуальном строительстве в качестве заполнителя для приготовления бетона часто используют естественную песчано-гравийную смесь. Без сортировки не рекомендуется ее применять для приготовления бетонов марок выше 150.

Для приготовления бетонов низких марок в качестве крупного заполнителя можно использовать кирпич, черепицу или другой керамический материал, получаемый при разборке старых зданий.

Марку цемента рекомендуется принимать такую, чтобы она примерно в 2 раза превышала проектную марку бетона. Но у индивидуальных застройщиков обычно нет выбора, и они вынуждены готовить бетон из того цемента, которых у них имеется, допуская, таким образом, его перерасход.

Нормами установлен минимальный расход цемента на 1 м<sup>2</sup> бетонной смеси. Для бетонных конструкций - 200 кг/м<sup>2</sup>, для железобетонных - 220, а для конструкций, подвергающихся воздействию агрессивной среды, - 250 кг/м<sup>2</sup>. Минимальный расход цемента принимается из таких соображений, чтобы цементное тесто не только заполнило пустоты между заполнителями, но и несколько отодвинуло зерна заполнителя друг от друга, покрывая зерна песка и гравия тонкой пленкой из цементного теста, обеспечивая таким образом пластичность бетонной смеси и улучшая ее удобоукладываемость. С увеличением расхода цемента (при всех других аналогичных обстоятельствах) улучшается качество бетона, но только до определенного предела (примерно до 400...500 кг/м<sup>2</sup>). Дальнейшее увеличение расхода цемента приводит к снижению прочности и качества бетона.



Выбор состава бетона зависит от очень многих факторов и, в первую очередь, от свойств исходных материалов. Если марка цемента известна, то свойства заполнителя обычно неизвестны.

## 1.2 Приготовление бетонной смеси и ее использование в строительстве

Для получения пластичной и удобоукладываемой бетонной массы в нее очень часто необоснованно добавляют большое количество воды. Особенно этим грешат индивидуальные застройщики. Лишняя вода может снизить прочность бетона даже в несколько раз. Практически прочность бетона не изменится, если одновременно добавлять цемент и воду, сохраняя постоянным водоцементное отношение. А это означает, что для обеспечения заданной марки бетона при увеличении количества воды следует увеличивать и количество цемента. Поэтому выбор оптимального водоцементного отношения в условиях индивидуального строительства является одним из основных источников экономии цемента.

Чем жестче будет бетонная смесь и чем лучше ее уплотнять при укладке, тем прочнее получится бетон, и наоборот. Нормальная, так называемая жесткая бетонная смесь должна содержать 50...70% воды от массы цемента. Следует учесть, что песок после дождя содержит примерно 15% воды, и в таком случае, приготавливая бетон, количество воды надо сократить.

Конечно, наиболее экономично готовить и укладывать по возможности более жесткую бетонную смесь, но надо учесть, что ее нормально можно уплотнить только в массивных конструкциях с большим расстоянием между арматурными стержнями. Чем тоньше конструкция и чем меньше расстояние между арматурными стержнями, тем пластичнее должна быть бетонная смесь (чтобы не остались пустоты по краям конструкции и вблизи арматурных стержней). Поэтому консистенция бетонной смеси должна зависеть от бетонируемой конструкции.

В зависимости от консистенции бетонная смесь может быть: жесткая (примерно как влажная земля), при укладке которой требуется тщательное уплотнение; пластичная (достаточно густая, но подвижная), не требующая такого сильного уплотнения, и литая, которая без вибрирования заполняет опалубку. Использование литой бетонной смеси в индивидуальном строительстве практически недопустимо. Жесткую бетонную смесь рекомендуется применять для бетонирования подготовительного слоя под фундаменты и пол, фундаментов, стен и других массивных неармированных или малоармированных конструкций. Пластичную бетонную смесь используют для бетонирования балок, колонн, плит перекрытия и других аналогичных конструкций. Пластичность, или подвижность бетонной массы следует обеспечивать не добавлением чрезмерного количества воды, а специальными добавками - пластификаторами. Чаще всего для этой цели используют сульфитно-спиртовую барду, добавляя ее 0,1...0,16% от массы цемента. Если количество добавки больше, она снижает прочность бетона. Для того, чтобы облегчить уплотнение бетонной массы, к цементу можно добавить до 10% гашеной извести. Полученный таким образом бетон становится более удобоукладываемым, повышается его долговечность, уменьшается гигроскопичность.

Как уже отмечалось ранее, оптимальное соотношение песка и гравия, а также воды и цемента дает возможность получить бетон одной и той же марки, но с меньшим расходом цемента. Как показывает практика, если правильно выбран состав бетона, хорошо перемешаны его компоненты и бетонная смесь хорошо уплотнена, то бетон одной и той же марки можно получить с расходом цемента почти в 2 раза меньшим.

Индивидуальный застройщик часто готовит бетонную смесь вручную, перемешивая отдельные ее компоненты. Перемешивание позволяет равномерно покрыть цементом зерна песка и гравия (щебня). В результате небрежного перемешивания цемент распределяется неравномерно. От качества перемешивания в очень большой степени зависят консистенция бетонной смеси

и прочность готового бетона. При тщательном перемешивании компонентов смеси в бетоносмесителях можно добиться прочности бетона на 40-80% выше, чем при перемешивании вручную. Кроме того, приготовление бетонной смеси вручную - процесс очень трудоемкий. Поэтому, если имеется возможность, надо использовать бетоносмесители, в которых бетонная смесь готовится механизированно, или приобретать готовую бетонную смесь.

Для приготовления бетонной смеси вручную следует изготовить деревянный щит. Его размеры зависят от количестваготавливаемой смеси в одной порции. Обычно размеры щита принимают равными 1,5х2-2,5х3,5 м. Чтобы облегчить перемешивание смеси, деревянный настил рекомендуется обить кровельным железом. Не допускается приготовление бетонной смеси прямо на земле. Если деревянный настил не обивают железом, то доски прикрепляют по направлению короткой стороны щита. Для удобства перемешивания рекомендуется поднять щит над землей на 30-50 см, применяя надежные подставки.

В первую очередь отмеряют необходимое количество песка (согласно заранее определенному составу бетона и высыпают его на настил в виде грядки с углублением посередине. В углубление насыпают необходимое количество цемента и смесь тщательно перелопачивают (не менее трех раз, пока цементно-песчаная смесь не станет однородной и одноцветной). Потом смесь снова формируют в виде грядки, в углубление насыпают необходимое количество гравия или щебня и так же, как и в предыдущем случае, смесь перелопачивают не менее трех раз. Затем полученную смесь поливают необходимым количеством воды. Для поливки следует использовать лейку с сеткой, чтобы слишком сильная водяная струя не вымыла цементные частицы. Увлажненную смесь перелопачивают до получения однородной бетонной массы. Для облегчения перемешивания после поливки сухой бетонной смеси водой рекомендуется выждать 5-10 мин, чтобы вода проникла в нижние слои.

Наиболее простым, но в то же время более трудоемким, является метод приготовления бетонной смеси металлическими граблями в ящике, дно

которого покрыто кровельным железом. Сначала так же, как и в предыдущем случае, сухую смесь при помощи граблей перемешивают небольшими порциями, перемещая ее от одного конца ящика к другому, затем подливают воду и цикл повторяют.

Если для приготовления бетона используют гравийно-песчаную смесь, то в углубление грядки сразу засыпают цемент и массу перелопачивают.

Бетоносмеситель можно изготовить собственными силами, что в значительной степени облегчит приготовление бетонной смеси.

Берется железная бочка из-под бензина или других горюче-смазочных материалов вместимостью 100 л. С одной стороны дно полностью удаляется. Через бочку под углом продевается отрезок трубы - вал, который тщательно приваривается к стенкам бочки. Качеству сварки надо уделить особое внимание, так как это соединение воспринимает основную нагрузку во время перемешивания бетонной смеси. Один или оба конца трубы-вала следует выгнуть, чтобы получилось подобие ручки. Крышку можно изготовить из металла или бакелизированной фанеры. Между крышкой и бочкой обязательно надо установить уплотняющую прокладку из резины или другого упругого материала. Крышка плотно крепится при помощи замков-защелок. К крышке необходимо приварить или прикрепить на болтах ручку. Чтобы предотвратить передвижение трубы-вала вдоль своей оси, надо приварить два кольца к валу. Такую конструкцию помещают на деревянные стойки с соответствующими пропилами под ось, которые заполняются любой смазкой, облегчающей вращение. Под бетоносмесителем устанавливают емкость-накопитель или другой сосуд с ручками, который можно переместить к месту укладки бетона. Для обеспечения устойчивости бетоносмеситель рекомендуется опереть на три деревянные стойки. Труба-вал в таком случае одним концом будет опираться на поперечную балку с пропилом, соединяющую две стойки, что позволит также более удобно забирать бетонную смесь из емкости-накопителя.

Если объем пустот гравия превышает 45%, то его расход следует уменьшить на 10%.

Если используется мелкозернистый песок, то его количество следует уменьшить на 10-15%.

Если вместо гравия используется щебень, то его количество следует увеличить на 10%.

Количество воды следует устанавливать в зависимости от требуемой консистенции бетонной смеси..

Сначала бетоносмеситель устанавливают крышкой вверх и заполняют примерно на 50% необходимыми компонентами бетонной смеси, кроме воды, закрывают крышку и перемешивают их всухую, делая 15-20 оборотов. Затем бетоносмеситель снова устанавливают крышкой вверх, добавляют воду и делают еще 15...20 оборотов. Потом бочку поворачивают крышкой вниз, снимают ее и высыпают готовую бетонную смесь или раствор. Число оборотов бетоносмесителя можно устанавливать во время работы исходя из условия получения однородной бетонной массы. Для улучшения и ускорения перемешивания компонентов внутри бочки можно приварить металлические лопасти. Чтобы облегчить процесс перемешивания, можно воспользоваться обыкновенным электромотором с цепным или клиноременным приводом.

Готовя бетонную смесь, надо иметь в виду, что ее объем в готовом виде составляет примерно  $2/3$  объема использованных компонентов. Это объясняется тем, что песок и цемент заполняют пустоты между крупным заполнителем - гравием или щебнем.

#### 1.4 Бетон под действием высоких температур

Огнестойкость бетона зависит не только от вида цемента, но и от природы заполнителей. Если в качестве заполнителей применяют горную породу, в состав которой входит кристаллический кварц, то при температуре около  $600^{\circ}\text{C}$  в бетоне могут появиться трещины вследствие значительного увеличения объема кварца.

При проектировании бетонных конструкций, подвергаемых длительному воздействию высоких температур, необходимо учитывать, что при температуре 150—250°С прочность бетона на портландцементе снижается на 25%. При нагревании бетона выше 500° С и последующем увлажнении он разрушается. Для строительства конструкций, подвергаемых длительному воздействию высоких температур (свыше 250°С), применяют специальный жароупорный бетон.

Прочный и долговечный бетон из материалов даже высокого качества может быть получен только при тщательном уплотнении бетонной смеси при формировании из нее конструкций. Формовочная способность бетонной смеси определяется двумя показателями — пластичностью и подвижностью. Пластичность характеризует внутреннюю связность смеси, способность ее формоваться, приобретая заданную форму без разрывов и расслаивания на отдельные составляющие.

Подвижность бетонной смеси с максимальной крупностью зерен заполнителя до 70 мм оценивают по осадке под действием собственной массы или при вибрации конуса, отформованного из бетонной смеси. Жесткость бетонных смесей устанавливают при помощи технического вискозиметра.

На подвижность бетонной смеси влияет ряд факторов: вид цемента, содержание воды, содержание цементного теста, крупность заполнителей и форма их зерен, содержание песка.

