**Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и оценки соответствия в строительстве»**

Методические рекомендации

СТРОИТЕЛЬСТВО ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ

Москва 2018

gost.e-ecolog.ru

Содержание

Введение 4
1 Область применения 5
2 Нормативные ссылки 5
3 Термины и определения 10
4 Общие положения 13
5 Конструкции цементобетонных покрытий и оснований 15
6 Организация строительства 19
7 Требования к бетону и бетонной смеси 25
8 Требования к материалам для бетона, ухода за свежеуложенным бетоном и герметизации 34
9 Подбор составов бетона покрытий и оснований 40
10 Приготовление и транспортирование бетонной смеси 54
11 Подготовительные работы перед распределением и укладкой бетонной смеси 60
12 Строительство цементобетонных покрытий и оснований бетоноукладчиками со скользящими формами 68
13 Строительство бетонных оснований методом укатки (укатываемый бетон) 74
14 Строительство бетонных оснований и покрытий с применением средств малой механизации 79
15 Нанесение искусственной шероховатости на поверхность свежеуложенного бетона 82
16 Уход за свежеуложенным бетоном 84
17 Устройство деформационных швов в покрытиях и основаниях и их герметизация 87
18 Бетонирование в зимних условиях 91
19 Контроль качества бетонной смеси и бетона покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов 96
20 Оценка неровности и коэффициента сцепления колеса с покрытием 110
Приложение А (информационное). Годовые потребности в электроэнергии, сжатом воздухе и воде 112

Приложение Б (информационное). Основные типы и параметры бетоносмесительных установок 113
Приложение В (информационное). Схема технологического потока устройства цементобетонного покрытия комплектом машин в скользящих формах 115
Приложение Г (информационное). Перечень лабораторных журналов 116
Приложение Д (рекомендуемое). Лабораторное оборудование для контроля бетонной смеси и бетона покрытий и оснований на ЦБЗ и месте укладки бетона 117
Библиография 121

Введение

Настоящие методические рекомендации (далее, рекомендации) разработаны в развитие СП 34.13330, СП 78.13330, СП 121.13330 на основе исследований «СоюздорНИИ», с учетом накопленного опыта строительства цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов в России и за рубежом.

Рекомендации предназначены для проектных и строительных организаций при разработке конструктивно-технологических решений, проектов организации строительства (ПОС) и производства работ (ППР), выполнении строительно-монтажных работ, для испытательных лабораторий, Заказчика, органов технического надзора и строительного контроля, а также для подготовки специалистов.

Рекомендации направлены на повышение качества, надежности и долговечности автомобильных дорог и аэродромов с цементобетонными покрытиями и основаниями, производительности и экономической эффективности строительства.

Рекомендации разработаны авторским коллективом: д. т. н. Л.А. Андреева, инженеры И.П. Потапов, П.А. Костюкевич, Н.И. Карганова, А.В. Багинов, А.С. Букреева, Л.В. Клименко (ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ»), к. т. н. В.М. Юмашев, Р.А. Коган, В.В. Силкин, С.В. Эккель, инженер И.В. Басурманова (АНО «НИИ МК НТ»).

1 Область применения

Рекомендации распространяются на строительство (реконструкцию) монолитных цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог общего пользования и аэродромов, устраиваемых современными машинами и оборудованием во всех климатических зонах РФ, а также аналогичных по условиям эксплуатации монолитных цементобетонных сооружений.

2 Нормативные ссылки

ГОСТ 4.212-80 «Система показателей качества продукции. Строительство. Бетоны. Номенклатура показателей»

ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема»

ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии»

ГОСТ 310.6-85 «Цементы. Метод определения водоотделения»

ГОСТ 5578-94 «Щебень и песок из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов. Технические условия»

ГОСТ 5781-82 «Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций»

ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия»

ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия»

ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний»

ГОСТ 8269.1-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы химического анализа»

ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний»

ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия»

ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости»

ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия»

ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»

ГОСТ 10181-2014 «Смеси бетонные. Методы испытаний»

ГОСТ 10884-94 «Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций»

ГОСТ 10922-2012 «Арматурные и закладные изделия сварные, соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Общие технические условия»

ГОСТ 12730.0-78 «Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости»

ГОСТ 12730.4-78 «Бетоны. Методы определения показателей пористости»

ГОСТ 13087-81 «Бетоны. Методы определения истираемости»

ГОСТ 16349-85 «Смесители циклические»

ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетенции испытательных и калибровочных лабораторий»

ГОСТ 17624-2012 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности»

ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности»

ГОСТ 18481-81 «Ареометры и цилиндры стеклянные»

ГОСТ 22266-2013 «Цементы сульфатостойкие. Технические условия»

ГОСТ 22690-2015 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля»

ГОСТ 23558-94 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия»

ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия»

ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия»

ГОСТ 24452-80 «Бетоны. Методы определения призменной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона»

ГОСТ 24544-81 «Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести»

ГОСТ 24545-81 «Бетоны. Методы испытаний на выносливость»

ГОСТ 25192-2012 «Бетоны. Классификация и общие технические требования»

ГОСТ 25607-2009 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия»

ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия»

ГОСТ 27006-86 «Бетоны. Правила подбора состава»

ГОСТ 28570-90 «Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций»

ГОСТ 28575-2014 «Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы определения паропроницаемости защитных покрытий»

ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов»

ГОСТ 30413-96 «Дороги автомобильные. Метод определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием»

ГОСТ 30459-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов.

Определение и оценка эффективности»

ГОСТ 30740-2000 «Материалы герметизирующие для швов аэродромных покрытий. Общие технические условия»

ГОСТ 30744-2001 «Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка»

ГОСТ 31108-2016 «Цементы общестроительные. Технические условия»

ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний»

ГОСТ 31384-2017 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические условия»

ГОСТ 31424-2010 «Материалы строительные нерудные из отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия»

ГОСТ 31914-2012 «Бетоны высокопрочные тяжелые и мелкозернистые для монолитных конструкций. Правила контроля и оценки качества»

ГОСТ 31938-2012 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия»

ГОСТ 32495-2013 «Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия»

ГОСТ 32870-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Герметики битумные. Технические требования»

ГОСТ 33174-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Цемент. Технические требования»

ГОСТ Р 52128-2003 «Эмульсии битумные дорожные. Технические условия»

ГОСТ Р 53225-2008 «Материалы геотекстильные. Термины и определения»

ГОСТ Р 55028-2012 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Классификация, термины и определения»

ГОСТ Р 55224-2012 «Цементы для транспортного строительства. Технические условия»

ГОСТ Р 56925-2016 «Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерения неровностей оснований и покрытий.

СП 28.13330.2012 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии»

СП 34.13330.2012 «СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги»

СП 70.13330.2012 «СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции»

СП 78.13330.2012 «СНиП 3.06.03-85* Автомобильные дороги»

СП 121.13330.2012 «СНиП 32-03-96 Аэродромы»

СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»

3 Термины и определения

В настоящих Методических рекомендациях применяют следующие термины с соответствующими определениями:

база производственная: комплекс сооружений и предприятий для обеспечения строительства покрытий и оснований материально-техническими ресурсами;

бетоносмесительная установка: комплект агрегатов или технологического оборудования ЦБЗ для приготовления бетонных смесей: бетоносмеситель вместе с дозирующими устройствами заполнителей, цемента, воды и химических добавок, системой управления дозированием и загрузкой компонентов бетона, перемешивания и выгрузки готовой бетонной смеси;

бетоносмеситель: основной агрегат бетоносмесительной установки для приготовления бетонной смеси: емкость, с лопастями, в которой приготавливается бетонная смесь при непрерывном или цикличном (порционном) перемешивании – принудительном или гравитационном;

вовлеченный воздух или образованный в бетонной смеси и бетоне газ: равномерно распределенные в бетонной смеси и бетоне пузырьки искусственно вовлеченного воздуха (газа) диаметром от 10 до 300 мкм;

дорожная одежда и аэродромное покрытие: многослойная конструкция, воспринимающая нагрузку от транспортного средства и передающая ее на грунт земляного полотна;

захватка: участок бетонного покрытия или основания, уложенный при непрерывном бетонировании с использованием бетона одного состава и одной технологии работ за определенное время;

нерасслаиваемость смеси: свойство смеси соответствовать нормам растворотделения и водоотделения по ГОСТ 7473, сохранять состав бетона и однородность в пределах ГОСТ 27006, ГОСТ 10180, 18105 на всех технологических переделах;

поточный метод: метод непрерывного и равномерного производства дорожных строительно-монтажных работ, которые выполняются специализированными комплексно механизированными подразделениями (отряды, звенья, бригады), передвигающимися в одном направлении непрерывно друг за другом по трассе строящейся дороги (аэродрома) строго по графику и с согласованной скоростью, оставляя за собой полностью готовые участки автомобильной дороги (аэродромной конструкции);

сохраняемость бетонной смеси: способность смеси сохранять нормируемые значения свойств в определенных временных пределах;

технологический задел: работы по опережению строительства цементобетонных покрытий и оснований (работы по строительству нижележащих слоев);

удобоукладываемость бетонной смеси: характеристика бетонной смеси, определяющая ее способность к распределению, уплотнению и формованию соответствующими средствами механизации для получения проектной конструкции;

удобообрабатываемость бетонной смеси: свойство бетонной смеси, позволяющее осуществить обработку (отделку) поверхности свежеуложенного покрытия или основания и обеспечить требуемую ее ровность, сплошность и заданные проектом уклоны;

цементобетонное покрытие: верхняя часть дорожной одежды или аэродромного покрытия (далее, покрытие), расчетный слой из цементобетона, непосредственно воспринимающий усилия от колес транспортных средств и воздействие климатических и техногенных факторов (антигололедных реагентов и пр.);

цементобетонное основание: слой (слои), расположенный под покрытием и обеспечивающий совместно с ним перераспределение и снижение давления на расположенные ниже слои и грунт земляного полотна;

цементобетонный завод (ЦБЗ): производственное предприятие для приготовления цементобетонной смеси, состоящее из бетоносмесительной

установки стационарного или мобильного (модульного, контейнерного) типа, складов каменных материалов и цемента, отделений энергетического и вспомогательного назначения.

Другие термины и их определения, использованные в настоящих Методических рекомендациях, приведены в соответствующих нормативных документах, перечисленных в разделе 2.

4 Общие положения

Рекомендации предусматривают использование бетона по ГОСТ 26633 для монолитных дорожных и аэродромных покрытий и оснований из бетонной смеси по ГОСТ 7473.

Положения рекомендаций распространяются на строительство монолитных цементобетонных покрытий и оснований с применением:

- комплекта высокопроизводительных машин со скользящими формами (опалубкой);

- комплекта машин для распределения жестких бетонных смесей, в том числе, их предварительного уплотнения и окончательного уплотнения методом укатки;

- комплекта «рельсоходных» машин;

- средств малой механизации.

Рекомендации предполагают использование тяжелого бетона (со щебнем) в технологии строительства с применением бетоноукладчиков со скользящими формами и рельсоходных, средств малой механизации, а также мелкозернистого (песчаного) бетона по ГОСТ 26633 – в технологии укатки или с использованием рельсоходного бетоноукладчика.

Рекомендации предусматривают необходимость создания условий для обеспечения непрерывности укладки бетонной смеси предпочтительнее в автоматическом режиме, поддержания проектных высотных отметок и курса в каждом слое бетонирования для получения высокого качества поверхности рядов укладки (заданных показателей ровности, прямолинейности, уклонов).

При выполнении комплекса работ по строительству дорожных и аэродромных цементобетонных покрытий и оснований следует соблюдать требования Правил по охране труда в строительстве [1], Правил пожарной безопасности [2], Правил охраны труда при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог [3].

Технологические решения должны предусматривать недопущение причинения ущерба окружающей среде и обеспечивать сохранение устойчивого состояния природного баланса – СП 34.13330, СП 78.13330, СП 121.13330.

Приемка выполненных работ по строительству цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов выполняется в соответствии с требованиями СП 78.13330 для автомобильных дорог и СП 121.13330 для аэродромов.

5 Конструкции цементобетонных покрытий и оснований

5.1 Требуемую толщину монолитных цементобетонных покрытий (оснований) автомобильных дорог и аэродромов определяют расчетом в соответствии с требованиями СП34.13330, СП 121.13330 [6, 7].

5.2 Аэродромное покрытие проектируют однослойным из монолитного бетона, армобетона, железобетона (с ненапрягаемой арматурой), с верхним слоем двухслойного покрытия из монолитного бетона, армобетона, железобетона (с ненапрягаемой арматурой), с нижним слоем двухслойного покрытия из монолитного бетона.

5.3 Более технологичными и долговечными являются монолитные неармированные цементобетонные покрытия (с более толстыми слоями по сравнению с равнопрочными железобетонными). При этом армирование предусматривают только в деформационных швах сжатия и расширения для недопущения появления уступов между плитами в процессе эксплуатации при передаче нагрузки с плиты на плиту, снижения скалывающих напряжений в бетоне в зоне швов от действия подвижной нагрузки и климатических факторов.

Примечание – При армировании возникает необходимость крепить к нижележащим слоям армоэлементы и в связи с этим применять боковую подачу бетонной смеси.

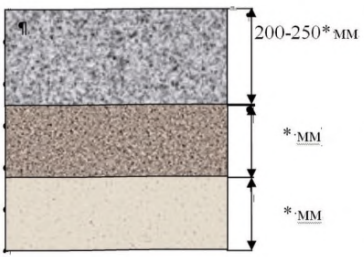
5.4 Для обеспечения независимых перемещений слоев покрытий и оснований в дорожных одеждах и аэродромных конструкциях предусматривается разделительная прослойка в виде полиэтиленовой пленки, геотекстильных материалов или асфальтобетона.

5.5 Верхние слои основания устраивают из монолитного бетона, обработанных вяжущими материалов по ГОСТ 23558, щебня и щебеночно-песчаных смесей. В аэродромных конструкциях устраивают эти слои, как правило, из укрепленных материалов, малопрочных бетонов или из жестких бетонных смесей.

5.6 В нижних слоях оснований применяют необработанные вяжущим каменные материалы в виде щебеночных слоев по методу заклинки и щебеночно-гравийно-песчаных смесей по ГОСТ 25607.

5.7 Типичные конструкции дорожной одежды и аэродромные конструкции из монолитного неармированного бетона по данным отечественного и зарубежного опыта строительства [6, 7, 9, 10] представлены на рисунке 1а, 1б.

а)

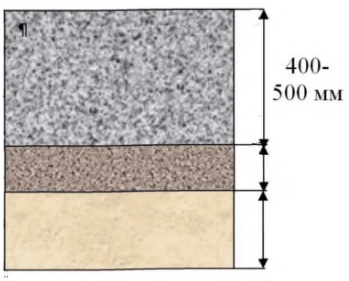


слой покрытия*: цементобетон класса $B_{tb}4,0$-$B_{tb}4,8$; В30-В40; F_2100-F_2200

верхний слой основания (необработанный, обработанный битумом или цементом)

нижний слой основания (необработанный, обработанный)

б)



слой покрытия*: цементобетон класса $B_{tb}4,0$-$B_{tb}4,8$; В30-В40; марки F_2100-F_2200

обработанные цементом материалы или цементобетон класса $B_{tb}1,2$-$B_{tb}2,4$; В7,5-В20; марки $F_1 25$-$F_1 100$

* – толщины слоев определяются расчетом

Рисунок 1 – Принципиальные конструкции дорожных одежд и аэродромных конструкций:

а – дорожная одежда; *б* – аэродромная конструкция

5.8 В покрытии и основании устраивают продольные и поперечные швы (сжатия и расширения и коробления), делящие покрытие на плиты определенной длины и ширины в соответствии с нормами СП34.13330 и СП 121.13330 [9, 10].

5.9 В швах рекомендуется предусматривать штыревые соединения. Пазы швов заполняют герметизирующим материалом.

5.10 Температурные колпачки, надеваемые на штыри швов расширения, должны обеспечивать свободное смещение штыря в бетоне не менее чем на 30–35 мм (на ширину паза шва).

5.11 Паз (камера) швов сжатия может быть в сечении прямоугольным, ступенчатым. Ширина паза швов сжатия может быть от 3 до 15 мм, глубина паза – не менее 0,25h (h – толщина слоя).

Ширина паза шва расширения принимается равной 30–35 мм, коробления – 10–20 мм.

При использовании доски в шве расширения, с отделяемой после бетонирования дощатой прокладкой, ее высота составляет обычно,60–70 мм.

5.12 Перед мостами и путепроводами устраивают не менее трех швов расширения без штырей и прокладок шириной по 60 мм каждый через 15–30 м друг от друга. Швы заполняют сильно сжимаемым материалом, например, песком, обработанным битумом и др.

5.13 Деформационные швы в аэродромных монолитных цементобетонных покрытиях проектируют в соответствии с СП 121.13330.

5.14 Деформационные швы в цементобетонном покрытии, как правило, должны совпадать со швами в основании, независимо от наличия разделительной прослойки между цементобетонными слоями и его толщины, или отстоять от них не более чем на 0,5 м.

Рабочие (технологические) швы, как правило, должны совпадать с расположением деформационных швов.

5.15 Продольные швы обычно совпадают с границами рядов (полос) укладки бетона по ширине.

Продольный шов в покрытии рекомендуется устраивать при ширине ряда укладки более 4,5 м, в основании – более 9 м.

5.16 При конструировании цементобетонных покрытий и оснований дорожных одежд и аэродромных конструкций следует учитывать особенности современных технологий выполнения работ, в том числе, автоматизированными машинами и оборудованием.

6 Организация строительства

6.1 При выборе мест размещения производственных баз и ЦБЗ, кроме стоимостных показателей на производство и транспортирование бетонных смесей к месту укладки, затрат на возможные перебазировки, необходимо учитывать удобство примыкания к железнодорожным (водным) путям, возможность обеспечения материалами, электроэнергией, сжатым воздухом и водой (Приложение А).

Ориентировочно, ЦБЗ производительностью 120 $м^3$/час потребляет в год, при выпуске 50 тыс. $м^3$ готовой бетонной смеси, не менее 600 тыс. кВт/час электроэнергии, требует около 5 млн $м^3$ сжатого воздуха и расходует около 50 тыс. $м^3$ воды. Для обеспечения электроэнергией при необходимости возможна смешанная система электроснабжения: от имеющейся сети через трансформатор и от собственных электростанций.

6.2 Месторасположение ЦБЗ должно обеспечивать время транспортирования бетонной смеси не более 30 минут при температуре воздуха от 20 до 30 °С и не более 60 минут при температуре воздуха ниже 20 °С (СП 78.13330).

6.3 Площадка под ЦБЗ должна иметь твердое покрытие для исключения загрязнения материалов для приготовления бетонной смеси при хранении и погрузке, уклон для отвода воды. На ЦБЗ должно быть предусмотрено также размещение лаборатории, отделений вспомогательного назначения (ремонтно-механическая мастерская, материально технический склад, бытовые помещения и др.).

6.4 Бетоносмесительные установки рекомендуются в модульном (контейнерном или мобильном) исполнении, как правило, циклического действия с принудительным перемешиванием компонентов бетонной смеси, оборудованные системами автоматизации, задания состава смеси, документирования замесов. Рекомендуемые типы и параметры бетоносмесительных установок приведены в Приложении Б.

6.5 Производительность ЦБЗ должна соответствовать темпу укладки бетона по принятой технологии работ, с рекомендуемым превышением на 20–30%.

Рекомендуемая производительность ЦБЗ для ритмичной доставки бетонной смеси к бетоноукладчику со скользящими формами должна быть не менее 120 $м^3$/час, а объем замеса 2–3 $м^3$ (в уплотненном состоянии).

Возможно применение двух бетоносмесительных установок, обеспечивающих общую требуемую производительность.

6.6 Количество емкостей цемента на ЦБЗ должно обеспечивать его хранение раздельно по маркам (классам) и, целесообразно, по поступающим партиям.

Рекомендуется, чтобы запасы цемента не менее чем вдвое превышали суточную потребность, что исключает работу «с колес» и вынужденные простои. По опыту рекомендуемый объем склада цемента должен быть не менее 1000 т.

Необходимо предусмотреть возможность перекачивать цемент из одной емкости в другую для исключения его слеживаемости и снижения температуры при получении горячего цемента (с температурой более 40 °С).

6.7 На ЦБЗ (базах) щебень и песок следует хранить в штабелях, отделенных друг от друга и по фракциям.

Для выполнения погрузо-разгрузочных работ со щебнем и песком рекомендуется использовать одноковшовый фронтальный погрузчик, предпочтительно, с «ломающейся» рамой для повышения его производительности. На ЦБЗ производительностью 120 $м^3$/час рекомендуется использовать одноковшовый фронтальный погрузчик с объемом ковша не менее 2 $м^3$.

6.8 На ЦБЗ следует предусмотреть возможность применения в бетоне не менее двух химических добавок, дозируемых отдельно: пластифицирующей и воздухововлекающей (по ГОСТ 26633 для бетона дорожных и аэродромных покрытий). Для зимних условий необходимо

предусмотреть возможность применения третьей – противоморозной добавки для бетонирования покрытий и оснований по технологии «холодного бетона» и методом термоса.