Бетонные смеси одного и того же состава, но на разных цементах обладают неодинаковой подвижностью. Это объясняется различной водопотребностью цемента: чем она выше, тем меньше подвижность или больше жесткость смеси. Подвижность бетонных смесей на портландцементах с гидравлическими добавками меньше, чем смесей на портландцементе при одном и том же количестве воды, взятой для приготовления смеси. Форма зерен также влияет на подвижность смеси. При округлой форме и гладкой поверхности суммарная поверхность зерен и трение между ними меньше, чем

при острогранной форме и шероховатой поверхности, поэтому бетонная смесь с гравием и окатанным песком подвижнее, чем смесь со щебнем и горным песком. Увеличение количества песка сверх оптимального, установленного опытом, уменьшает подвижность бетонной смеси вследствие возрастания суммарной поверхности заполнителей. Наиболее экономичны жесткие бетонные смеси, так как для них требуется меньше цемента, чем для подвижных. Следует выбирать более низкую подвижность смеси, но такую, которая обеспечивает удобную и качественную укладку. При выборе подвижности бетонной смеси учитывают размеры и характер конструкции, густоту армирования и способы укладки смеси.

Правильно организованный контроль качества бетонных работ на всех стадиях технологического процесса изготовления бетонных конструкций — одно из важнейших условий получения прочного и долговечного бетона и снижения стоимости конструкций. Контроль необходим на всех переделах технологического процесса: контролируют качество материалов для бетона, правильность их дозирования, качество перемешивания, укладки, уплотнения, ухода за бетоном, а также определяют прочность затвердевшего бетона испытанием пробных образцов. Прочность и качество бетона в конструкции можно ориентировочно определить и без их разрушения при помощи акустических приборов. Сущность их действия основана на скорости распространения ультразвукового импульса или волны удара в материале и зависит от его плотности и прочности. Прочность бетона в конструкциях без их разрушения можно также установить и механическим способом, например прибором, действие которого основано на зависимости прочности от глубины лунки в бетоне, образованной шариком при его вдавливании, или расстояния отскока маятника от бетона.

## 2. АЛГОРИТМ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

### 2.1 Контроль прочности бетона

#### 2.1.1 Подготовительный этап

Для проверки качества бетона следует своевременно и правильно отобрать пробу и изготовить из нее контрольные образцы. Обычно это делает лаборант. Он же наблюдает за правильностью хранения образцов, а также производит их испытание. При отсутствии лаборанта эти обязанности возлагаются на мастера или бригадира.

Число подлежащих испытанию серий образцов бетона каждой марки назначают из расчета одной серии (три образца) на следующие объемы работ: для массивных сооружений - на каждые  $100 \text{ м}^3$  уложенного бетона, для массивных фундаментов под оборудование - на каждые  $50 \text{ м}^3$  уложенного бетона, но не менее одной серии на каждый фундамент, для каркасных конструкций - на каждые  $20 \text{ м}^3$  уложенного бетона.

Число серий следует увеличивать до 2-3 при ранних сроках ввода в эксплуатацию конструкций менее, чем через 28 дн. после укладки бетона, и при особых условиях работы. Изготовление и хранение контрольных образцов производят по ГОСТ 10180 – 2012. Для определения прочности бетона на сжатие изготавливают образцы-кубы, размеры которых зависят от наибольшей крупности зерен заполнителя.

Образцы изготавливают в разборных чугунных или стальных формах со строганой или шлифованной внутренней поверхностью. Формы должны быть достаточно жесткими, не деформироваться во время формования образцов, с соединениями элементов, исключать потерю цементного молока при формовании. Размер собранных форм необходимо строго выдерживать, не допуская отклонений по длине ребер внутри куба более 1%. Углы между гранями прямоугольных форм должны быть прямыми.

Перед укладкой бетонной смеси формы очищают от остатков бетона, а внутреннюю поверхность смазывают отработанными минеральными маслами



или смазкой, препятствующими сцеплению затвердевшего бетона с поверхностью форм.

Укладка бетонной смеси в формы и ее уплотнение должны быть закончены не позднее чем через 20 мин после отбора пробы бетонной смеси. Методы укладки и уплотнения бетонной смеси в формах зависят от ее подвижности. Особо подвижную бетонную смесь с осадкой конуса более 12 см укладывают в формы высотой до 150 мм включительно в один слой, а формы высотой 200 мм и более - в 2 слоя равной толщины, и каждый слой уплотняют штыкованием металлическим стержнем диаметром 16 мм по спирали от краев к центру образцов. При штыковании нижнего слоя стержень должен достигать дна формы, при штыковании второго слоя стержень должен проникать на глубину 2-3 см в лежащий ниже слой. Число штыкований каждого слоя бетонной смеси принимают из расчета 10 погружений стержня на каждые 100 см<sup>2</sup> поверхности. По окончании штыкования верхнего слоя избыток бетона срезают металлической линейкой вровень с краями формы, а поверхность образца заглаживают.

Для пластичных и жестких бетонных смесей, уплотняемых при формовании изделий вибрированием, образцы изготовляют также с применением вибрирования. Бетонную смесь укладывают в форму с некоторым избытком, после чего форму устанавливают на стандартную лабораторную виброплощадку и закрепляют зажимами. Затем включают виброплощадку и секундомером фиксируют время вибрирования. Вибрирование должно продолжаться до полного уплотнения, характеризуемого прекращением оседания бетонной смеси, выравниванием ее поверхности и появлением на ней цементного раствора. Обычно это время соответствует показателю жесткости, увеличенному на 30 с.

При изготовлении образцов из бетонной смеси жесткостью более 4 с перед укладкой смеси на форме закрепляют насадку высотой, равной высоте формы. Форму с насадкой жестко закрепляют на лабораторной виброплощадке и заполняют бетонной смесью (примерно до половины насадки), устанавливают

сверху на поверхность смеси пригруз, обеспечивающий давление, равное принятому при производстве изделий, но не менее 0,001 МПа и вибрируют в течение 30-60 с до прекращения оседания пригруза. После этого снимают пригруз и насадку, срезают избыток смеси и заглаживают поверхность образца.

После уплотнения образцы в формах, покрытых влажной тканью, хранят в помещении при температуре 10-20°C в течение 1 сут., затем их вынимают из форм, маркируют и до момента испытания помещают в камеру нормального твердения при температуре  $(20\pm 2)$ °C с относительной влажностью не менее 95%. Образцы в камере укладывают на стеллажи в один ряд по высоте с промежутками между ними, обеспечивающими обдувание каждого образца воздухом. Увлажнять их водой не следует. В том случае, если железобетонные изделия изготавливают с применением тепловой обработки, все образцы в формах подвергают одновременному обогреву. В тех же условиях, что и изделия, после чего их освобождают из форм и хранят в нормальных условиях до момента испытания.

### 2.1.2 Контрольный этап

Прочность на сжатие образцов-кубов определяют следующим образом. Образцы извлекают из камеры влажности хранения, осматривают и обнаруженные на опорных гранях дефекты в виде наплывов удаляют напильником или шлифовальным кругом, а мелкие раковины заполняют густым цементным тестом. Затем определяют рабочее положение образца при испытании и отмечают краской или мелом грани, которые будут прилегать к опорам. Опорные грани выбирают так, чтобы сжимающая сила при испытании образца была направлена параллельно слоям укладки бетонной смеси в форму.

Образцы обмеряют металлической линейной с точностью до 1 мм, а затем взвешивают на технических весах. Рабочую площадь сечения образца (в см<sup>2</sup>) определяют как среднее арифметическое площадей обеих опорных граней. Образцы перед испытанием должны в течение 2-4 ч (от момента извлечения из камеры) находиться в помещении лаборатории.

Во время испытания образец ставят в центр нижней опорной плиты прессы по оси. Затем включают электродвигатель гидравлического привода прессы. Нагрузку на образец при испытании увеличивают непрерывно и равномерно со скоростью 0,4-0,8 МПа/с до разрушения образца.

Прочность на сжатие бетона  $R_b$  (в МПа) определяют как отношение разрушающей силы  $P$  (в Н) к первоначальной площади поперечного сечения образца  $S$  (в  $m^2$ ):  $R_b = P / S$ .

Прочность на сжатие бетона вычисляют как среднее арифметическое результатов испытания трех образцов-близнецов при условии, что наименьший результат испытания одного из трех образцов отличается от следующего показателя не более чем на 15%. В случае если наименьший результат испытания отличается больше чем на 15% от следующего большего показателя, то предел прочности вычисляют как среднее арифметическое из двух наибольших результатов.

Марку бетона определяют как предел прочности на сжатие бетонного образца-куба с ребром 150 мм. При длине ребра куба 70, 100, 200, 300 мм предел прочности пересчитывают, пользуясь соответственно следующими коэффициентами: 0,85; 0,91; 1,05 и 1,1.

В случае, когда прочность бетона (в контрольных образцах), уложенного в конструкцию, окажется ниже требуемой по проекту, загрузка конструкций эксплуатационной нагрузкой запрещается. При этом немедленно должны быть приняты меры по созданию необходимых температурно-влажностных условий для прогрессивного нарастания прочности бетона в более поздние сроки (2-3 мес): обогрев паром и поливка бетона водой.

После испытания в эти поздние сроки дополнительной серии контрольных бетонных образцов необходимо решить вопрос о прочности конструкции. Если полученные результаты оказались ниже предусмотренных проектом, следует совместно с проектной организацией разработать мероприятия по усилению конструкций и обеспечению надежности сооружения в соответствии с его назначением.

Кроме испытания прочности бетона на сжатие для отдельных конструкций, проектом специальными техническими условиями предусматривается испытание бетона на изгиб. При применении гидротехнического бетона необходимо также проверять его морозостойкость и водонепроницаемость.[6]

## 2.2 Контроль качества бетона и бетонной смеси на производстве

Контроль качества бетона на производстве ведется по трем основным направлениям, предусматривающим:

1. проведение: предварительных испытаний строительных материалов и подбор состава бетона;
2. контрольных проверок качества строительных материалов и бетона;
3. повседневного контроля технологии, соблюдения правил и норм по приготовлению бетонной смеси.

В соответствии с этими требованиями работа по контролю качества бетона распадается на две части: контроль периодический и контроль повседневный.

*Периодический контроль в производственных условиях предусматривает проведение:*

1. Контроля приемки, правильного размещения на складах, транспортирования и выдачи составляющих материалов и надзора за соблюдением технических правил их хранения (особенно цемента);
2. проверки качества составляющих материалов для приготовления бетонной смеси, отбора проб немедленно по прибытии на склад новой партии материалов и их испытания в соответствии с требованиями действующих стандартов;
3. подбора состава бетона до начала работ, а также при каждом изменении задания состава бетона и применении новой партии материалов,

отличной от предыдущей, на которую уже был сделан подбор состава и которую надо изменить;

4. проверки всех мерных приспособлений для дозировки материалов, правильности показания шкал, счетчиков и иных приспособлений местных устройств;

5. проверки правильности работы механизмов и приспособлений для приготовления бетонной смеси, а при необходимости и установления правил их использования;

6. выбора, а в дальнейшем и периодической проверки рационального режима бетоносмесительных машин в соответствии с указанием каталога или технических условий на производство бетонных работ; проверки степени загрузки бетономешалок, продолжительности перемешивания бетонной смеси, скорости вращения барабана;

7. контроля качества бетонной смеси в соответствии с требованиями действующих стандартов и технических условий;

8. инструктажа всего состава рабочих, обслуживающих дозировку материалов и работу бетономешалок.