6.9 При необходимости ежесменного приготовления водных растворов химических добавок на ЦБЗ следует организовать отдельный технологический узел и закрепить за ним обученного работника. При необходимости растворения добавок до рабочей концентрации в горячей воде необходимо предусмотреть возможность нагрева воды до требуемой температуры и перемешивания получаемого водного раствора.

6.10 ЦБЗ рекомендуется оборудовать автомобильными весами для дополнительного контроля объема отпускаемой бетонной смеси (определяется по массе и фактической плотности смеси в уплотненном состоянии по данным лабораторного контроля по ГОСТ 7473) и специальными местами для отбора проб бетонной смеси из транспортных средств.

6.11 Для обеспечения надежной эксплуатации машин и оборудования, проведения регламентных работ по техническому обслуживанию и ремонту в составе ЦБЗ рекомендуется иметь мобильную мастерскую.

6.12 Кроме выполнения всех регламентных работ по техническому обслуживанию и ремонтам, предусмотренных инструкцией по эксплуатации оборудования на ЦБЗ, особое внимание следует уделить обеспечению экологической безопасности при работе с цементом: замене фильтров на складе цемента, проверке герметичности узлов загрузки цемента из цементовозов в емкости и его дозирования.

6.13 При необходимости готовую бетонную смесь можно получать с ЦБЗ сторонних поставщиков по соответствующим заказам. При этом должно быть обеспечено соответствие качества бетонной смеси требованиям ГОСТ 7473 и ГОСТ 26633 (к бетонам дорожных и аэродромных покрытий и оснований).

6.14 На ЦБЗ (базе) необходимо дополнительно иметь: передвижные тенты для укрытия свежеуложенного бетона от непредвиденных осадков и солнечной радиации, инвентарную сборную облегченную опалубку для бетонирования покрытий повышенной толщины и приставную опалубку, набор ручных инструментов для отделки поверхности свежеуложенного бетона, средства малой механизации (глубинные и площадочные вибраторы, виброрейки, источники их питания и т. д.).

6.15 Технологию строительства покрытий и оснований выбирают, главным образом, из условия выполнения заданных объемов работ в директивные сроки строительства.

Выбор бетоноукладчика должен учитывать предполагаемые объемы и темпы укладки, возможность в конкретных условиях строительства обеспечивать ее непрерывность [4, 5, 11].

Применение бетоноукладчика со скользящими формами рекомендуется при укладке не менее 300 п. м покрытия или основания, шириной 7,5 м в смену (не менее 50 тыс. $м^3$ в год). При меньшей производительности, а также при бетонировании участков, которые не могут быть устроены с помощью бетоноукладчиков, укладку ведут с применением малой механизации или применяют технологию укатки (для оснований).

Допускается применение рельсоходных машин с укладкой бетонной смеси в рельс-формах, при этом производительность в смену составляет не более 250 п. м (шириной 7–7,5 м) в смену.

6.16 При малых объемах бетонных работ (до 50–100 $м^3$ готовой бетонной смеси в смену) и при отсутствии ЦБЗ возможно использовать мобильные минибетоносмесители на автомобильном шасси с бункерами дозаторами цемента, щебня, песка, узлом ввода добавок, сборным транспортером и бетономешалкой, например, типа Cementech производительностью 15–20 $м^3$ готовой бетонной смеси.

6.17 Для доставки бетонной смеси к месту укладки необходимо сформировать колонну автобетоновозов (автосамосвалов, автобетоносмесителей).

Количество машин определяют расчетом, с учетом производительности бетоносмесительной установки, дальности транспортирования, состояния подъездных путей. Грузоподъемность транспортных средств должна быть не менее 10 т.

Ритмичная укладка бетонной смеси с помощью бетоноукладчика или по технологии укатки предусматривает ее доставку на место бетонирования каждые 5–10 минут, а с помощью средств малой механизации – каждые 15–20 минут.

6.18 Для транспортирования бетонной смеси на место укладки при необходимости следует организовать подъездные пути.

6.19 При выборе машин для строительства цементобетонных покрытий и оснований рекомендуется учитывать, прежде всего, сроки и объемы строительства, технические характеристики машин (установленная мощность, производительность, толщина и ширина укладываемых слоев, наличие систем автоматического управления процессом укладки, возможность регулирования режимов глубинных вибраторов, наличие дополнительного оборудования для погружения штырей в поперечные и продольные швы в процессе бетонирования), а также возможность организации склада запасных частей и обслуживания машин, включая сервисное, предшествующий опыт работы с аналогичными машинами, возможность подготовки персонала, наличие отечественных аналогов машин, узлов, агрегатов.

6.20 Для устройства цементобетонных слоев в скользящих формах выпускают комплекты машин широкого модельного ряда, состоящие из перегружателей (распределителей) бетонной смеси, бетоноукладчиков со скользящими формами, машин для создания шероховатости и ухода за бетоном [4, 6, 11].

6.21 Ширина укладки бетона варьируется в пределах до 16 м, машины имеют модульную конструкцию для быстрого монтажа под требуемую ширину укладки (в зависимости от конкретной модели).

Бетоноукладчики оснащены глубинными вибраторами: электрическими (с нерегулируемой частотой колебаний) и гидравлическими (с регулируемой бесступенчато частотой колебаний). Это обеспечивает возможность равномерного уплотнения бетонной смеси по толщине и ширине слоя, повышение темпов укладки.

Выпускаются модели машин для устройства двухслойных покрытий методом сращивания: «влажный по влажному».

6.22 Устройство цементобетонного покрытия (основания) следует организовывать поточным методом, в соответствии с технологией производства работ (технологическими операциями, предусмотренными ППР) [11]. Для выполнения технологических операций в технологическом потоке следует сформировать специализированные звенья. Пример технологического потока устройства цементобетонного покрытия комплектом машин в скользящих формах представлен в Приложении В.

7 Требования к бетону и бетонной смеси

7.1 Требование к прочности и морозостойкости бетона в покрытии и основании указывают в проекте в соответствии с СП 34.13330, СП 121.13330, независимо от принятой технологии работ и соответствующих технологических свойств бетонной смеси.

7.2 Бетон покрытий и оснований характеризуют проектным классом по прочности на растяжение при изгибе B_{tb} и на сжатие В (ГОСТ 26633, ГОСТ 18105).

Величину прочности бетона покрытий и оснований на растяжение при изгибе (класс прочности B_{tb}) используют в расчете толщины бетонных и армобетонных покрытий и оснований жесткой дорожной одежды и аэродромных конструкций.

Прочность бетона покрытий и оснований на сжатие (класс прочности В) не используют в расчете толщины плит. При этом она определяет такие технические, эксплуатационные свойства бетона, как его стойкость к износу, истиранию, против скалывания на кромках плит или продавливания (смятия), технологические свойства, как время нарезки деформационных швов в затвердевшем бетоне, критическую прочность против раннего замораживания или время открытия движения построечного транспорта. Сметную стоимость бетона покрытий и оснований также назначают по прочности на сжатие.

Прочность бетона на сжатие следует определять и оценивать при подборе состава и производственном контроле во всех случаях.

7.3 Для покрытий применяют бетон классов $B_{tb}4,0$–$B_{tb}4,8$; В30–В40 (В45) по СП 34.13330, СП 121.13330 требуемой прочностью $Rtb_{тр}$ 5,12–6,14 МПа, $R_{тр}$ – 38,4–51,2 МПа, соответственно, при контроле по схеме Г ГОСТ 18105.

Такая прочность бетона покрытий при массовом строительстве достигается за счет снижения водоцементного отношения до величины В/Ц

0,38 (и менее) при использовании материалов: цемента марки ПЦ500 по ГОСТ 10178 или класса ЦЕМ 1 42,5Н(Б) по ГОСТ 31108, ГОСТ Р 55224, ГОСТ 33174, природного кварцево-полевошпатового песка по ГОСТ 8736 и щебня из плотных и прочных пород по ГОСТ 8267, химических добавок – суперпластификаторов и воздухововлекающих.

Бетоны такой прочности по зарубежной классификации относятся к высококачественным (High Performance Concrete – HPC) бетонам.

7.4 Для бетона оснований применяют бетон классов по прочности $B_{tb}1,2$–$B_{tb}2,4$, В7,5–В20 требуемой прочностью $Rtb_{тр}$ 1,54–3,07 МПа, $R_{тр}$ 9,6–25,6 МПа, соответственно, при контроле по схеме Г ГОСТ 18105.

К бетону выравнивающего слоя предъявляют требования по прочности (только на сжатие) и по морозостойкости, как к бетону оснований.

7.5 Прочность бетона покрытий и оснований по классам нормируют в возрасте 28 суток, если иное не указано в проектной документации. Прочность бетона в раннем возрасте (менее 28 суток) по классам определяют как среднюю прочность бетона в сериях по ГОСТ 10180, например, на сменной захватке без определения класса по прочности по ГОСТ 18105.

Прочность бетона в раннем возрасте определяют и оценивают, как правило, с целью установить:

- время нарезки деформационных швов;

- срок возможного открытия движения построечного транспорта с учетом температуры воздуха и производственных условий строительства;

- время достижения бетоном критической прочности против раннего замораживания.

7.6 При необходимости раннего открытия движения построечного транспорта, в том числе бетоноукладочных машин по уложенному покрытию или основанию, следует применять бетон более высокой прочности на сжатие для того, чтобы на момент открытия движения средняя ее величина в серии по ГОСТ 10180 на захватке составляла не менее 70% проектной

(требуемой величины при контроле по схеме Г ГОСТ 18105. Для бетона оснований прочность на сжатие на момент открытия движения должна составлять не менее 100%.

7.7 К бетону покрытий и оснований предъявляют требования по морозостойкости в соответствии с СП 34.13330, СП 121.13330, ГОСТ 26633 в зависимости от среднемесячной температуры воздуха наиболее холодного месяца.

Бетон покрытий по морозостойкости должен обеспечивать достижение марок не менее F_2100–F_2200 при испытании по второму базовому методу ГОСТ 10060 (при насыщении и оттаивании образцов в 5% водном растворе хлорида натрия при замораживании при минус 20 °С и оттаивании при плюс 20^0С).

Бетон оснований по морозостойкости должен обеспечивать достижение марок не менее $F_1$25–$F_1$50 при испытании по первому базовому методу ГОСТ 10060 (при насыщении и оттаивании образцов в пресной воде при замораживании при минус 20 °С и оттаивании при плюс 20 °С).

Для бетона покрытий критерием морозного разрушения после заданного количества циклов замораживания-оттаивания является снижение прочности и однородности по прочности, наличие шелушения поверхности образцов, отколов, трещин, снижение массы (ГОСТ 10060).

При этом следует учитывать, что достижение бетоном проектной марки по морозостойкости, когда бетон выдержал без разрушения требуемое количество циклов замораживания-оттаивания, равное марке, не является основанием для отказа от других нормативных требований к материалам, составу бетона или технологии работ по ГОСТ 26633, СП 78.13330.