*Повседневный контроль производится по следующим направлениям:*

- проверка влажности заполнителей не реже 1 раза в смену и корректировка дозировки воды в бетонной массе при изменении влажности заполнителей;

- а также контроль подготовки заполнителей — их промывка и правильность отсева (если он должен производиться) ;

- проверка дозировки составляющих бетонной смеси — не реже 2 раз в смену. В целях контроля дозировки материалов ежедневно записывается на специальной доске, повешенной у бетономешалки, дозировка составных частей бетонной смеси и водоцементное отношение на данную смену;

- проверка исправности, чистоты и степени загрузки бетономешалок, времени перемешивания и подвижности бетонной смеси при выходе ее из бетономешалок не реже 2 раз в смену, а в зимнее время —

проверка температуры бетонной смеси при выходе из бетономешалок и температуры наружного воздуха.

Контроль качества бетонной смеси не исключает необходимости проверки качества применяемого цемента и заполнителей, подбора состава бетона, а также контроля за приготовлением бетонной смеси. Необходимо отметить, что приготовление бетонной смеси без предварительного подбора его состава не разрешается. При подборе состава бетона допускается руководствоваться активностью цемента, установленной ускоренным методом испытаний, при условии, что марка цемента гарантируется заводом-изготовителем. Отбор проб бетонной смеси на установках и заводах для изготовления контрольных образцов производится из замеса бетономешалки при отпуске бетонной смеси. Причем, пробы отбираются от бетонной смеси каждой марки, изготовленной на одних и тех же материалах. Количество серий образцов бетонной смеси каждой марки назначается из расчета одной серии (не менее 3 образцов-близнецов, т. е. образцов, взятых из одной и той же бетонной смеси) на установленный соответствующими инструкциями объем работ от 20 до 250 м<sup>3</sup> приготовленной смеси. Взятые образцы испытываются для определения марки бетона, как правило, через 28 суток, а образцы бетонной смеси, приготовленной на глиноземистом цементе, через 3 суток.

Образцы представляют собой кубики с длиной ребра, обычно равной 200 мм, но в зависимости от крупности заполнителя образцы могут иметь длину ребра 100, 150 и 300 мм. Испытание образцов производится на специальном прессе. Подсчет прочности ведется в соответствии с указаниями ГОСТ и Технических условий. Текущий повседневный контроль прочности бетона по результатам испытаний контрольных образцов преследует цель немедленного устранения дефектов приготовления бетонной смеси.

Заводы-изготовители бетонной смеси гарантируют соответствие ее с требованиями ГОСТ, составляя паспорт на каждый вид бетонной смеси и при каждом изменении марки бетона. В паспорте указывается: наименование и

адрес завода-изготовителя; номер и дата выдачи паспорта; количество бетонной смеси в кубических метрах; вид, марка и расход цемента на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси; крупность щебня или гравия; подвижность и удобоукладываемость бетонной смеси; марка бетона и номера контрольных образцов. Каждая машина или одновременно прибывающая группа автомашин с бетонной смесью сопровождается накладной в двух экземплярах с указанием номера паспорта и марки бетонной смеси. В число операций по контролю за качеством бетона входит и проверка наличия паспорта для бетона заводского изготовления.[10]

### 2.3 Основные требования к качеству составных бетонов

Для приготовления бетона применяется гранитный щебень, гравий и мелкие заполнители - песок.

Эти материалы должны отвечать следующим требованиям:

1. Щебень и гравий должны быть распределены по фракциям с диаметрами частиц: 5...20, 20...40, 40...70, 70...120 мм;

2. Прочность материала щебня и гравия должна быть выше заданной прочности бетона не менее чем в 1,5-2 раза;

3. Содержание примесей мелких и пылеватых частиц у гравия не должно превышать 1...2% по массе;

4. Песок для бетона должен иметь крупность частиц 0,15...5 мм. Иногда песок делят на две фракции: мелкий - 0,15-2 мм и крупный - 2-5 мм. Содержание частиц диаметром меньше 0,15 мм должен быть не более 2...3%;

5. Вода, которая используется для приготовления бетона и ухода за ним не должна иметь механических примесей, а содержание легкорастворимых солей - не более 5 г/л. Общее содержание сульфатов в воде не должно превышать 2,7 г/л, а показатель концентрации ионов водорода (рН) должен быть не ниже 4;

6. Марка цемента должна превышать заданную марку бетона

RБ 100 150 200 250 300 400 500 600

Rц 200 200-300 400 500 500 500-600 500-600 600

Для предварительной оценки потребности в материалах можно исходить из того, что для приготовления 1 м<sup>3</sup> бетона необходимо иметь:

- щебня или гравия - 0,95 м<sup>3</sup>
- песка - 0,45 м<sup>3</sup>
- цемента - 0,18...0,4 т
- воды - 0,12...0,25 м<sup>3</sup>

С целью повышения качества гидротехнического бетона и его долговечности необходимо:

1. Использовать 2-3 фракции щебня и 2-3 фракции песка. Применение этих фракций позволяет увеличить плотность бетона.

2. Необходимо стремиться к увеличению крупности заполнителей, что позволяет снизить количество цемента на 10-15% и экзотермию бетона.

3. Необходимо применять соответствующие заданным маркам бетона цемент.

4. Необходимо стремиться к применению более твердых бетонных смесей с водоцементным отношением В/Ц < 0,5.

5. Необходимо применять зональный метод бетонирования, то есть внешние части гидротехнических сооружений выполнять из повышенных марок бетона.

6. При приготовлении бетонных смесей в летних условиях необходимо стремиться к выпуску бетонной смеси с пониженной температурой, для чего применяются холодная вода и лед.

7. При приготовлении бетонной смеси в зимних условиях необходимо стремиться к выпуску бетонных смесей с повышенной температурой  $t > 50$  °С

8. Необходимо бетонные работы построить так, чтобы покрытие ранее уложенного слоя бетона осуществлялось к началу его отвердевания.



### 2.3.1 Класс бетона

В строительстве выполняется широкий спектр работ. Почти на каждом этапе используют универсальный материал – бетон. По своему составу и качеству он разделяется на несколько видов. Это очень удобно. Каждый вид имеет свои характеристики, от чего зависит область его применения. Чтобы не запутаться в типе материала, разработана специальная классификация бетона.

#### Классификация по прочности материала

Основной параметр, по которому происходит подразделение на группы – это прочность материала. О величине этой характеристики говорит класс бетона и его марка.

#### Общее понятие марки бетона

Разделение бетона по маркам считается одной из самых распространенных классификаций. По стандарту принято обозначать данный критерий буквой М. Показатели имеют диапазон от М50 до М1000.

Расшифровка маркировки обозначает среднюю степень устойчивости материала при его сжатии. Чем больше в составе содержание цемента, тем выше его прочность. Измеряется данный коэффициент в кгс/кв.см.

#### Общее понятие класса

Класс бетона — это показатель фактической прочности материала. Это основная характеристика песчано-цементного раствора. Она означает нагрузку, которую способен выдержать бетон при сжатии по направлению оси. Его высчитывают после полного затвердевания материала.

Обозначается класс буквой В и цифрой, означающей величину давления в МПа, которое должен выдержать 15-сантиметровый кубик бетона в 95 случаях из 100.

#### Методы определения прочности

Проверяются бетонные изделия в специальных лабораториях методом воздействия на опытные образцы специальным прессом. Помимо этого

существуют еще несколько типов проверки материала на прочность: путем ультразвукового исследования или при помощи ударного импульса.

Бетон для проверки на качество должен устояться и полностью затвердеть. Для этого необходимо выдержать временной период в 28 календарных дней. В лабораторию исследуемый материал поставляется небольшими кусками размером не менее 15 на 15 см. В случае, если часть бетона невозможно изъять, то рекомендуется вызвать специалистов для исследования на месте объекта.

#### Преимущества классификации бетона

Обозначение степени качества бетона классами и марками существует и функционирует плотно друг с другом. Обе классификации основываются на одном и том же параметре – прочности бетона.

Для замешивания различных видов бетона существует свой расчет всех составляющих готового раствора. Соблюдение пропорций не может гарантировать точное соответствие заявленным характеристикам устойчивости. Данная характеристика зависит также от качества используемых ингредиентов: песка, наполнителя, добавок и воды. Важным моментом, который обязательно должен учитываться, являются условия заливки цементного раствора и качество его схватывания.

Состав одной и той же марки может существенно различаться по своей прочности, поэтому марка заключает информацию об усредненной величине. Для того чтобы точнее определить этот параметр, было разработано подразделения на классы бетона. Данная классификация позволяет получить значение гарантированной прочности материала.

При строительных расчетах класс даст более достоверную информацию, поэтому в нормативных документах указывается именно этот параметр. При совершении покупки в строительном магазине используется классификация бетонов по марке.

## Соотношение классов с марками

Каждый класс соотносится с определенной маркой. Таблица 1. соответствий позволяет с легкостью перевести одно наименование в другое.

Таблица 1 - Соотношение классов с марками

<b>Класс</b>	<b>Марка</b>
B3,5	M50
B5	M75
B7,5	M100
B10	M150
B12,5	M150
B15	M200
B20	M250
B22,5	M300
B25	M350
B27,5	M350
B30	M400
B35	M450
B40	M550
B45	M600
B50	M700

Продолжение таблицы 1

B55	M750
B60	M800
B65	M900
B70	M900
B75	M1000
B80	M1000

*Соответствие классов с маркировкой по с маркировкой по морозостойкости, влагонепроницаемости*

Определение морозостойкости при выборе вида бетона может сыграть основополагающую роль. Стабильность к резким перепадам температуры считается значимым условием качества продукта. Особенно важен данный фактор в условиях северного климата.

Диапазон морозостойкости представляет шкалу от F50 до F1000. Цифра в маркировке имеет значение максимального количества циклов замораживания и оттаивания, которые может позволить материал без изменения своей структуры и качества.

Влагонепроницаемость – еще одно важное свойство, характеризующее цементно-песчаный состав. Маркировка обозначается от W2 до W20. Число в названии вида указывает на максимально допустимое давление воды. Данный показатель прямо пропорционален стоимости материала.

Сводная таблица позволяет определить соответствие класса бетона и марок по морозостойкости и водонепроницаемости. Чем выше класс прочности, тем устойчивее состав к холоду и влаге.

Таблица 2 - Соответствие класса бетона и марок по морозостойкости и водонепроницаемости

<b>Класс бетона</b>	<b>Морозостойкость</b>	<b>Влагонепроницаемость</b>
В-7,5	F50	W2
В-15	F100	W4
В-20	F100	W4
В-22,5	F200	W6
В-25	F200	W8
В-30	F300	W10
В-35	F200-F300	W8-W14
В-40	F200-F300	W10-W16
В-45	F100-F300	W12-W18

### Сфера применения

Для каждого типа строительных работ используется свой класс бетонного раствора. Чем выше указанное значение материала, тем лучше его эксплуатационные качества. Рассмотрим самые популярные виды.

#### В30

Бетон имеет большую плотность, поэтому его применение целесообразно в тех конструкциях, на которые осуществляется большая нагрузка. Готовый состав используется для строительства мостов, подземных и гидротехнических сооружений, хранилищ в банках и других элементов, к которым предъявляются специальные требования к прочности и качеству.

## **B25 и B27,5**

Класс B25 представляет собой цементно-песчаный состав с высокими физическими и техническими характеристиками. Он широко применяется для устройства свай, монолитных стен и фундаментов, перекрытий, различных колонн и балок. Такой бетон используют для заливки основы под чаши бассейнов, на которые осуществляется большая нагрузка. По той же причине железобетонные кольца производятся из класса B27,5. Данные конструкции часто выбирают для обустройства колодцев или канализаций, которые находятся под сильным давлением.