7.8 Выбор наиболее эффективных материалов для бетона покрытий (при наличии альтернативы) проводят, в том числе, с помощью сравнительных испытаний соответствующих составов бетона на морозостойкость, при доведении образцов до разрушения на основе

большего количества циклов замораживания и оттаивания, чем при испытании на марку (ГОСТ 10060, ГОСТ 26633).

Для обоснования возможности использования в бетоне материалов с показателями качества ниже стандартных также рекомендуется проводить испытание бетона на морозостойкость не только на марку, но при доведении образцов до разрушения, при большем количестве циклов, с целью оценки запаса конкретного состава бетона по морозостойкости.

7.9 Все необходимые требования к бетону и бетонной смеси указывают в задании на подбор состава бетона по ГОСТ 27006, а при получении готовой бетонной смеси от стороннего производителя – в договоре-заказе (поставки) готовой бетонной смеси с ЦБЗ по ГОСТ 7473.

В договоре-заказе рекомендуется указывать требование к удобоукладываемости и содержанию вовлеченного воздуха в бетонной смеси не только на ЦБЗ, но и на месте бетонирования с учетом длительности и условий транспортирования. Указывать не только проектный класс бетона по прочности, но также величину требуемой прочности бетона в партии по ГОСТ 18105 при контроле по схеме Г (на сжатие и на растяжение при изгибе), необходимую ритмичность поставки (ГОСТ 7473, п. 4.3.).

7.10 К бетону покрытий не предъявляют требования к параметрам поровой структуры по ГОСТ 12730.0-4 (методом водопоглощения). Тем не менее, рекомендуется определять пористость бетона покрытия для оценки влияния его состава и технологии работ на морозостойкость (на стадии подбора состава бетона и совместно с испытанием на морозостойкость в процессе производственного контроля).

При этом для обеспечения высокой морозостойкости бетона покрытий величина условно-закрытой пористости ($П_з$) составляет, как правило, 3–7%, открытой капиллярной пористости ($П_о$) – 10–15%, полной пористости ($П_п$) – 15-20% (при использовании материалов для бетона покрытий по ГОСТ 26633).

7.11 К бетону покрытий не предъявляют требования по водонепроницаемости, не назначают марку W по ГОСТ 26633, ГОСТ 12730.5, как не характеризующую его долговечность (СП 34.13330, СП 121.13330).

7.12 К бетону покрытий не предъявляют требования по марке по истиранию G по ГОСТ 26633, ГОСТ 13087 (СП 34.13330, СП 121.13330), как заведомо обеспеченную при современных требованиях к прочности бетона покрытий и технологии работ.

Обычно достижение средней прочности бетона в серии по ГОСТ 10180 $R \geq 40{,}0$ МПа достаточно, чтобы обеспечить стойкость бетона против истирания, для любых составов бетона. Это требование к прочности бетона покрытий на сжатие фактически отражено в СП 34.13330, СП 121.13330, где нормируемому классу бетона покрытий не менее В30 соответствует близкое значение требуемой прочности бетона $R_{тр}$ – 38,4 МПа (при контроле по схеме Г ГОСТ 18105).

7.13 Технологические свойства бетонной смеси определяются ее составом с учетом назначения (для бетона покрытий или оснований), принятой технологии работ и условий строительства, и они не зависят от проектных величин прочности и морозостойкости бетона.

Технологические показатели качества бетонной смеси назначают по ГОСТ 7473, ГОСТ 10181 в соответствии с СП 78.13330 и указывают в ППР, технологическом регламенте.

7.14 При устройстве покрытий и оснований бетоноукладчиками в скользящих формах применяют бетонную смесь удобоукладываемостью марки П1, рельсоходными машинами (с уплотнением вибробрусом) в рельс-формах – марки Ж1, Ж2, при устройстве оснований по технологии укатки – марки Ж4, средствами малой механизации – марок П1-П4 (на месте укладки).

При необходимости возможно использовать в покрытии или основании тяжелый бетон из литой самоуплотняющейся бетонной смеси марки П5 (по

осадке конуса) или марки Р4-Р5 (по расплыву конуса) по ГОСТ 7473, уплотняемой без вибрации (под действием силы тяжести).

Допускается при устройстве покрытий и оснований бетоноукладчиками со скользящими формами применять бетонную смесь удобоукладываемостью П2, а в отдельных случаях – Ж1, обеспечивая при этом заданную геометрию бетонной плиты, требуемую степень уплотнения бетонной смеси и объем вовлеченного воздуха, прочность и морозостойкость бетона, качество отделки и ровность поверхности уложенного слоя.

7.15 Бетонная смесь для бетона покрытий должна содержать нормируемый ГОСТ 26633 объем вовлеченного воздуха (5–7% для тяжелого бетона, 4–8% для мелкозернистого) независимо от удобоукладываемости смеси, требований к прочности, морозостойкости бетона и принятой технологии работ.

С учетом потери вовлеченного воздуха бетонной смесью во время транспортирования и технологических перерывов величину его объема на ЦБЗ, как правило, устанавливают больше, чем требуется на укладке, но не более 8%.

7.16 Для обеспечения требуемой морозостойкости бетона покрытий в бетонную смесь необходимо вводить воздухововлекающие или газообразующие добавки совместно с пластифицирующими (ГОСТ 26633), независимо от прочности, морозостойкости и плотности бетона.

7.17 Величина водоцементного отношения (В/Ц) для бетона верхнего слоя двухслойных и однослойных покрытий не должна превышать $В/Ц_{п}$ – 0,45, нижнего слоя двухслойных $В/Ц_{пн}$ – 0,50, бетона оснований $В/Ц_{о}$ – 0,90. Расход цемента в бетоне оснований должен быть не менее 150 кг/м^3 (ГОСТ 26633, пп. А.2.13, А.2.15).

Эти ограничения связаны главным образом с необходимостью обеспечить морозостойкость бетона.

Кроме того, рекомендуется ограничить расход цемента из-за рисков повышенной усадки бетона, затруднения перемешивания и укладки бетонной

смеси, роста стоимости строительства: для тяжелого бетона покрытий не более 550 кг/м^3 (как для бетона мостовых конструкций по ГОСТ 26633, п. А.3.13), для мелкозернистого (песчаного) бетона – 750 кг/м^3.

7.18 Сохраняемость свойств бетонной смеси, кинетику изменения подвижности или жесткости бетонной смеси, объема вовлеченного воздуха, ее удобообрабатываемости со временем определяют при подборе состава бетона, уточняют при пробном бетонировании и производственном контроле по ГОСТ 10181.

При необходимости лаборатория вносит корректировки в составы бетона и технологию работ, о чем делает запись в соответствующем журнале (Приложение Г).

7.19 Запрещается восстанавливать подвижность и объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси для бетона покрытий во время ее транспортирования в автобетоносмесителе или на месте укладки дополнительным введением воды и химических добавок и дополнительным перемешиванием, если такая технология не отработана заранее, не указана в ППР и не сопровождается лабораторным контролем.

Запрещается восстанавливать подвижность, жесткость и удобообрабатываемость бетонной смеси, транспортируемой в автосамосвале, добавлением (распылением) воды на поверхности свежеуложенного бетона на месте укладки.

7.20 Нерасслаиваемость бетонной смеси определяет стабильность свойств бетона (в пределах ГОСТ 7473, ГОСТ 10181) при всех технологических переделах, в том числе по вертикальному сечению плиты покрытия или основания при укладке.

При этом ослабление поверхностного слоя покрытия при расслоении бетонной смеси (при повышенном водоотделении и растворотделении) может проявиться не сразу, не в момент бетонирования, но привести к морозному шелушению при зимней эксплуатации (особенно, в присутствии

солей-антиобледенителей) и/или истиранию, появлению колеи в цементобетонном покрытии в результате износа.

К расслоению бетонной смеси может привести также нарушение технологии работ, например, существенно более длительное вибрирование бетонной смеси (перевибрирование) при несоответствии скорости движения бетоноукладчика ее подвижности, нарушение режимов вибрации, а также укладка тонких слоев (не рекомендуемых инструкцией по эксплуатации укладчика) и др.

7.21 Степень уплотнения бетонной смеси для тяжелого бетона должна быть не менее 0,98 от ее расчетной величины и не менее 0,96 для мелкозернистого для любой принятой технологии работ (ГОСТ 26633, п А.2.14).

Расчетная плотность бетонной смеси определяется по формуле (1) по номинальному составу бетона, подобранному по ГОСТ 27006:

$$\rho_{\text{р}} = \frac{\text{Ц}+\text{П}+\text{Щ}+\text{В}}{\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}}+\frac{\text{П}}{\rho_{\text{пз}}}+\frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{щз}}}+\text{В}}, \quad (1)$$

где Ц, П, Щ, В – расходы цемента, песка, щебня и воды в бетоне кг/м^3;

$\rho_{\text{ц}}$ = 3100 кг/м^3 – плотность зерен цемента;

$\rho_{\text{щз}}$ – плотность зерен щебня (средняя плотность);

$\rho_{\text{пз}}$ – плотность зерен песка (истинная плотность), плотность воды принята равной 1000 кг/м^3.

Расходом химических добавок в расчете плотности бетонной смеси обычно можно пренебречь (меньше допустимого отклонения плотности бетонной смеси по ГОСТ 7473, п. 5.1.7).

Величину степени уплотнения бетонной смеси для бетона покрытий и оснований $К_{\text{у}}$ (в уплотненном состоянии) определяют как отношение

фактической плотности бетонной смеси по ГОСТ 10181, $\rho_{ф}$, к ее расчетной величине $\rho_{р}$: $К_{у} = \rho_{ф} / \rho_{р}$.

8 Требования к материалам для бетона, ухода за свежеуложенным бетоном и герметизации швов

8.1 Для бетона покрытий применяют портландцемент нормированного химико-минералогического и вещественного состава по ГОСТ 10178, ГОСТ Р 55224, ГОСТ 33174 без минеральных добавок и вспомогательных компонентов, с началом схватывания по ГОСТ 310.3, ГОСТ 30744 не ранее 2 ч (независимо от принятой технологии бетонных работ), без признаков ложного схватывания, с соответствующими ограничениями по содержанию в клинкере минерала C_3A и щелочей, величине удельной поверхности, потерям при прокаливании, нормальной густоте цементного теста и др.

В заказе-заявке (договоре поставки) рекомендуется указать, что температура цемента у потребителя (на ЦБЗ) не должна превышать 40 °С, при отгрузке у производителя – не более 80 °С (ГОСТ 33174, п 5.14, ГОСТ 22235, п. 4.3.2).

8.2 Для бетона водосточно-дренажной системы, барьерных ограждений и других изделий, конструкций и сооружений, подвергаемых в процессе эксплуатации совместному действию мороза и солей антиобледенителей, применяют цемент, как для бетона покрытий.

8.3 Для бетона оснований применяют цемент, как для бетона покрытий, а также общестроительный цемент по ГОСТ 31108, в том числе с различными минеральными добавками и вспомогательными компонентами.

Для бетона монолитных оснований цемент должен характеризоваться началом схватывания не ранее 2 ч и не обладать признаками ложного схватывания независимо от принятой технологии работ, как для бетона покрытий.

8.4 Для бетона покрытий рекомендуется применять цемент марки по прочности не менее ПЦ500-Д0-Н по ГОСТ 10178, классов по прочности ЦЕМ 1 42,5Н, 42,5Б, 52,5Б по ГОСТ Р 52224, ГОСТ 33174.

Для бетона оснований, особенно, устраиваемых методом укатки жесткой бетонной смеси, предпочтение следует отдавать цементам менее высоких марок по прочности, ПЦ400, ШПЦ300 по ГОСТ 10178 или классов ЦЕМ I/II 22,5, ЦЕМ I/II 32,5 по прочности по ГОСТ 31108, ГОСТ Р 52224, ГОСТ 33174: при увеличении в бетоне оснований расхода менее активного цемента повышается однородность и удобообрабатываемость бетонной смеси.

8.5 В случае угрозы сульфатной коррозии бетона в условиях эксплуатации (например, при наличии сульфатов натрия и кальция в грунтовых или сточных водах и др.) цемент для бетона покрытий должен также дополнительно удовлетворять требованиям к сульфатостойкому цементу по ГОСТ 22266.

При наличии в бетоне реакционно-способных частиц заполнителя по ГОСТ 8736, ГОСТ 8267, ГОСТ 26633 рекомендуется использовать цемент с содержание щелочей не более 0,6% (по массе, в пересчете на Na_2O).

8.6 Перед началом работ рекомендуется запросить у завода-производителя цемента данные химико-минералогическом и вещественном составе цемента и его физико-механических характеристиках за предыдущие несколько месяцев (например, за 3 или 6) для прогноза влияния однородности цемента на однородность прочности и морозостойкости получаемого бетона.

8.7 В бетоне покрытий не рекомендуется использовать тонкомолотые минеральные добавки (микронаполнители, пуццолановые, микрокремнезем типа Мб 10-01, золы-уноса, кварцевую муку и пр.), которые запрещены в цементе для бетона покрытий по ГОСТ 10178, ГОСТ Р 55224, ГОСТ 33174 из-за их отрицательного влияния на морозостойкость бетона и сохраняемость свойств бетонной смеси со временем, несмотря на использование при этом воздухововлекающих или газообразующих добавок и добавок-суперпластификаторов, а также на получение высокой прочности и плотности бетона.

8.8 Для бетона покрытий и оснований рекомендуется применять природный песок по ГОСТ 8736, ГОСТ 26633.

Для бетона покрытий более благоприятным для обеспечения удобообрабатываемости бетонной смеси и создания требуемого объема вовлеченного воздуха является средний и мелкий песок с модулем крупности Мкр1,8-2,2.

8.9 В договоре-заказе на поставку песка в зимнее время рекомендуется указать, что предприятие-изготовитель (поставщик) не должен обрабатывать песок растворами солей против смерзаемости, несмотря на то что ГОСТ 8736, п. 7.2.3 допускает обработку.

8.10 Для бетона покрытий и оснований допускается применять песок из отсевов дробления горных пород по ГОСТ 26633, ГОСТ 31424 в смеси с природным песком, при содержании песка из отсевов в такой смеси не более 30% по массе, при их раздельном дозировании.

8.11 Для бетона покрытий и оснований рекомендуется применять щебень или щебень из гравия по ГОСТ 26633, ГОСТ 8267 из плотных и прочных пород фракции 5–20 мм или фракций 5–10 мм и 10–20 мм, дозируемых раздельно.

Допускается применение в бетоне щебня двух фракций: фракций 5–20 мм и 20–40 мм. При этом следует учитывать, что крупная фракция щебня в бетоне покрытий снижает удобообрабатываемость бетонной смеси и содержание вовлеченного воздуха, а в бетоне оснований, устраиваемых методом укатки, ведет к расслоению (сегрегации) жесткой бетонной смеси при выгрузке из самосвала.

8.12 Перед применением в бетоне щебня и песка после зимнего хранения рекомендуется проверить все требуемые их характеристики, т. к. после зимнего хранения в открытом штабеле часто изменяется зерновой состав заполнителей, увеличивается количество мелких частиц, снижается морозостойкость щебня.

8.13 Вода затворения для бетона покрытий и оснований должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732. Питьевая вода может применяться в бетоне без ограничений.

8.14 В бетоне покрытий применяют пластифицирующие, воздухововлекающие (газообразующие) и при необходимости противоморозные добавки. В бетоне оснований – только пластифицирующие и, при необходимости, противоморозные добавки, соответствующие ГОСТ 26633, ГОСТ 24211 и выпускаемые по ТУ или СТО предприятий-производителей.

При необходимости можно использовать в бетоне покрытий только воздухововлекающие (газообразующие) добавки, а в бетоне оснований – комплексную добавку, содержащую пластифицирующую и воздухововлекающую добавку.

8.15 Пластифицирующие добавки для бетона покрытий не должны в своем составе содержать компоненты-пеногасители (это снижает эффективность действия воздухововлекающих добавок).

Дозировку добавок устанавливают при подборе состава бетона в процентах массы цемента в расчете на сухой продукт добавки или на готовый раствор добавки в товарном виде и корректируют при пробном бетонировании и в процессе производства работ, что фиксируют в лабораторном журнале и журнале производства работ на ЦБЗ (Приложение Г).

Оптимальная дозировка пластифицирующей добавки не должна существенно ускорять или замедлять начало и конец схватывания цемента. Рекомендуется, чтобы начало схватывания цемента с пластифицирующей добавкой было не менее 2 ч, конец схватывания при этом не удлинялся более чем на 1 ч по сравнению с величиной для цемента без добавки.

8.16 Пленкообразующие материалы для ухода за свежеуложенным бетоном покрытий и оснований должны соответствовать ТУ, СТО производителей [12].

Пленкообразующие материалы для ухода за свежеуложенным бетоном покрытий и оснований должны:

- характеризоваться величиной удельных водопотерь (влагозащитной способностью) не более 550 г/м^2 (при испытании мелкозернистого бетона стандартного состава в условиях сухого и жаркого климата по методике [12];

- образовывать паропроницаемую пленку на поверхности бетона в течение не более 6 часов, не размываться водой (осадками) после данного срока;

- обеспечивать возможность нанесения через форсунки специализированными машинами по уходу за бетоном, средствами малой механизации или вручную – кистью (характеризоваться технической вязкостью по вискозиметру типа ВЗ-4 не более 25 с) и не стекать по продольному и поперечному уклону, предусмотренному проектом;

- не распадаться, не расслаиваться, не увеличивать вязкость (не загустевать), не образовывать осадок или «сливки» на поверхности во время хранения в течение гарантийного срока;

- не уменьшать сцепление колеса транспортного средства с покрытием;

- иметь предпочтительно светлый цвет для снижения нагрева поверхности покрытия или основания под действием солнечной радиации.

Запрещается разбавлять пленкообразующий материал водой или органическими материалами (растворителями) на месте производства работ для снижения его технической вязкости без проведения испытаний с целью подтвердить соответствие остальных его характеристик (удельных водопотерь и др.).

8.17 Материалы для герметизации деформационных швов (мастики, пасты, готовые эластичные прокладки и др.), грунтовочные материалы-праймеры должны соответствовать ТУ, СТО производителей, требованиям ГОСТ 30740, ГОСТ 32870.

8.18 Материалы для устройства разделительных прослоек (прокладок) между слоями дорожной одежды (аэродромной конструкции) должны

соответствовать ТУ, СТО производителей, требованиям ГОСТ Р 53225, ГОСТ Р 55028, ТУ 2245-001-85242422.

Рулоны прокладок при хранении необходимо защищать от действия замораживания, прямых солнечных лучей и предохранять от ударов.

8.19 Качество материалов: пленкообразующих, для герметизации швов, праймеров, геотекстильных и пр. проверяется по документам производителя при входном контроле, а также при необходимости инструментально в лаборатории.

9 Подбор составов бетона покрытий и оснований

9.1 Подбор состава бетона покрытий и оснований проводят по ГОСТ 27006 [4, 5, 13, 14] расчетно-экспериментальным методом с учетом дополнительных требований к его составу, прочности и морозостойкости, соответствующей условиям эксплуатации, к технологическим свойствам бетонной смеси, на основе известных зависимостей прочности бетона на сжатие и растяжение при изгибе от водоцементного отношения (В/Ц), объема вовлеченного воздуха в бетонной смеси ($V_в$) и прочности (активности) цемента (например, уточненных зависимостей типа Боломея – Скрамтаева).

Экспериментальное уточнение расчетных составов бетона покрытий и оснований осуществляют поэтапно с помощью пробных замесов. Для этого рассчитывают расходы материалов на каждый пробный замес (цемент Ц, песок П, щебень Щ, вода В, химические добавки). Учитывают содержание воды в водных растворах химических добавок.

Воспроизводят рассчитанные составы пробных замесов и уточняют величины В и Ц, коэффициент раздвижки зерен щебня раствором $К_р$, соответствующие величины Щ и П, дозировку воздухововлекающей и пластифицирующей добавок для обеспечения всех заявленных требований к бетонной смеси (удобоукладываемость, степень уплотнения, объем вовлеченного воздуха, нерасслаиваемость, сохраняемость со временем), не изменяя рассчитанную величину В/Ц [4, 5, 13, 14].

9.2 Подбор состава бетона осуществляют на основе технического задания, в котором указывают все проектные требования к бетону и бетонной смеси с учетом особенностей производства работ:

- требования к бетону по прочности (на растяжение при изгибе и на сжатие) и морозостойкости (по первому или второму базовому методу ГОСТ10060, в соответствии с условиями эксплуатации и назначением бетона);

- требования к технологическим свойствам бетонной смеси с учетом длительности и используемых средств транспортирования от ЦБЗ к месту укладки (автосамосвал, автобетоносмеситель и др.), принятой технологии и темпа работ (с помощью бетоноукладчика, распределителя, транспортера-перегружателя, средств малой механизации, бетононасоса, методом укатки и пр.);

- назначение и конструкцию устраиваемого цементобетонного слоя (покрытие, основание или выравнивающий слой, его геометрические параметры, уклоны, размеры сменных захваток, расположение и конструкция деформационных швов, характеристики нижележащих слоев и пр.);

- климатические условия строительства и эксплуатации (среднемесячные, минимальные и максимальные суточные и годовые температуры и влажность воздуха, сила ветра, количество и характер осадков и пр.);

- при необходимости, требование к прочности бетона в ранние или поздние сроки твердения, на ЦБЗ и на месте бетонирования (например, в возрасте 3, 7 или 90 суток);

- условия приготовления бетонной смеси (ЦБЗ с гравитационным или принудительным перемешиванием смеси, циклического или непрерывного действия, производительность ЦБЗ, объем замеса, время перемешивания, время и объем загрузки транспортного средства в соответствии с принятым темпом укладки и др.);

- характеристики применяемых материалов, цемента, песка, щебня, воды, химических добавок (паспорта, документы о качестве на материалы, протоколы испытаний производителей и результаты входного контроля потребителя и пр.).