## **B22,5**

Бетонный раствор класса B22,5 отлично подходит для заливки монолитных стен и перекрытий, лестничных конструкций, установки заборов, придомовых дорожек и площадок. Следует остановить свой выбор на таком составе в том случае, если вам необходимо подготовить и уплотнить грунт под ленточный фундамент.

## **B12,5 и B15**

Классы B12,5 и B15 используются для работ по выравниванию поверхностей и выполнении бетонных стен, напольных покрытий, фундаментов, стяжек, бетонировании столбов, площадок и дорожек. Такой состав чаще всего применяется для строительства и благоустройства частных домов.

## **B7,5**

Раствор класса B 7,5 иначе называют «легкий бетон». Он получил свое признание в области проведения работ по подготовке к дальнейшей отделке помещений, по обустройству грунта под фундамент или для благоустройства территории рядом с домом. Материал часто применяется в качестве укладки цементно-песчаной подушки под дорожное полотно или для имитации природного камня.

## Классификация по степени растяжения

Существует дополнительная классификация материала по прочности: по растяжению в направлении оси и по максимальному пределу на растягивание при изгибе материала. Данный показатель важен при строительных работах в тяжелых условиях, при которых недопустимы внешние повреждения поверхности.

Обычно бетонные изделия не предназначены для растягивания. Но, тем не менее, разграничение классов по этому параметру имеет огромное значение. Учитывать степень растяжения материала необходимо еще на этапе проектирования для того, чтобы правильно оценить нагрузку на объект.

Это позволяет продлить срок эксплуатации бетонной конструкции и избежать существенных нарушений стандартов. Несоблюдение параметров создает большие риски для возникновения сколов и трещин.

### *Осевое растяжение*

Параметр прочности материала на растяжение в осевой проекции очень важен при монтаже объектов и конструкций, устройство которых категорически не допускает появление трещин или других повреждений. Это могут быть бассейны, фонтаны и другие сооружения, находящиеся под воздействием воды. Для строительства плотин на гидростанциях данный индекс прочности является самым объективным параметром.

Бетонные составы обозначаются латинскими буквами *Bt*. Они подразделены на классы по устойчивости на растяжение: *Bt0,8*; *Bt1,2*; *Bt1,6*; *Bt2*; *Bt2,4*; *Bt2,8*; *Bt3,2*. Чем выше индекс маркировки, тем выше характеристика прочности.

### Растяжение на изгиб

Данная классификация цементно-песчаных растворов используется при выборе материала для укладки дорожного полотна из бетона, при устройстве посадочных полос аэропортов. Подобные строительные работы требуют от него высокого уровня прочности на растяжение.

Обозначение классов указывается при помощи сокращения Bbt. Классификация имеет 19 уровней: Bbt0,4; Bbt0,8; Bbt1,2; Bbt1,6; Bbt2,0; Bbt2,4; Bbt2,8; Bbt3,2; Bbt3,6; Bbt4,0; Bbt4,4; Bbt4,8; Bbt5,2; Bbt5,6; Bbt6,0; Bbt6,4; Bbt6,8; Bbt7,2; Bbt8.

Выделение классов бетонного раствора по различным признакам (прочности, устойчивости при растяжении в осевой проекции и при изгибе) позволяет провести оценку изделия со всех сторон. Это дает возможность подобрать необходимый материал по качеству, который будет отвечать всем требованиям сферы его применения.

Тяжелый цементный бетон идет на сооружение фундамента дома, для бетонирования погреба, овощной ямы, водоема, бассейна, устройства дорожек, ступенек крыльца и др. Плиты перекрытий, плиты дорожных покрытий, перемычки, элементы оград, подвалов и фундаментов, детали колодцев и столбы освещения также изготавливают на основе тяжелого бетона.

#### 2.4 Технология приготовления и транспортировки бетонной смеси

В отличие от большинства материалов, которые используют в строительстве бетонную смесь нельзя заготовить заранее и перевозить на большие расстояния. После приготовления она должна быть уложена в блоки сооружений до начала отвердевания. Такая ее особенность вызывает необходимость в приготовлении ее вблизи мест укладки, чтобы время пребывания смеси в дороге летом не превышало 1 час. Процесс приготовления бетонной смеси состоит из таких операций:

- транспортировка составляющих ее материалов;
- дозирование их;
- загрузка в бетоносмеситель;
- перемешивание;
- выгрузка бетона.



**Ведущий процесс** - перемешивание смеси - осуществляют в бетоносмесителях различных типов и конструкций. процесс приготовления бетонной смеси в значительной степени зависит от имеющегося оборудования, заполнителей и других составляющих бетона. Как правило приготовление бетонной смеси осуществляется на заводах в производственной комплекс которых входят:

- 1.Склады заполнителей и цемента;
- 2.Комплекс объектов: компрессорная, насосная станция, трансформаторная подстанция, котельная и др. ;
- 3.Бункеры заполнителей, цемента, воды и добавок;
- 4.Дозирующие устройства;
- 5.Смесительное оборудование (бетономешалки) ;
- 6.Система управлением хозяйством;
- 7.Бункеры выдачи готовой бетонной смеси.

*Бетонная смесь может готовиться на разных типах бетоносмесительных установок, которые можно разделить на такие виды:*

1. По назначению:
  - а) приобъектные, производительностью до 10 м<sup>3</sup>/час., применяются для приготовления бетонной смеси непосредственно на объектах;
  - б) заводы для приготовления товарного бетона - постоянно действующие, производительностью более 15 м<sup>3</sup>/час.;
  - в) заводы предназначенные для приготовления бетонной смеси на заводах сборного железобетона.
2. По принципу действия:
  - а) циклического действия, что в свою очередь разделяются на:
    1. заводы с гравитационным перемешиванием смеси;
    2. заводы с принудительным перемешиванием бетонной смеси.

Преимущество гравитационного перемешивания заключается в возможности применения заполнителей с крупностью более 150 мм, в отличие

от принудительного, при котором крупность заполнителей не должна превышать 50 мм.

б) заводы непрерывного действия.

3. По мобильности:

а) стационарные заводы;

б) инвентарные заводы;

в) передвижные заводы (автобетономешалки с емкостью до 4 м<sup>3</sup>).

4. По способу управления:

а) механизированные;

б) автоматизированные.

5. По схеме компоновки:

а) одноступенчатые, когда все технологические процессы проходят одну точку (один ярус).

б) двухступенчатые. [2]

## 2.5 Последовательность загрузки материалов и время перемешивания бетонной смеси

*На качество бетонной смеси влияют такие факторы:*

1. Правильная загрузка материалов.

2. Время загрузки.

3. Время перемешивания бетонной смеси.

Последовательность загрузки материала в бетоносмеситель осуществляется в таком порядке: сначала загружается 15-20% воды от необходимого количества, а затем поступает песок, цемент и крупный заполнитель. Оставшееся количество воды, загружается в течении всего цикла загрузки материала.

*Время перемешивания бетонной смеси зависит от:*

1. подвижности бетонной смеси;

2. состава бетонной смеси;

3. крупности заполнителей;

4. емкости бетоносмесителя и находится в границах:

Перегрузка бетоносмесителей допускается не более чем на 10%.

## 2.6 Транспортировка бетонной смеси

Транспортируют бетонную смесь к объектам с/х строительства в основном автомобильным транспортом: автосамосвалами, автобетоновозами, бортовыми автомобилями (в таре), автобетоносмесителями и в специальных емкостях.

Автомобили-самосвалы общего назначения - наиболее распространенный вид транспорта.

Автобетоновозы - специализированные автомобили для перевозки готовых бетонных смесей от бетонных заводов к сооружаемым объектам. Они имеют специальный корытообразной формы кузов, который не допускает расслоения и разбрызгивания бетонной смеси.

Бортовые автомобили используют во время перевозки бетонной смеси в бадьях, контейнерах и специальных бункерах.

Автобетоносмесители это бетоносмесители, смонтированные на автомобиле для приготовления бетонной смеси в дороге.

Во время перевозки бетонной смеси на небольшие расстояния (до 0,5 км) и в пределах строительной площадки применяют мототележки с опрокидными кузовами емкостью 0,3 м<sup>3</sup> или с перекидными ковшами.

Длительность перевозки не должна превышать сроки отвердевания смеси (1 - 1,5 ч).

Бетонную смесь к месту укладки подают различными способами в зависимости от вида и расположения строящейся конструкции, свойств бетонной смеси, объема бетонных работ и заданных темпов бетонирования.

Высота свободного сброса бетонной смеси для предотвращения расслоения не должна превышать 2 м.

Для подачи бетонной смеси из бровки котлована на расстояние 5-10 м при небольшом уклоне 5-10° можно использовать вибротранспортные установки.

Для подачи бетонной смеси на глубину до 10м применяют вертикальные звеньевые хоботы, свыше 10м - виброхоботы.

Бетонную смесь для сооружения конструкций надземной части подают стреловыми и башенными кранами, различными подъемниками.

Бетонную смесь с помощью кранов подают в раздающих опрокидных бадьях вместимостью 0,3 - 0,8м<sup>3</sup> и поворотных ковшах-бадьях вместимостью 0,3 - 3м<sup>3</sup>.

Доставленную автомобилями бетонную смесь перегружают в раздающие бадьи, для чего устраивают приямки.

При бетонировании больших массивов целесообразно подавать бетонную смесь с помощью бетононасосов и пневмотранспортных средств.

Пневмотранспортными установками бетонную смесь подают на расстояние до 200м по горизонтали и до 35м по вертикали. Транспортируют ее по бетоновозу с помощью пневмонагнетателя, в котором компрессор поддерживает необходимое давление (до 0,6 МПа).

Пневмотранспортные установки широко применяются для устройства набивных свай и имеют производительность 10 и 20 м<sup>3</sup>/час.

## 2.7 Укладка и уплотнение бетонной смеси

Основным требованием при бетонировании является послойная укладка бетонной смеси с тщательным уплотнением каждого слоя. Обновлять укладку бетонной смеси можно после достижения бетоном в районе рабочего шва прочности не менее 1,5 МПа. Массивные конструкции бетонируют слоями, толщину которых определяют по формуле

$$h = Qt/F$$

где: **h** - толщина укладываемого слоя, м.;

**Q** - интенсивность подачи бетонной смеси, м<sup>3</sup> /час;

**F** - площадь бетонной конструкции, м ;

**t** - максимальная длительность времени перекрытия ранее уложенного слоя, час.;

$$t = t_1 - t_2,$$

где **t<sub>1</sub>** - промежуток времени между затвором и началом отвердевания цемента, час.

**t<sub>2</sub>** - длительность транспортировки и укладки первой порции бетонной смеси, час.

Для обеспечения уплотнения укладываемого слоя, его толщину принимают не более 1,25 длины рабочей части внутреннего вибратора.

Колонны, стены и перегородки бетонируют ярусами. В пределах яруса бетонную смесь укладывают непрерывно, между ярусами устраивают рабочие швы. Высота яруса принимается 2-3 м.

В балки, прогоны и плиты перекрытий бетонную смесь укладывают, как правило, одновременно. В плитах толщина укладываемого бетонного слоя, составляет 12-25 см.

Арки и своды бетонируют в направлении от пят к замку, одновременно с двух сторон. При пролете более 15 м. бетонную смесь укладывают полосами, длина которых такая же как и продольной оси конструкции. Между полосами оставляют небольшие разрывы, которые заполняют через 5 - 7 дней.

В бетонные подготовки бетонную смесь укладывают широкими полосами между маячными досками сразу на всю высоту.

Основной способ уплотнения смеси - вибрация.

Сущность его заключается в том, что с помощью вибраторов вызывают колебательные движения частиц смеси. В итоге резко снижаются трение и сцепление между ними, смесь приобретает подвижность структурной жидкости, которая стремится занять наименьший объем. Частицы смеси укладываются плотнее в опалубку, выдавливая на поверхность пузырьки воздуха и воды.

В зависимости от способа влияния на бетонную смесь при ее уплотнении различают внутренние, внешние и поверхностные вибраторы.

Внутренние вибраторы наиболее эффективны, их рабочий наконечник при работе окунают в массу, которую уплотняют.

Внешние вибраторы, прикрепляют к опалубке и через нее передают вибрацию на бетонную смесь.

Поверхностные вибраторы устанавливают на уложенный слой смеси.

По мере бетонирования внутренние вибраторы переставляют из одной позиции на другую. Шаг их передвижения составляет 1,5 - 1,75 радиуса действия.

Поверхностные вибраторы переставляют, перекрывая уплотненный участок на 50 - 100 мм

Длительность вибрации для внутренних вибраторов 20 - 40 с; поверхностных 20 - 60 с; внешних - до 60 с.

При бетонировании бетонных и ж/б конструкций неминуемы перерывы в работе. Поэтому устраивают рабочие швы. При возобновлении бетонирования, поверхность ранее уложенного бетона необходимо очистить от грязи и пленки цементного молока, чтобы обнажить крупный заполнитель. На старом затвердевшем бетоне делают насечку. Очищенную поверхность обдувают сжатым воздухом и смачивают водой.

Непосредственно перед возобновлением бетонирования на подготовленную поверхность наносят слой цементного раствора состава 1:3.

## 2.8 Уход за бетоном, обработка после распалубливания

После укладки бетонной смеси наступает период выдержки, который длится до получения бетоном необходимой прочности. В этот период осуществляется уход за бетоном.

В сухую погоду при температуре 15°C и выше поверхность бетона систематически увлажняют, поливая ее водой. Бетоны на портландцементе

необходимо поливать на протяжении 7 суток. Первые три дня бетон поливают через каждые три часа и 1 раз ночью, а в последующие дни не реже 3-х раз в сутки. Бетоны на шлакопортландцементе, которые имеют меньшую активность, поливают на протяжении 14 суток, а на высокоактивных глиноземистых цементах - на протяжении 3х суток.

В жаркую сухую погоду при температуре более 15°C открытые распалубленные поверхности бетона необходимо защищать от солнца, укрывая их рогожами защитными пленками.

В период выдерживания бетона до приобретения им прочности не менее 1,5 МПа движение людей и установка рихтовок по забетонированной поверхности запрещены.

Обработка поверхностей конструкций состоит в исправлении дефектов, выявленных после распалубливания: пустот, каверн, раковин, их расчищают, потом заполняют бетонной смесью или раствором под давлением. Для придания поверхности бетона соответствующего вида ее обрабатывают пескоструйными аппаратами, шлифуют и т.д.

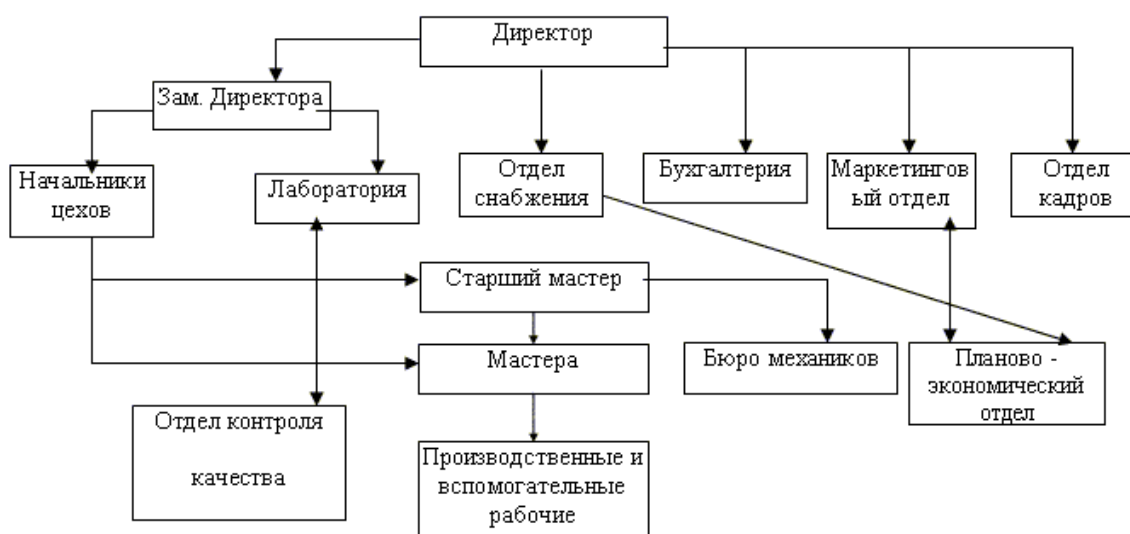
### 3 СТРУКТУРА УПРАВЛЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «ТЕХНОБЕТОН»

#### 3.1 Характеристика компании

В современных условиях особое значение приобретают дальнейшее повышение качества бетона, совершенствование технологий его производства, увеличение производительности. С каждым годом увеличивается ассортимент бетонов, расширяются области его применения, предъявляемые к ним требования, сырьевая база производства.

ООО «ТЕХНОБЕТОН» работает на строительном рынке Москвы и Московской области с 2000 г. Компания профессионально занимается капитальным строительством, производством и поставкой стройматериалов. Основным преимуществом ООО «ТЕХНОБЕТОН» является выполнение основных видов работ своими силами и материалами, что позволяет значительно ускорить процесс строительства, и снизить себестоимость производимой продукции. ООО «ТЕХНОБЕТОН» является крупнейшим в регионе производителем товарного бетона и строительных растворов.

Организационная структура приведена на рис. 1.





## Рисунок 1 – Организационная структура ООО «ПКФ Стройбетон»

Профессионализм специалистов лаборатории обеспечивает производство качественной продукции, а также внедрение новой, благодаря сотрудничеству и обмену опытом с научно-исследовательскими институтами, отечественными и зарубежными компаниями. Персонал лаборатории имеет свидетельства об участии в семинарах в НОУ "Центр дополнительного профессионального образования строителей НИИМосстрой", "Европейского Технического Института", а также постоянно совершенствует свой уровень знаний участием на различных конференциях и семинарах.

Предприятие ООО " ТЕХНОБЕТОН " располагает собственной специализированной лабораторией, которая производит проверку поступающих материалов на соответствие стандартам нормативной документации, контроль производится от стадии замеса до момента укладки бетона на строительной площадке в конструкцию. В лаборатории есть образец из любой партии продукции, которая ушла к потребителю. Так же осуществляется лабораторный контроль качества непосредственно на строительной площадке заказчика. Лаборатория аккредитована "Федеральным Агентством по Техническому регулированию и Метрологии" и органом по аккредитации "Мосстройсертификации".

### 3.2 Основные виды работ лаборатории

Оценка качества заполнителей (определение зернового состава, насыпной плотности, содержания илистых, глинистых и пылевидных частиц, и др.);

Оценка качества раствора и бетона ( определение прочности по образцам-кубам привезенным с объекта, определение прочности бетона механическими методами неразрушающего контроля (ультразвуковым методом и методом отрыва бетона со скалыванием) и многое др.);

Оценка качества кирпича керамического и силикатного (определение прочности на сжатие и изгиб, водопоглощения и др.);

Оценка качества гидравлического вяжущего (определение нормальной густоты и сроков схватывания цементного теста);

Оценка качества асфальтобетонной смеси и асфальтобетона (зерновой состав минеральной части, водонасыщение, предел прочности при сжатии при температуре 20,50 оС и многое др.);

Оценка качества минерального порошка (зерновой состав, влажность);

Оценка качества битума (глубина проникания иглы, температура размягчения);

Оценка качества арматуры;

Оценка качества образцов ”пеноблоков;

Оценка качества сухих строительных смесей;

Оценка качества уплотнения грунта.

ООО «ТЕХНОБЕТОН» располагает следующими ресурсами:

1. опалубка перекрытий в комплекте;
2. стеновая опалубка «ГАММА» в комплекте;
3. арматурные цеха;
4. бетононасосы «Putzmeister», со стрелой от 20 до 42 метра;
5. АБС на базе «MAN» емкостью 10 м<sup>3</sup>;
6. универсальные погрузчики фирмы «MANITU»;
7. автомобили для доставки мелких грузов;
8. автобусы для перевозки рабочих;
9. автокраны на 25 тонн;
10. бытовые помещения;
11. тягачи для доставки арматуры и крупногабаритных грузов.

ООО «ТЕХНОБЕТОН» – это прежде всего коллектив высокопрофессиональных специалистов, которые способны решить любую задачу в области строительства, реализовать проекты любой сложности, сочетающие в себе такие неотъемлемые качества как надежность и экономическая эффективность.

На сегодняшний день предприятие готово предложить следующие услуги

:

1. Функции Генерального подрядчика;
2. Производство земляных работ;
3. Производство монолитных работ;
4. Производство общестроительных работ;
5. Монтаж внутренних инженерных систем;
6. Строительство и реконструкцию дорог.

Основная задача – это комплексный подход к удовлетворению потребностей заказчика, и в этом нам помогает наш высококвалифицированный персонал и четкое понимание поставленных задач.

На предприятии выпускаются следующие виды растворов:

1. Цементный кладочный
2. Цементный кладочный с увеличенными сроками схватывания
3. Известковый кладочный
4. Цементно-известковый (сложный)
5. Цементный штукатурный

Материалы, для приготовления бетонных смесей используются наивысшего качества и соответствуют всем требованиям нормативной документации.

Производство полностью автоматизировано, по каждой отгрузке имеется возможность сделать отчет по отгруженным материалам, что позволяем удостовериться в заданной рецептуре. Диспетчер имеет возможность просматривать маршрут движения каждого автобетоносмесителя в режиме реального времени, что позволяет с точность контролировать доставку растворной смеси

ООО «ТЕХНОБЕТОН» - предприятие, специализирующееся на производстве товарного бетона, раствора, бордюрного камня, асфальтобетона, а также сухих строительных смесей и железобетонных изделий. Одним из

ключевых направлений деятельности предприятия является строительство зданий и сооружений. Территориально заводы предприятия расположены на северо-восточном направлении от Москвы, в городах Королев и Щелково, а также в Москве (Кунцево) и в Сергиевом Посаде. Интенсивное строительство постоянно обеспечивает предприятие столь же интенсивной работой. Строительство большого количества объектов транспортной инфраструктуры, в котором так же занята фирма, накладывает дополнительные требования по качеству продукции.

Качество продукции и расширение ассортимента - это, пожалуй, главные направления движения компании. Неудивительно, что такая ответственная политика привела к тому, что с декабря 2006 года предприятие ООО «ТЕХНОБЕТОН» входит в перечень заводов, разрешенных Мостовой инспекцией для применения своей продукции на объектах транспортного строительства. Продукция предприятия сертифицирована органами по сертификации МГСУ и НИИЖБ. Объемы производства позволяют выпускать до пяти тысяч кубометров бетона и раствора в сутки. Большой парк автобетоносмесителей (миксеров) и самосвалов позволяет производить доставку продукции в непрерывном режиме.

Лаборатория осуществляет контроль качества входящих материалов и далее контроль качества продукции от начала замеса до укладки на строительных объектах. Таким образом, производственный процесс фирмы направлен на соответствие современным требованиям рынка стройиндустрии. Это обеспечивает высокую эффективность сотрудничества. На сегодняшний день у фирмы более 200 деловых партнеров. Предприятие реализует индивидуальный подход, стремясь предоставить клиентам и партнерам широкий спектр услуг. Одно из направлений деятельности предприятия - это благоустройство территорий.