Подбор состава бетона должен обеспечивать достижение всех указанных в техническом задании требований к бетону и бетонной смеси.

9.3 Состав бетона покрытий и оснований подбирают из условия обеспечения уровня прочности, Rtb_y и R_y, равного требуемой для проектных

классов бетона по прочности на растяжение при изгибе $Rtb_{тр}$ и на сжатие $R_{тр}$ (ГОСТ 27006, п. 2.3, при контроле по схеме Г ГОСТ 18105), выравнивающего слоя – только по прочности на сжатие.

9.4 В начале строительства, до получения результатов производственного контроля прочности бетона по ГОСТ 18105, рекомендуется состав бетона подбирать по прочности с запасом 10% из условия обеспечения уровня прочности (МПа):

$$Rtb_y = 1{,}1 \times Rtb_{тр} = 1{,}1 \times 1{,}28 \times B_{tb} = 1{,}41 \times B_{tb},$$

$$R_y = 1{,}1 \times R_{тр} = 1{,}41 \times B. \qquad (2)$$

В этом случае коэффициент требуемой прочности бетона принят $K_т = 1{,}28$ для среднего коэффициента вариации прочности бетона в партии $V_п = 13\%$ (при контроле прочности бетона по партиям по схеме Г ГОСТ 18105).

9.5 Фактические величины прочности на сжатие и на растяжение при изгибе бетона подобранного состава (при обеспечении обеих проектных величин прочности и морозостойкости) могут не соответствовать заданному в проекте их соотношению. При этом одна из величин прочности оказывается выше, чем по проекту (таблица 1).

Таблица 1 – Ориентировочное соотношение между классами прочности бетона покрытий и оснований на сжатие и на растяжение при изгибе

Конструктив	Класс бетона по прочности	
	на растяжение при изгибе, B_{tb}	на сжатие, B
Покрытие, $V_в = 5–7\%$	3,6	25–30
	4,0	25–35
	4,4	30–40
	4,8	35–45
Основание, $V_в = 0$	1,2	7,5–10
	1,6	10–12,5
	2,9	12,5–15
	2,4	15–20
Примечание: $V_в$ – объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси, %		

Это связано главным образом с различным соотношением прочности при сжатии и изгибе цементов разных заводов-производителей (например, два цемента марки ПЦ500 могут характеризоваться разной прочностью при изгибе) и разным влиянием вовлеченного воздуха на прочность бетона на сжатие и на растяжение при изгибе.

Требование обеспечить заданную марку бетона по морозостойкости и соответствующее ограничение В/Ц также оказывают влияние на получаемую при подборе состава бетона прочность.

Например, если в проекте указаны классы прочности бетона основания $B_{tb}1,2$ и В7,5, то при нормативном ограничении В/Ц $\leq$ 0,90 для бетона оснований (ГОСТ 26633, п. А.2.13), бетон на обычных стандартных материалах (ПЦ500 и пр.) будет характеризоваться более высокими значениями прочности, соответствующими классу, например, $B_{tb}1,6$; В12,5.

9.6 Состав бетона покрытий и оснований при подборе по ГОСТ 27006 для каждого пробного замеса рассчитывают методом абсолютных объемов.

При этом подбор состава бетона покрытий рекомендуется проводить для минимальных значений объема вовлеченного воздуха в уплотненной бетонной смеси из нормируемого диапазона, на месте бетонирования: 5% (50 л/м^3) для бетона верхнего слоя и однослойных, 3,5% (35 л/м^3) – нижнего слоя. Состав бетона оснований рассчитывают без вовлеченного воздуха, $V_в = 0$.

9.7 Состав бетона подбирают на полностью высушенных заполнителях, песке и щебне.

9.8 Номинальный состав бетона представляет собой расход материалов на 1 м^3 бетонной смеси в полностью уплотненном состоянии, при использовании сухих заполнителей, при котором обеспечены требуемые технологические свойства бетонной смеси, прочность и морозостойкость бетона.

Номинальный состав бетона покрытий и оснований обычно представляют также в относительном виде:

$$Ц:П:Щ:В = 1:\frac{П}{Ц}:\frac{Щ}{Ц}:\frac{В}{Ц}.$$

9.9 Состав бетона покрытий и оснований подбирают сразу с применением химических добавок, если иное не предусмотрено заданием на подбор или особыми условиями строительства.

Например, бетон оснований из жесткой бетонной смеси для технологии укатки часто подбирают без пластифицирующих добавок из-за более быстрой потери жесткости бетонной смеси со временем при этом.

Предварительно, для пробных замесов, принимают расход пластифицирующей и воздухововлекающей добавок по рекомендациям производителя или из предыдущего опыта.

9.10 Значение В/Ц = $В/Ц_{нач}$ для начального состава бетона рекомендуется определять расчетом для достижения принятого уровня прочности бетона по следующим формулам (типа Боломея – Скрамтаева, дополненным влиянием вовлеченного воздуха) для Rtb_y и R_y:

$$R_y = 0,6 \times R_ц \times [(Ц/В) - 0,5] \times (1 - 0,06 \times Vв), \text{ при } В/Ц \geq 0,40,$$

$$R_y = 0,4 \times R_ц \times [(Ц/В) + 0,5] \times (1 - 0,06 \times Vв), \text{ при } В/Ц \leq 0,40,$$

$$Rtb_y = 0,39 \times Rtb_ц \times [(Ц/В) - 0,1] \times (1 - 0,025 \times Vв). \quad (3)$$

Здесь $R_ц$, $Rtb_ц$ – прочность цемента при сжатии и изгибе по ГОСТ 310.4, В/Ц и Ц/В – водоцементное и цементно-водное отношение, Vв – объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси, %.

Формулы (3) применимы для оценки средних величин прочности бетона в сериях при испытании образцов тяжелого бетона базового размера по базовым схемам ГОСТ 10180, ГОСТ 28570, приготовленных из малоподвижной бетонной смеси, в возрасте 28 суток нормального твердения.

Для бетона из жесткой бетонной смеси (марок Ж3-Ж4) в представленных формулах для прочности бетона на сжатие вводят дополнительный повышающий коэффициент $К_ж$ = 1,1 – 1,3, из подвижной бетонной смеси (марок П3-П5) – понижающий коэффициент $К_п$ = 0,9 – 0,95.

Для мелкозернистого бетона коэффициенты в формуле (3) для сжатия перед $R_ц$, $Rtb_ц$ и $V_в$ следует уменьшить (ориентировочно на 0,1–0,2).

9.11 Прочность (активность) цемента $R_ц$, $Rtb_ц$, для расчета начального состава по формулам (3) принимают равной его марке или гарантированной прочности по ГОСТ 10178 (например, для ПЦ 500-Д0-Н принимают $R_ц = 50$ МПа, $Rtb_ц$ = 6,0 МПа) или равной минимальной прочности цемента за последние полгода (три месяца) по данным завода-производителя.

При получении цемента по ГОСТ Р 55224, ГОСТ 33174 прочность цемента, определенную по ГОСТ 30744, приводят к значениям прочности цемента по ГОСТ 310.4. Ориентировочное соотношение между марками цемента по ГОСТ 10178 и классами прочности по ГОСТ 30515 указано в приложении ГОСТ Р 55224, ГОСТ 33174.

9.12 Для подбора состава, для экспериментального уточнения выбранного значения В/Ц, принимают найденное расчетом по формуле (3) начальное значение $В/Ц_{нач}$ и еще не менее двух значений $(В/Ц)_{1,2}$, отличающихся от $В/Ц_{нач}$ на ±0,05 (желательно использовать дополнительно еще два значения, отличающихся от $В/Ц_{нач}$, например, на ±0,10).

9.13 Для экспериментального уточнения начального состава бетона назначают водосодержание (В кг/м^3) бетонной смеси, используя опыт строительства, справочные данные для применяемых материалов и результаты пробных замесов.

Например, для малоподвижной бетонной смеси марок П1-П2 с добавкой С-3 можно принять предварительно величину $В_м$=150 л/м^3, для подвижной смеси марки П2-П3 – $В_п$=160 л/м^3, для жесткой смеси без пластифицирующей добавки марки Ж4 – $В_ж$=135 л/м^3, для литой (высокоподвижной, в том числе самоуплотняющейся) марки П4-П5 – $В_л$=170 л/м^3.

Данные водосодержания бетонной смеси ориентировочные, предварительные. Эти значения представлены для цемента по ГОСТ 10178 для бетона покрытий, с величиной нормальной густоты НГ = 0,25,

стандартного гранитного щебня фракции 5–20 мм и среднего природного речного кварцево-полевошпатового песка, при планируемой длительности транспортирования смеси 30 минут и должны быть откорректированы при использовании других материалов для бетона.

9.14 Для принятых значений В/Ц и В, рассчитывают величину расхода цемента как Ц = В/(В/Ц), кг/м^3, для каждого пробного замеса.

Для начального состава бетона получают расчетные величины $В_{нач}$ и $Ц_{нач}$ для рассчитанного $(В/Ц)_{нач}$.

9.15 Расход щебня в начальном составе бетона покрытий и оснований $Щ_{нач}$, кг/м^3, рассчитывают по величине плотности зерен щебня (средней плотности) $\rho_{щз}$ плотности щебня в насыпном состоянии, $\rho_{щн}$, его пустотности $П_щ$ по ГОСТ 8269, для выбранной величины коэффициента раздвижки зерен щебня раствором $К_р$:

$$Щ = \frac{1000}{\frac{К_р \times П_щ}{\rho_{щн}} + \frac{1}{\rho_{щз}}}, \quad (4)$$

где $\rho_{щз}$, $\rho_{щн}$ выражены в кг/л, 1000 – 1 м^3 уплотненной бетонной смеси в л,

$$П_щ = 1 - \frac{\rho_{щн}}{\rho_{щз}}. \quad (5)$$

9.16 Коэффициент раздвижки зерен щебня раствором ($К_р$) назначают на основе опыта. Для бетона покрытий и оснований из малоподвижной бетонной смеси на мелком и среднем песке, как правило, диапазон рекомендуемых его величин составляет $К_р$ = 1,5–1,9, из подвижной и литой бетонной смеси – 1,7–2,1, из жесткой бетонной смеси по технологии укатки – 1,1–1,5 [4, 5, 13, 14].