### 3.3 Производство ООО «ТЕХНОБЕТОН»

Фирма производит:

1. Бетоны для объектов транспортного строительства;
2. бетон с высокими эксплуатационными свойствами по прочности, морозостойчивости, водонепроницаемости
3. товарный бетон на гранитном щебне классов В7,5 В80 и выше с использованием новейших добавок; асфальтобетон
4. керамзитобетон
5. фибробетон
6. мелкозернистый бетон
7. растворы от М25 до М250 (цементный и сложный)
8. известковый раствор
9. раствор с сохраняемостью подвижности до 2-х суток
10. бордюрный камень
11. сухие строительные смеси
12. железобетонные изделия

Производственный комплекс ООО «ТЕХНОБЕТОН» включает:

1. пять бетонно-растворных узлов
2. два асфальтных завода
3. цех по производству бордюрного камня
4. комплекс гаражей
5. автопарк грузовых машин различных марок и назначений
6. систему железнодорожных подъездных путей
7. склады и собственную лабораторию, аккредитованную

Федеральным Агентством по Техническому регулированию и Метрологии.

ООО «ТЕХНОБЕТОН» осуществляет полный комплекс услуг, перечень которых включает в себя монолитные работы, функции Генерального

подрядчика, производство земляных и общестроительных работ, проведение работ по благоустройству территории, монтаж внутренних инженерных систем, строительство и реконструкция дорог.

Наличие парка строительной и дорожной спецтехники, а также собственного производства товарного бетона, асфальтобетона, растворов, сухих строительных смесей и бордюрного камня позволяет добиться снижения затрат на возведение строительных объектов.

Таким образом, комплексный подход гарантирует нашу ответственность перед конечным потребителем, а также позволяет добиться экономической эффективности и значительно ускорить строительство объекта, что в свою очередь ведет к снижению себестоимости возводимой нами недвижимости. Использование самых современных технологий и многолетний опыт в капитальном строительстве позволяют выполнять любые поставленные задачи.[23]

## 4 РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТЯЖЕЛЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ ООО «ТЕХНОБЕТОН»

### 4.1 Проектирование составов тяжелого бетона

Проектирование составов бетона - ключевая технологическая задача, решение которой определяет уровень эксплуатационной надежности конструкций и сооружений и степень рационального использования ресурсов, затраченных на их изготовление и возведение.

Основоположником практической методологии проектирования составов бетона является Д. Абраме. Он, обобщив результаты обширных экспериментальных исследований в Чикагской лаборатории, сформулировал основные задачи проектирования составов бетона и методы их решения. По Абрамсу проектирование составов бетона заключается в «выборе водоцементного фактора, соответствующего заданной прочности и условиям работы сооружений, и нахождении такой комбинации заполнителей, которая могла бы дать бетон требуемого качества и пригодной консистенции». При этом должна быть обеспечена наименьшая затрата средств на изготовление бетона и его укладку.

Сформулированные на заре развития технологии бетона задачи проектирования составов остаются актуальными и в настоящее время. В современной технологии под проектированием составов бетона понимают обоснование, выбор вида исходных материалов и их соотношений, обеспечивающих при заданном критерии оптимальности нормируемые проектные требования к бетонной смеси и бетону. При использовании методологии системного подхода проектирование составов бетона может включать ряд дополнительных задач, связанных с оптимизацией технологических параметров производства и проектных требований. Д. Абраме впервые предложил два метода проектирования составов бетона: т.н. «пробный метод» или экспериментальный подбор, и метод предварительных

вычислений. Как показала практика, оба метода имеют право на существование и развитие.

Развитие бетоноведения, компьютеризация технологических и технико-экономических расчетов представили новые возможности для развития расчетного метода проектирования составов бетонов. Расчетные составы бетонных смесей требуют экспериментального уточнения до их производственного использования, тем не менее применение расчетного метода оказывается целесообразным, особенно при необходимости оперативного обоснования потребности ресурсов и эффективности исходных материалов, снижения трудоемкости лабораторных работ. Два указанных метода проектирования составов, как считал Д. Абраме, должны быть основаны на (законе) правиле водоцементного отношения. Многие последующие исследования показали, что утверждение Абрамса о том, что «прочность бетона при данных материалах и условиях их обработки определяется единственно отношением объема употребляемой для смеси воды к объему цемента» является некоторым преувеличением и слово «единственно» лучше заменить на слова «в основном». В ряде работ, в частности, показано существенное влияние на прочность тяжелого бетона при данных исходных материалах наряду с В/Ц, характеризующим качество цементного клея, его объемной концентрации и других факторов.

В настоящее время в технологической практике проектирование составов бетона осуществляется на базе достаточно большого количества методов, основанных на различных теоретических и технологических предпосылках. Все эти методы могут успешно применяться на практике, если они решают поставленные задачи. Как показало время, стремление универсализировать методологию проектирования составов и дискуссия о предпочтительности одних подходов над другими оказались неконструктивными.[5]

Актуальными направлениями развития методологии проектирования составов бетона являются:



- увеличение "разрешающей способности" расчетных методик, т.е. возможности более полного учета технологических факторов и проектных требований к бетону;

- повышение эффективности алгоритмов расчетных методик, их точности и быстродействия.

Развитие этих направлений возможно за счет реализации современных представлений бетоноведения о формировании строительно-технических свойств бетона в сочетании с системным анализом. Наиболее общий подход к проектированию составов бетона основан на количественном учете взаимосвязей типа свойство -структура-состав бетона путем анализа и совместного решения уравнений, связывающих показатели свойств бетона с параметрами его структуры.

Основными предпосылками такого подхода можно считать следующие положения бетоноведения:

1. Большинство свойств бетона являются функциями его структуры. В зависимости от характера тех или иных свойств их могут формировать преимущественно макро- или микроструктурные особенности бетона. Влияние на свойства бетона его структуры предопределяет взаимозависимость различных свойств.

2. Каждое из свойств бетона однозначно связано с соответствующими параметрами или критериями структуры, которые учитывают качественные и количественные особенности его твердой фазы и порового пространства. Как для типичного композиционного материала структурные параметры бетона учитывают особенности его матрицы (цементного камня) и заполнителей, их взаимодействие.

3. Направления изменения различных свойств бетона при изменении параметров структуры и факторов состава могут как совпадать, так и быть различными. Проектирование состава бетона с заданными свойствами требует учета их направленности и во многих случаях является задачей компромиссной.

Оптимальная структура бетона - это структура, которая обеспечивает комплекс требуемых свойств при выполнении заданных условий оптимальности (минимальный расход цемента, минимальная стоимость бетонной смеси и др.). В соответствии с этим условием составы бетона могут существенно отличаться при различных условиях оптимальности.

В строительно-технологической практике наибольшее распространение получили методы проектирования составов бетона с требуемой прочностью при сжатии. Это обусловлено, во-первых, тем, что при конструктивных расчетах прочность бетона является основным его параметром, и, во-вторых, предположением, что с прочностью однозначно связаны и другие необходимые свойства бетона. Последнее предположение, однако, не является достаточно общим. Действительно, с прочностью бетона при сжатии однозначно связаны многие его свойства: прочность при изгибе, растяжении, износостойкость, кавитационная стойкость и др. Однако не является однозначной зависимость прочности и морозостойкости, прочности и ползучести и т.д., и их расчетное определение должно быть основано на использовании комплекса специальных количественных зависимостей.

Проектирование составов бетона может рассматриваться как изолированная система (первый тип задач) и как подсистема более общих технологических систем, например проектирования бетонных и железобетонных конструкций и технологии их производства (второй тип задач). В первом случае задача заключается лишь в оптимальном рецептурном обеспечении заданных параметров, а во втором - решается дополнительно и задача оптимизации самих задаваемых параметров (удобоукладываемости смеси, прочности бетона и др.).

Существующая практика предполагает, в основном, решение задач первого типа, что не всегда может оказаться достаточным. Например, стремление технологов добиться максимальной экономии цемента при проектировании бетона заданной прочности не является продуктивным, если

сам показатель прочности не оптимален с позиций стоимости конструкций. В частности, применение бетона повышенной прочности может позволить уменьшить сечение конструкций и, таким образом, с позиций расхода цемента на единицу изделий (конструкций), а не на кубометр бетона, может оказаться более выгодным. Аналогично, не всегда технико-экономически обоснованными являются показатели удобоукладываемости бетонных смесей, от которых существенно зависят составы. Например, если критерием оптимизации составов является стоимость конструкции, применение жесткой бетонной смеси может оказаться менее выгодным, учитывая трудозатраты на укладку бетона, чем применение литой смеси, хотя последняя содержит большее количество цемента. В связи с этим представляется рациональным, там где это возможно, объединять усилия конструкторов, технологов и экономистов для комплексного решения задач конструктивного и технологического проектирования бетона.

При проектировании составов бетона в задачах второго типа предполагается их многовариантность. Выбор того или иного состава определяют в конкретных условиях, исходя из принятого критерия оптимальности. Такими критериями наиболее часто могут быть минимальный расход цемента, минимальная средняя плотность бетона, минимальная стоимость бетона. Может быть выбран более сложный критерий, например, стоимость конструкций или даже всего сооружения в целом с учетом не только стоимости бетона но и трудоемкости, стоимости изготовления, перевозки и монтажа конструкций.

В задачах второго типа в качестве оптимизируемых факторов состава бетонной смеси рассматриваются не только рецептурные (соотношение заполнителей, расход добавки), но технологические и конструктивные параметры.

Одним из подходов, связывающих состав бетонной смеси с технологическим процессом, является теоретический подход, разработанный Ю. Сторком. Он предложил рассматривать энергию уплотнения бетонной

смеси при вибрации как один из основных параметров состава смеси, обеспечивающий в комплексе с другими факторами, необходимую прочность бетона. Исходя из этой предпосылки, Ю. Сторк вывел ряд уравнений, устанавливающих зависимость между режимом вибрации, составом и физико-механическими свойствами бетонных смесей и бетонов. В ряде работ получены уравнения, связывающие состав бетона с режимом тепловой обработки, и рассмотрены их решения при различных критериях оптимальности.

Задачи первого типа можно разделить на группы: однопараметрические, двухпараметрические и многопараметрические. В основу такой классификации положено общее количество нормируемых параметров для бетонной смеси и затвердевшего бетона.

Для однопараметрических задач не нормируется обычно в строго определенных количественных границах показатель удобоукладываемости смеси. Указывается лишь его качественная характеристика (смесь полусухая, жесткая, подвижная, литая). Качественно могут характеризоваться и отдельные показатели затвердевшего бетона (бетон морозостойкий, водонепроницаемый, сульфатостойкий и др.). В ряде случаев указывается способ изготовления изделий или выполнения бетонных работ. Могут указываться также условия эксплуатации конструкций. В тех случаях, когда это представляется возможным, технолог вводит в условие задачи проектирования составов количественные показатели, адекватные качественным оценкам, и однопараметрическая задача проектирования состава трансформируется в двух- или многопараметрическую. В остальных случаях приходится, проектируя состав, обеспечивающий нормируемые свойства, вводить необходимые ограничения по расходу воды, В/Ц, крупности и виду заполнителей, содержанию добавки.

Наиболее разработанными и реализуемыми на практике являются двухпараметрические задачи, когда нормируемым свойством бетона является его прочность при сжатии (Псж), а бетонной смеси - показатель

удобоукладываемости (подвижность ОК или жесткость Ж). Для решения задач этого типа широко применяются расчетно-экспериментальные методы, использующие ряд известных технологических зависимостей: прочности бетона от цементно-водного отношения, правило постоянства водопотребности бетонных смесей, правило оптимального содержания песка и др.