Большее значение $К_р$ (меньший расход щебня в бетоне) соответствует более крупному песку, меньшее – более мелкому песку, а также – щебню габбро-диабазовому и т.п. вместо гранитного, со средней или истинной плотностью 2800 кг/м^3 и более.

Оптимальная величина $К_р$ в бетоне покрытий и оснований (оптимальное соотношение между песком и щебнем в бетоне) должна обеспечить максимальную подвижность (минимальную жесткость) бетонной смеси при постоянном расходе цемента, воды и добавок и получение требуемой удобообрабатываемости бетонной смеси, в бетоне покрытий – также получение нормируемого объема вовлеченного воздуха в бетонной смеси.

При этом расход щебня в бетоне покрытий не рекомендуется снижать менее 1000 кг/м^3 (при меньшем расходе щебня возрастает угроза повышенного растворотделения и недоуплотнения смеси, ее налипания на стенках барабана смесителя), в бетоне оснований – увеличивать более 1300 кг/м^3 (из-за угрозы снижения удобообрабатываемости и повышенной сегрегации смеси при выгрузке и распределении).

9.17 Расход песка в начальном составе бетона покрытий $П_{нач}$, кг/м^3, рассчитывают методом абсолютных объемов по формуле

$$П = \left(1000 - \frac{Щ}{\rho_{щз}} - \frac{Ц}{\rho_{ц}} - В - V_в\right) \times \rho_{пз}\ , \qquad (6)$$

где П, Щ, Ц, В – расходы песка, щебня, цемента, воды в бетоне соответственно, кг/м^3,

$\rho_{пз}$ – плотность зерен песка (истинная плотность), кг/л, по ГОСТ 8735,

$\rho_{щз}$ – плотность зерен щебня (средняя плотность), кг/л, по ГОСТ 8269,

$\rho_{ц}$ – плотность зерен цемента (обычно рекомендуется принять 3,1 кг/л),

1 м^3 уплотненной бетонной смеси в л,

$V_в$ – объем вовлеченного воздуха в смеси, л/м^3, $V_в$ = 50л/м^3 для бетона верхнего слоя и однослойных покрытий, $V_в$ = 35л/м^3 для бетона нижнего слоя двухслойных покрытий, $V_в$ = 0 для бетона оснований.

Здесь предварительно можно пренебречь объемом, занимаемым в бетоне пластифицирующей и воздухововлекающей добавками.

9.18 Пробные замесы при подборе состава бетона покрытий с воздухововлекающей или газообразующей добавкой и бетона оснований из

жесткой бетонной смеси рекомендуется производить в лабораторных смесителях принудительного перемешивания.

Допускается при подборе состава бетона подвижную бетонную смесь приготавливать в лабораторных смесителях гравитационного перемешивания.

Время перемешивания затворенной водой бетонной смеси должно быть не менее 60 сек (если иное не предусмотрено техническим заданием на подбор состава бетона).

9.19Воспроизводят рассчитанный начальный состав бетона в пробном замесе с использованием лабораторного смесителя, $Ц_{нач}$, $П_{нач}$, $Щ_{нач}$, $В_{нач}$, начальный расход добавок.

Определяют подвижность или жесткость бетонной смеси, ее плотность и коэффициент уплотнения $К_у = \rho_ф / \rho_р$, объем вовлеченного в бетонную смесь воздуха по ГОСТ 10181, в том числе по плотности смеси как

$$V_в = \left(1 - \frac{\rho_ф}{\rho_р}\right) \times 100\ ,\%,$$

через 10 мин, 30 мин и 60 мин после окончания перемешивания. Здесь $\rho_ф$ – фактическая плотность бетонной смеси по ГОСТ 10181;

$\rho_р$ – расчетная плотность бетонной смеси по формуле 1.

При этом для бетонной смеси для тяжелого бетона любого состава величина $К_у$ должна быть не менее 98%.

9.20 Если в результате пробного замеса подвижность бетонной смеси оказывается ниже/выше требуемой величины (жесткость соответственно выше/ниже), то соответственно увеличивают/уменьшают расход воды в рассчитанном начальном составе бетона на величину $\Delta В$ (например, на 5–10 л/м^3).

Соответственно принятой величине изменения водосодержания бетонной смеси, $\Delta В$, пересчитывают расход песка и цемента в бетоне с целью сохранить постоянным выбранное на пробный замес значение В/Ц и объем получаемой бетонной смеси, увеличивая/уменьшая расход цемента на

величину ΔЦ = ΔВ/(В/Ц), кг/м^3, уменьшают/увеличивают расход песка, кг/м^3, на величину

$$-\Delta П = +\left(\frac{\Delta Ц}{\rho_п} + \Delta В\right) \times \rho_{пз} = +\Delta В \times \left(\frac{1}{\rho_ц \times В/Ц} + 1\right) \times \rho_{пз} . \quad (7)$$

Расход щебня и величина В/Ц при этом остаются неизменными.

Пробные замесы для уточнения водосодержания смеси, расходов песка и цемента повторяют до получения требуемой подвижности (жесткости), степени уплотнения бетонной смеси и объема вовлеченного воздуха, сохраняемости свойств смеси со временем в нормальных условиях по ГОСТ 10180 (в течение 30–60 минут).

9.21 Оптимальную величину коэффициента раздвижки зерен щебня раствором $К_{роптт}$, принятую в начальном составе бетона покрытий и оснований, уточняют экспериментально, варьируя $К_р$ в указанных выше (п 9.16) пределах, до достижения максимальной подвижности или минимальной жесткости смеси, при сохранении постоянной величины В/Ц, степени уплотнения бетонной смеси, ее сохраняемости и объема вовлеченного воздуха.

Например, при невозможности получить в фактических условиях строительства необходимый объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси, с учетом длительности ее транспортирования от ЦБЗ к месту укладки, принятых средств доставки и выбранных химических добавках, величину $К_р$ увеличивают обычно на 0,1–0,3 («запесочивают» состав бетона).

Пробные замесы повторяют до достижения всех требуемых показателей свойств бетонной смеси.

9.22 Уточняют оптимальный расход пластифицирующей и воздухововлекающей добавок для начального состава бетона, увеличивая, при возможности, расход пластифицирующей добавки на 0,1–0,3% массы цемента (в расчете на сухой или товарный продукт добавки), добиваясь минимального водосодержания смеси при сохранении ее свойств со временем, при отсутствии замедления твердения бетона в раннем возрасте и

ухудшения удобообрабатываемости смеси. Получают окончательно откорректированный, уточненный начальный состав бетона.

9.23 Повторяют указанную процедуру расчета, воспроизводства пробных замесов и уточнения расходов материалов для еще не менее чем двух составов бетона, для значений В/Ц, отличающихся от начального на ±0,05 (желательно использовать дополнительно еще два значения, отличающихся от $В/Ц_{нач}$ например на ±0,10).

9.24 При достижении на пробных замесах для начального и дополнительных составов бетона всех заявленных показателей технологических свойств бетонной смеси (главным образом удобоукладываемости, $V_в$ и их сохраняемости со временем, с соответствующими оптимальными дозировками химических добавок и $К_р$) в каждом таком уточненном пробном замесе (оптимальном) изготавливают контрольные образцы-кубы бетона для испытания на прочность на сжатие и образцы-призмы (балки) – на растяжение при изгибе.

9.25 Рекомендуется твердение образцов бетона при подборе его состава осуществлять в нормальных условиях по ГОСТ 10180, а также в условиях твердения покрытия или основания, если они указаны в техническом задании на подбор, и испытывать в возрасте 7 и 28 суток (или в ином промежуточном возрасте по п. 7.3, при необходимости).

9.26 По полученным значениям прочности бетона в возрасте 28 суток в сериях образцов начального и дополнительных составов, уточненных на пробных замесах, устанавливают ее зависимость от В/Ц (или Ц/В). Выбирают значение $Ц/В = Ц/В_{ном}$ (номинальное), при котором обеспечиваются достижение заданного уровня прочности бетона и на сжатие, и на растяжение при изгибе.

На практике зависимость прочности бетона от (Ц/В) чаще всего строят графически или аналитически, например с помощью программы Excel.

9.27 Для полученного $В/Ц_{ном}$ рассчитывают по формулам (4), (5) номинальный состав бетона, расходы материалов на 1 $м^3$ уплотненной бетонной смеси: $В_{ном}$, $Ц_{ном}$, $Щ_{ном}$, $П_{ном}$.

Приготавливают полученный номинальный состав бетона, экспериментально окончательно уточняют дозировки добавок, $В_{ном}$ и $Кр_{ном}$.

Воспроизводят откорректированный номинальный состав бетона, подтверждают обеспечение всех требуемых характеристик бетонной смеси (удобоукладываемость, плотность, объем вовлеченного воздуха, их сохраняемость со временем) и формуют серии образцов бетона для испытания на прочность (на растяжение при изгибе и на сжатие) по ГОСТ 10180 и морозостойкость по ГОСТ 10060 для экспериментального подтверждения достижения всех проектных требований.

9.28 На полученном окончательно номинальном составе бетона рекомендуется определить также растворотделение и водоотделение бетонной смеси по ГОСТ 10181, прочность бетона на растяжение при раскалывании по ГОСТ 10180 и пористость бетона по ГОСТ 12730, для чего следует дополнительно изготовить образцы-цилиндры.

Определение прочности бетона на растяжение при раскалывании необходимо для получения фактических переходных коэффициентов к нормируемой прочности на сжатие и на растяжение при изгибе по ГОСТ 10180, приложение Л [4, 5, 17] для использования в дальнейшем, при контроле прочности бетона в покрытии или основании с помощью испытания выбуренных образцов-кернов по ГОСТ 28570.

При подборе состава бетона для выравнивающего слоя, к которому не предъявляют требования по прочности на растяжение при изгибе, также рекомендуется дополнительно изготавливать образцы-призмы (для возможности, при необходимости в ряде случаев, оценки его несущей способности, как основания).

9.29 При необходимости на полученном номинальном составе бетона определяют его дополнительные характеристики, если они указаны в техническом задании, например:

- истираемость по ГОСТ 13087,
- водонепроницаемость по ГОСТ 12730.5,
- модуль упругости и коэффициент Пуассона по ГОСТ 24452,
- выносливость по ГОСТ 24545-81,
- усадка и ползучесть по ГОСТ 24544,
- паропроницаемость по ГОСТ 28575,
- коррозионная стойкость по ГОСТ 31383.

9.30 Использование нестандартных методик испытания (например, для определения коэффициента линейного температурного расширения бетона, КЛТР, или измерения коэффициента сцепления бетона покрытия с колесом транспортного средства) в лабораторных условиях по образцам или на отдельной плите согласовывают с заказчиком.