При решении таких задач для тяжелых бетонов последовательно определяют значения цементно-водного отношения, расход воды с учетом требуемой подвижности или жесткости бетонной смеси и расход заполнителей, используя допущение о том, что бетонная смесь складывается из абсолютных объемов всех ее составляющих. В простейшем случае для четырехкомпонентной смеси необходимо знание трех параметров: цементно-водного отношения (Ц/В), расхода воды (В) и фактора, характеризующего соотношение заполнителей (доли песка в смеси заполнителей ( $\gamma$ ) или коэффициента раздвижки зерен крупного заполнителя цементно-песчаным раствором ( $\alpha$ )). Последний фактор можно рассматривать как оптимизирующий, т.к. лишь при некотором оптимальном его значении, в условиях Ц/В=const, возможно достижение минимального расхода цемента. Чаще всего под оптимальным принимают соотношение заполнителей, обеспечивающее их наилучшую удобоукладываемость или минимальную водопотребность. Для бетонной смеси с большим количеством компонентов строгий аналитический поиск оптимального соотношения заполнителей становится достаточно сложной задачей, требующей применения методов нелинейного программирования и ДР - В некоторых случаях задача может быть упрощена при использовании эмпирических зависимостей.

Оптимизирующим фактором может служить также расход добавки. В частности добавки-пластификаторы позволяют достичь минимального расхода цемента при оптимальном их расходе, который зависит от необходимой подвижности смеси, прочности бетона.

В тех случаях когда, кроме прочности при сжатии, возникает необходимость нормирования ряда других его конструктивно-технических

свойств, задача проектирования состава существенно усложняется. При проектировании составов различных и, в особенности, специальных видов бетона (гидротехнического, дорожного, коррозионностойкого и т.д.) возникают многопараметрические задачи. Их можно разделить на три подгруппы:

- с нормируемыми параметрами, однозначно связанными с прочностью бетона при сжатии;
- с нормируемыми параметрами, неоднозначно связанными с прочностью при сжатии;
- с нормируемыми параметрами, не связанными с прочностью при сжатии.

В первую подгруппу входят, например, задачи с различными нормируемыми показателями прочности бетона. При расчете составов таких бетонов сначала находится определяющий параметр из нормируемых свойств бетона, соответствующая ему прочность при сжатии и устанавливается минимально возможное  $C/W$ , обеспечивающее весь набор свойств. Под "определяющим параметром" понимается такой нормируемый параметр, достижение которого предполагает одновременно достижение и всех других параметров, указанных в условии задачи.

Разработка достаточно общего и доступного расчетно-экспериментального метода проектирования составов бетонных смесей с заданной удобоукладываемостью и прочностью бетона стала возможной благодаря использованию ряда допущений, сделанных на основе физических закономерностей, обусловленных влиянием структуры бетона на его свойства. Такими закономерностями являются закон (правило) водоцементного отношения, правило постоянства водопотребности бетонных смесей, правило оптимального содержания песка и др. Данные закономерности могут быть использованы и при многопараметрическом проектировании составов бетона.

При этом общая схема метода следующая:

1. С учетом проектных требований к бетону, технологических условий и технико-экономического анализа выбираются исходные компоненты бетонной смеси и ее удобоукладываемость.

2. В тех случаях, когда нормируются свойства бетона, однозначно связанные с прочностью бетона при сжатии  $R_{сж}$  (прочность при растяжении, изгибе, модуль упругости, условная растяжимость и др.), определяется значение последней, обеспечивающее заданные свойства.

3. С учетом активности цемента, качественных особенностей заполнителей, условий твердения и других факторов определяется Ц/В, обеспечивающее заданные свойства.

4. Для достижения требуемого показателя удобоукладываемости и при необходимости других свойств бетонной смеси и бетона (например, усадки) при использовании данных исходных материалов и добавок определяется расход воды (В). При этом в случае выхода за пределы правила постоянства водопотребности расход воды корректируется с учетом Ц/В.

5. При нормировании морозостойкости бетона рассчитывается требуемый объем эмульгированного воздуха и уточняется необходимое Ц/В.

6. При найденных значениях В и Ц/В проверяется возможность достижения нормируемых свойств, которые определяются этими двумя технологическими параметрами. В случае недостижения нормируемых параметров производится дополнительное корректирование В и Ц/В с использованием при необходимости специальных технологических приемов (введение добавок и др.).

7. Рассчитывается с учетом окончательно найденных Ц/В и В расход цемента и проверяется выполнение ограничений, связанных с расходом цемента (тепловыделение, стойкость к коррозии и др.).

8. Рассчитывается состав мелкого и крупного заполнителя при введении нескольких фракций, а затем их расходы. При выборе соотношения

заполнителей наряду с достижением наилучшей удобоукладываемости и прочности принимаются во внимание и другие условия (повышенная водонепроницаемость, толщина конструкции, степень армирования и др.).

9. Рассматривается возможность использования различных технологических решений, направленных на экономию цемента, снижение энергозатрат, уменьшение стоимости бетонной смеси.[7]

#### 4.2 Основные принципы решения задач многопараметрического проектирования составов бетона

Задачи МПСБ отличаются от традиционных большим числом учитываемых параметров как на "входе", так и на "выходе" сложных гетерогенных систем, каковыми являются бетонная смесь и бетон.

Все задачи МПСБ можно разделить на два типа:

1. Рецептурные задачи, заключающиеся в определении удельных расходов компонентов, обеспечивающих нормируемый комплекс свойств бетона;

2. рецептурно-технологические задачи, заключающиеся в определении наряду с удельными расходами компонентов значений тех или иных технологических факторов, характеризующих условия получения и твердения бетонной смеси и бетона.

Задачи обоих типов являются оптимизационными и могут считаться решенными лишь при выполнении сформулированных условий оптимальности.

Алгоритмы рецептурных задач предполагают нахождение базовых параметров смеси - цементно-водного отношения ( $C/V$ ), расхода воды ( $V$ ), объема вовлеченного воздуха ( $V_{вх}$ ) и доли песка в смеси заполнителей ( $r$ ), обеспечивающих наиболее эффективным образом комплекс нормируемых свойств. Алгоритмы рецептурно-технологических задач предполагают определение базовых параметров смеси и параметров технологического процесса (температуры, длительности твердения, режимы уплотнения и т.п.).



Использование базовых параметров смеси с привлечением уравнений абсолютных объемов позволяет найти расходы 5-и компонентов бетонной смеси (цемента (Ц), воды (В), объема вовлеченного воздуха ( $V_{вх}$ ), мелкого (М) и крупного заполнителей (К)).

Последовательность нахождения параметров смеси определяется особенностями конкретных задач МПСБ.

Реализация алгоритмов возможна благодаря однозначной связи группы важнейших физико-механических свойств бетона с Ц/В. В эту группу свойств входят прежде всего прочностные показатели, ряд деформативных и других свойств, определяемых соотношением объема гидратированного цемента и пористости бетона. Для задач МПСБ правило В/Ц следует рассматривать как базовую закономерность, определяющую весь комплекс указанных свойств, а не только прочность при сжатии.

Для бетонов с добавками и легких бетонов целесообразно использовать в качестве основного рецептурного параметра "приведенное Ц/В", что существенно увеличивает диапазон применимости расчетно-экспериментальных методов проектирования составов бетона и расчетных зависимостей прочности бетона.

При выборе количественных зависимостей должны рассматриваться как целевая установка конкретной задачи, так и имеющаяся исходная информация. Например, для простейших задач, включающих определение прочности тяжелого бетона в условиях нормального твердения без минеральных, воздухововлекающих и других добавок могут быть использованы наиболее известные формулы. При наличии развернутой информации о качестве исходных материалов коэффициент А в формулах прочности бетона уточняется согласно рекомендациям, в противном случае берется по укрупненным рекомендациям или вообще не учитывается.

Различные количественные зависимости можно использовать и для определения расхода заполнителей. При известных значениях удельной

поверхности и пустотности заполнителей можно воспользоваться для определения оптимального соотношения формулой. В тех случаях, когда известны наряду с расходом цемента и В/Ц лишь водопотребность песка, расход щебня можно определить, рассчитав коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя цементно-песчаным раствором  $K_p$  по рекомендациям. Если заданы пустотность песка и щебня (их можно легко вычислить, зная истинные и насыпные плотности заполнителей) расчет  $K_p$  можно вести по зависимостям с соответствующими поправками. Банк имеющихся в бетоноведении количественных зависимостей стремительно увеличивается в последние годы особенно за счет полиномиальных уравнений регрессии – математических моделей, адекватных в определенном “факторном пространстве”. Наиболее значительную часть этих моделей получают с помощью методов планирования эксперимента.

Характерной особенностью алгоритмов задач МПСБ является учет интервалов возможных значений параметров смеси, обусловленных различными нормируемыми показателями.

Такой интервал характерен обычно, например, для Ц/В при нормировании различных прочностных показателей. Аналогично, “ножницы” по расходу воды образуют, например, показатели удобоукладываемости бетонной смеси и усадка бетона, по объему вовлекаемого воздуха - прочность и морозостойкость. Это требует включения в алгоритмы задач МПСБ специальных вычислений, связанных с определением таких значений параметров смеси, которые обеспечивают весь комплекс нормируемых свойств. При этом в каждой группе свойств один из показателей становится определяющим. Достижение этого параметра предполагает одновременно достижение и других нормируемых показателей данной группы.

Не все рекомендуемые для использования в расчетах зависимости, где  $R_i$  – показатель свойства бетона, являются достаточно однозначными. Так, ряд исследователей предлагает связывать меру ползучести ( $C_m$ ) лишь с прочностью бетона при сжатии. В то же время в настоящее время можно считать

доказанным существенное влияние на  $R_{сж}$  при  $R_{сж}=\text{const}$  содержания цементного камня, что согласуется с физическими гипотезами о механизме деформаций бетона при длительном действии нагрузки. Работами Е.Н.Щербакова показано также существенное влияние массового содержания цементного камня наряду с прочностью при сжатии в широком диапазоне составов на модуль упругости бетона. Как известно, Европейским комитетом по бетону, а также СНиПами рекомендуются для прогнозирования модуля упругости зависимости, связывающие его лишь с прочностью при сжатии.

Можно показать также неоднозначность зависимости прочности бетона при сжатии и соответственно  $C/V$  или  $V/C$  с группой свойств, определяемых капиллярной пористостью (водопоглощение, морозостойкость и др.).

Уменьшение  $V/C$  и увеличение количества связанной воды снижает капиллярную пористость, но при этом повышение расхода цемента приводит к увеличению объема цементного камня в бетоне и несколько повышает пористость.

Зависимости рассмотренного вида могут быть использованы для проверки возможности достижения соответствующих показателей свойств при известном составе и корректирования параметров смеси. Например, нормируется средняя прочность бетона  $R_{сж}=65$  МПа и ползучесть  $S_{т.106}=3,5$ .

Подвижность бетонной смеси на гранитном щебне и кварцевом песке средней крупности принята  $OK=2$  см. Активность цемента  $R_{ц}=50$  МПа. По формуле при  $A=0,6$   $C/V=2,63$ . Необходимая подвижность бетонной смеси обеспечивается при  $V=175$  л/м<sup>3</sup>.

В ряде многопараметрических задач достижение комплекса нормируемых свойств невозможно без специальных технологических средств - применения добавок, регулирования температуры и др. В частности, без применения таких технологических средств могут оказаться недостижимыми требования обеспечения высокой подвижности бетонной смеси и низкой усадки, пониженного тепловыделения и высокой прочности и т.д. В еще большей мере

усложняются задачи при ограничениях технологических параметров (температуры, длительности твердения, типа опалубки и др.).

Оптимизация составов бетонных смесей в задачах МПСБ предполагает сужение интервалов по параметрам смеси и сдвиг необходимых значений Ц/В и В в меньшую сторону. Выбор оптимизационных решений проводится с учетом конкретных возможностей и ограничений и направлен на достижение заданных условий оптимальности. Наиболее эффективными оказываются технологические решения, направленные на достижение комплексного эффекта. В частности при решении оптимизационных задач МПСБ эффективным оказывается применение добавок, которые можно отнести к полифункциональным модификаторам (ПФМ). ПФМ могут быть представлены как одинарными, так и композиционными добавками различного типа.

Для рецептурно-технологических задач оптимизация состава достигается выбором наилучшего соотношения параметров смеси при наиболее рациональных значениях регулируемых технологических факторах. [9]

#### 4.3 Постановка задачи по совершенствованию контроля качества тяжелых бетонных смесей

Поскольку бетон - это искусственно изготовленный продукт, получающийся смешиванием определенных компонентов (цемент, песок, гравий, вода) и последующим их затвердеванием, то его производство, как строительного материала должно соответствовать требованиям характеристик надежности. Одной из основных характеристик качества бетона, которую определяют в лаборатории, является его прочность. Определение прочности производят по образцам, изготавливаемым по специальной технологии на прессах, обеспечивающих постепенное сжатие образца до его разрушения. Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принимают за разрушающую нагрузку.

Прочность бетона  $R$ , МПа, следует вычислять при испытаниях на сжатие для каждого образца по формуле:

$$R = \alpha \frac{F}{A},$$

где  $F$  - разрушающая нагрузка, Н;

$A$  - площадь рабочего сечения образца, мм<sup>2</sup>;

$\alpha$  - масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базового размера.

Прочность бетона в серии образцов определяют как среднее арифметическое значение прочности отдельных образцов в серии:

- из двух образцов - по двум образцам;
- из трех образцов - по двум наибольшим по прочности образцам;
- из четырех образцов - по трем наибольшим по прочности образцам.

Кроме прочности качество бетона характеризуется его однородностью. В качестве показателя, характеризующего однородность бетона, может использоваться коэффициент вариации. В том случае если состав бетона неоднороден, его плотность будет неравномерной, в результате чего бетонный фундамент не сможет выдержать расчетную нагрузку от веса сооружения, что приведет к его разрушению.

Чем меньше значение коэффициента вариации бетона, тем однороднее его состав и лучше показатели его качества.

Однако в лаборатории этот показатель в настоящее время не применяется, хотя в Госте он рекомендован для оценки однородности бетонной смеси. [8]

В дипломной работе для совершенствование контроля качества бетонных смесей предложено применять этот показатель.

Определение коэффициента вариации прочности бетона ( $V_m$ ) в партии и в совокупности партий производится следующим образом:

1. Для начала следует вычислить среднюю прочность бетона в партии ( $R_m$ ). Она определяется как среднее арифметическое единичных значений прочности бетона ( $n$ ), при этом их число не должно быть меньше 30.

Прочность бетона в партии ( $R_m$  – среднее значение) в МПа, вычисляют по формуле

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{N},$$

где  $R_i$  - единичное значение прочности бетона, МПа;

$N$  - общее число единичных значений прочности бетона (количество образцов в партии), при этом их число не должно быть ниже 30.

За единичное значение прочности бетона принимают:

- при контроле по образцам - среднюю прочность бетона в одной серии образцов,

2. Затем необходимо вычислить среднеквадратическое отклонение прочности бетона в партии ( $S_m$ )

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_m)^2}{n - 1}}$$

3.Затем вычисляют коэффициент вариации прочности бетона в партии (партионный коэффициент) ( $V_m$ ) - отношение среднеквадратического отклонения к среднему значению в процентах вычисляют по формуле

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} \cdot 100,$$

4.Затем определяют среднее значение партионного коэффициента вариации прочности бетона за анализируемый период ( $n$ ) в процентах вычисляют по формуле

$$V_n = \frac{\sum_{i=1}^n V_{m,i} N_i}{\sum_{i=1}^n N_i},$$

где  $V_{m,i}$  - коэффициенты вариации прочности бетона в каждой  $i$ -й из  $n$  протестированных в течение анализируемого периода партий бетона;

$n_i$  - число единичных значений прочности бетона в каждой  $i$ -й из  $n$  партий бетона, протестированных в течение анализируемого периода;

$\sum_{i=1}^n n_i$  - общее число единичных значений прочности бетона за анализируемый период (не менее 30).

Таким образом, коэффициент вариации прочности бетона отображает отличие максимальных и минимальных значений прочности от среднего показателя, то есть характеризует степень надежности технологии производства бетонной смеси.

#### Пример оценки

Правила вычисления внутрисерийного коэффициента вариации иллюстрируются примером 1.

*Пример 1.* На заводе «Д» изготавливают конструкции из бетона 7 различных составов, характеристики которых приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Составы бетона

№ состава	Класс бетона	Марка, вид цемента	Вид крупного заполнителя
1	B15	300, ШПЦ	Щебень известняковый
2	B15	300, ШПЦ	Щебень известняковый
3	B25	500, ПЦ-Д20	Щебень гранитный
4	B25	500, ПЦ-Д20	Щебень гранитный
5	B25	500, ПЦ-Д20	Щебень гранитный
6	B30	500, ПЦ-Д20	Щебень гранитный
7	B30	500, ПЦ-Д20	Щебень гранитный

Для проверки  $V_c$  целесообразно выбрать состав № 2

Выборка результатов по составу № 2 для отпускной прочности бетона и необходимые вычисления приведены в табл.

Вычисляем среднюю прочность бетона по всем сериям образцов  $R_m = (18,5 + 17 + \dots + 15,8)/20 = 370,7/20 = 18,5$  МПа.

3. Вычисляем среднеквадратическое отклонение прочности бетона в партии по формуле (5)

$$S_m = \sqrt{\frac{(18,5-18,5)^2 + (17-18,5)^2 + (16,8-18,5)^2 + \dots + (15,8-18,5)^2}{19}} = 1,48$$

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} * 100 = \frac{1,48}{18,5} * 100 = 8 \%$$

Таблица 4 – Серии испытаний 2-го состава бетона

№ серии	Прочность отдельных образцов, МПа			Средняя прочность в серии $R_i$ , МПа
	1	2	3	
1	18,1	18,4	18,9	18,5
2	16,5	17,4	17	17
3	16,9	16,4	17,1	16,8
4	21,2	21,8	21,6	21,5
5	19,5	19,9	20,6	20
6	19,9	20	20,2	20
7	20	22,2	20,9	21
8	20,6	19,8	21,4	20,6
9	18,6	18,3	19,3	18,7
10	16,5	18,7	17,8	17,7
11	17,4	18,1	16,5	17,3
12	17,9	18,5	18,4	18,3
13	18,6	18,3	19,3	18,7
14	17,4	18,2	18,8	18,1
15	18,1	17,5	19	18,2
16	17,7	16,4	17,2	17,1
17	18,6	18,4	19,5	18,8
18	18,5	19	19,1	18,9
19	18,5	17,7	16,8	17,7
20	15,9	16,3	15,2	15,8

1 МПа = 10 кгс/см<sup>2</sup>



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения дипломной работы:

1. Рассмотрены теоретические основы обеспечения качества бетонов и бетонных смесей,
2. Проанализированы существующие технологии контроля качества бетона на различных этапах его использования: при погрузке, транспортировке, укладке, уходе за бетоном.
3. Проведен анализ структуры и основных направлений деятельности, ООО «ТЕХНОБЕТОН», характеристик выпускаемой на предприятии продукции, применяемые методы контроля качества изготавливаемых бетонов.
4. В результате анализа выявлено, что при контроле качества тяжелых бетонных смесей не учитываются показатели вариации их прочностных характеристик, характеризующие однородность бетонной смеси. В выпускной квалифицированной работе предложено в качестве направления совершенствования контроля качества использовать коэффициент вариации. Приведены зависимости по его определению и пример его расчета.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 10060.2-95- Бетоны. Ускоренные методы определения морозостойкости при многовариантном замораживании и оттаивании
2. ГОСТ 10181.0-81- Смеси бетонные. Общие требования к методам испытаний
3. Микульский В.Г., Горчаков Г.И., Козлов В.В. Строительные материалы. – М.: АСВ, 2000. -485 с.
4. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В., Магдеев У.Х. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: Учебник. М:АСВ, 2014.- 236 с.
5. Хрулев В.М. Развитие представлений о композиционных материалах в строительном материаловедении // Строительные материалы, 2004.-№8.- С. 28-29.
6. Зошук Н.И., Владимиров В.В. Влияние формы зерен мелкого и крупного заполнителей на свойства бетона // Бетон и железобетон, 2015. -№ 10.С. 8-9.
7. Кудряков А.И., Петров Г.Г Влияние межзерновой пустотности заполнителя на прочность бетона с мелкими и очень мелкими песками // Строит, матер, из попут. продуктов пром-сти. Л., 2003. - С. 124-130.
8. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л., Житковский В.В. Расчет оптимального содержания песка в бетоне // Бетон и железобетон. 2004. - № 2. - С. 4-6.
9. Гордон С.С. Структура и свойства тяжелых бетонов на различных заполнителях. М.: Стройиздат, 2011. - 151 с.
10. Десов А.Е. Некоторые вопросы структуры, прочности и деформативности бетонов // Структура, прочность и деформативность бетонов. М., 2016.-С. 4-58.
11. Сытник Н.И. Теоретические предпосылки и основы технологии получения бетона высокой прочности//Высокопрочные бетоны. К., 2007. - С. 6-14.

12. Сытник Н.И., Иванов В.А. Экспериментальные исследования прочности и деформативности высокопрочных бетонов // Высокопрочные бетоны. -К., 2007.-С. 54-73.
13. Френкель И.М. Основы технологии тяжелого бетона: Автореф. дис. . докт. техн. наук. М., 2006.- 29с.
14. Скрамтаев Б.Г. Исследование прочности бетона и пластичности бетонной смеси. М.;Б. и., 2006. - 222 с.
15. Грушко И.М., Глущенко Н.Ф., Ильин А.Г. Структура и прочность дорожного цементного бетона. Х.: Изд-во Харьк. ун-та, 2015. - 135 с.
16. Баженов Ю.М., Королев Е.В., Прошин А.П., Королева О.В., Самошин А.П. Теоретические основы выбора вида заполнителя для каркасных бетонов // Изв. ВУЗов. Строительство, 2005. № 5. - С. 38-41.
17. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. М.: Стройиздат, 2011. - 464 с.
18. Горчаков Г.И. Строительные материалы: Учебник для вузов. М.: Высш. шк., 2016. - 688 с.
19. Десов А.Е. Макроструктурная гипотеза прочности бетона при сжатии и ее экспериментальная проверка // Бетон и железобетон. 2012.-№ 7. - С. 28.-30.
20. Баженов Ю.М. Высокопрочный мелкозернистый бетон для армоцементных конструкций. -М.: Госстройиздат, 2013. 128 с.
21. Шадрин А.А. Исследование зернового состава песков для мелкозернистого бетона// Мелкозернистые бетоны. М., 2002. - С. 54
22. Рыбьев И.А., Жданов А.А. Создание строительных материалов с заданными свойствами // Изв. ВУЗов. Строительство, 2003. № 3. - С. 45-48.
23. Официальный сайт предприятия ООО «ТехноБетон» [t-bet.ru](http://t-bet.ru)