9.31 Номинальный состав бетона, подобранный для сухих материалов, корректируют при выпуске бетонной смеси по результатам определения влажности заполнителей, получают рабочий состав бетона для заполнителей естественной влажности, кг/м^3:

расход щебня увеличивают на $+\Delta Щ_в = \frac{Щ \times W_щ}{100}$,

песка – на $+\Delta П_в = \frac{П \times W_п}{100}$,

расход воды уменьшают на

$$-\Delta В_в = \left(\frac{П \times W_п}{100} + \frac{Щ \times W_щ}{100}\right), \quad (8)$$

где $W_щ$ – влажность щебня, % массы сухого щебня,

W_g – влажность песка, % массы сухого песка.

В современных компьютеризированных ЦБЗ расходы материалов по рабочему составу бетона рассчитываются автоматически после введения в систему управления данных о влажности заполнителей.

9.32 Рабочий состав бетона также корректируют на стадии пробного бетонирования с учетом конкретных условий строительства (результатов входного контроля качества цемента, песка и щебня, особенностей работы бетоноукладчика по укладке бетонной смеси при выбранной скорости бетонирования, удобообрабатываемости и сохраняемости свойств смеси, устойчивости кромки свежеуложенного покрытия и основания, температуры воздуха в районе строительства и пр.).

Рекомендуемая протяженность участка пробного бетонирования не менее 200 п. м.

Все корректировки состава бетона фиксируются в лабораторном журнале или журнале производства работ ответственным лицом (инженером лаборатории, технологом и др.) – см. приложение Г.

10 Приготовление и транспортирование бетонной смеси

10.1 Бетонную смесь для бетона покрытий и оснований по ГОСТ26633 приготавливают в смесителях принудительного или гравитационного действия по ГОСТ 7473, циклического или непрерывного принципа перемешивания.

Бетонные смеси тяжелого и мелкозернистого бетона всех марок по удобоукладываемости приготавливают в смесителях принудительного действия.

Бетонные смеси тяжелого и мелкозернистого бетона марок по удобоукладываемости Ж1 и П1-П5 допускается приготавливать в гравитационных смесителях.

Во всех случаях предпочтительнее применять смесители принудительного действия, циклические, с раздельным весовым дозированием компонентов бетона, с автоматизированным заданием состава бетона и документированием результатов замесов (в печатном и электронном виде).

10.2 Перед началом работ рекомендуется обработать внутреннюю поверхность барабана и лопастей смесителя специальным средством, предотвращающим налипание бетонной смеси к металлу (например, типа «Фьюжен РМ» и др.) и не ухудшающим свойства бетонной смеси и бетона.

10.3 Для приготовления бетонной смеси в бетоносмеситель загружают отдозированные в соответствии с рабочим составом бетона его компоненты (цемент, песок, щебень, химические добавки).

10.4 Для введения химических добавок в бетон в соответствии с определенными при подборе состава бетона дозировками (в расчете на сухой продукт добавки в процентах от массы цемента) лаборатория заранее определяет концентрацию их водных растворов.

Рекомендуемая концентрация приготавливаемого рабочего водного раствора добавки суперпластификатора составляет 20–30%,

воздухововлекающей – 1–3%.

Этого не требуется при получении готовых растворов химических добавок, где дозировка при подборе состава бетона определена в расчете на товарный продукт (готовый водный раствор постоянной концентрации).

10.5 Рекомендуемая продолжительность перемешивания бетонных смесей в смесителях с принудительным перемешиванием (время от момента окончания загрузки всех материалов в работающий смеситель до начала выгрузки бетонной смеси) для бетона дорожных покрытий и оснований, по опыту работы, составляет не менее 60 с, в гравитационных смесителях – не менее 150 с.

Режим перемешивания должен обеспечивать требуемую однородность бетонной смеси по ГОСТ16349 для подобранного состава бетона.

10.6 При перемешивании бетонной смеси рекомендуется следить за показателем мощности, отбираемой на валу привода лопастей, барабана смесителя.

При повышении мощности привода до значений близких к предельно допустимым необходимо уменьшить объем замеса (объем загрузки барабана смесителя).

10.7 Объем загрузки барабана смесителя регулируют по условиям обеспечения требуемого объема вовлеченного воздуха в бетонной смеси и ее однородности (качества перемешивания): для увеличения $V_в$ и однородности смеси объем замеса и время перемешивания, как правило, увеличивают.

Объем замеса уменьшают при приготовлении жесткой тяжелой бетонной смеси для технологии укатки или мелкозернистой (обычно до 80% по сравнению с объемом замеса малоподвижной или подвижной смеси), при использовании запесоченной смеси, признаках налипания смеси на стенках барабана смесителя и др.

10.8 Для исключения сегрегации бетонной смеси при ее выгрузке из смесителя в бетоновоз, расстояние между выгрузочным окном и кузовом бетоновоза не должно превышать 2 м.

10.9 На бетоносмесительной установке рекомендуется иметь выпускные воронки для выгрузки из барабана разной по удобоукладываемости бетонной смеси: для малоподвижной и жесткой смеси – воронку большего диаметра, для подвижной – меньшего, что позволяет снизить риск расслоения смеси при погрузке в кузове автосамосвала.

10.10 Рекомендуется установить камеру видеонаблюдения для визуального контроля за состоянием бетонной смеси и процессом перемешивания в барабане смесителя.

10.11 Перед началом работ осуществляют пробный выпуск бетонной смеси для корректировки, при необходимости, состава бетона, объема замеса и режимов перемешивания с учетом фактических условий строительства и результатов входного контроля качества материалов для бетона.

10.12 После окончания работ и при длительных перерывах (более 30 минут в зависимости от состава бетона и температуры воздуха) рекомендуется очистить барабан смесителя от остатков бетона водой, в том числе, с помощью аппаратов высокого давления, например типа Керхер, и специальных моющих средств, например типа Барракуда, водой со щебнем и др.

10.13 В качестве автобетоновозов (п. 6.17) для доставки бетонной смеси от ЦБЗ на место укладки рекомендуются автомобили-самосвалы с задней разгрузкой, автобетоносмесители, или бетоновозы специальной конструкции, например, с донной выгрузкой транспортером.

10.14 Малоподвижную (марок П1, П2) и жесткую (марок Ж1, Ж3, Ж4) бетонную смесь транспортируют, как правило, в автосамосвалах с задней разгрузкой.

Возможно транспортирование малоподвижных бетонных смесей специальными автобетоносмесителями, например, типа «Magirus», «Stetter», «HD 12+» компании «CIFA» и др., мощность двигателя и конструкция барабана которых (обычно, более длинный барабан и меньший угол наклона оси барабана к горизонту, наличие горизонтального участка барабана)

позволяют осуществить их загрузку, выгрузку, перемешивание во время транспортирования без расслоения, сегрегации бетонной смеси, налипания на стенки барабана или лопасти, а также бетоновозами с донной выгрузкой смеси транспортером.

При недостаточной мощности двигателя привода вращения барабана автобетоносмесителя для перемешивания смеси, рекомендуется уменьшить объем его загрузки, по возможности, увеличить расход щебня в бетоне и подвижность бетонной смеси.

10.15 Подвижные и литые бетонные смеси (марок П3-П5) транспортируют, как правило, в автобетоносмесителях или бетоновозах специальной формы кузова (корытообразной).

10.16 При длительности транспортирования бетонной смеси более 60 минут (п. 6.2) ее доставку допускается осуществлять автобетоносмесителями при дополнительном введении в бетонную смесь части воды затворения вместе с химическими добавками на месте укладки в соответствии с ГОСТ 7473 при обязательном лабораторном сопровождении.

При этом рекомендуется на месте укладки определить:

- дозировку вводимых дополнительно химических добавок в зависимости от состава бетона и фактических характеристик бетонной смеси на момент их введения, от объема бетонной смеси в барабане и принятого режима перемешивания;

- способ введения добавок в барабан автобетоносмесителя (с помощью насоса с водомерным счетчиком, вручную с помощью мерной емкости, самотеком и др.);

- режим дополнительного перемешивания смеси после их добавления в готовую бетонную смесь (время перемешивания, скорость вращения барабана);

- однородность получаемой бетонной смеси по подвижности и объему вовлеченного воздуха (по оценке подвижности и плотности смеси разных ее частей по мере выгрузки из автобетоносмесителя);

- однородность получаемого бетона по прочности (для этого должны быть отформованы контрольные образцы бетона для определения его прочности до и после введения добавок для не менее, чем трех проб бетонной смеси, отобранных из разных ее частей, ГОСТ 16349);

- морозостойкость бетона до и после введения добавок.

Данная технология восстановления подвижности бетонной смеси с помощью дополнительного введения воды и/или растворов химических добавок должна быть указана в ППР или в соответствующем технологическом регламенте.

10.17 При использовании автобетоносмесителя для транспортирования бетонной смеси запрещается промывать приемочный лоток после загрузки бетонной смеси на ЦБЗ до полной выгрузки бетонной смеси из барабана на месте укладки бетона, а также использовать вибрирование смеси для ускорения ее выгрузки.

10.18 После выгрузки бетонной смеси из барабана автобетоносмесителя рекомендуется визуально оценить оставшуюся в барабане часть бетонной смеси, с целью оценки возможных ее потерь.

10.19 Для транспортирования бетонной смеси к месту укладки автомобилями-самосвалами они должны быть оборудованы быстросъемными пологами, защищающими бетонную смесь от попадания осадков и потери влаги при транспортировании.

10.20 Кузов автомобиля-самосвала, перед загрузкой бетонной смеси, рекомендуется обработать специальным составом, исключающим или уменьшающим налипание смеси на поверхность транспортного средства и не влияющим на качество бетонной смеси и бетона, аналогично поверхности барабана бетоносмесителя (п. 10.2).

10.21 При загрузке в автосамосвал нескольких замесов рекомендуется выполнять маневры автомобилем, обеспечивая равномерное распределение смеси в кузове.

10.22 Рекомендуемое время загрузки бетонной смеси в транспортное

средство для обеспечения непрерывной укладки бетона в покрытие или основание (п. 6.17) не должно превышать 10 минут при использовании бетоноукладчика или технологии укатки, при бетонировании с помощью средств малой механизации – 20 минут.

10.23 После выгрузки бетонной смеси на месте бетонирования кузов автосамосвала или барабан автобетоносмесителя должны быть тщательно очищены (промыты) в заранее отведенном месте.

11 Подготовительные работы перед распределением и укладкой бетонной смеси

11.1 Перед началом бетонирования покрытия или основания определяют оптимальную длину сменной захватки в соответствии с подготовленным фронтом работ, с учетом требуемого объема бетонирования, производительности бетоносмесительной установки и бетоноукладчика, принятого темпа укладки с помощью средств малой механизации или по технологии укатки, возможностей ритмичной доставки бетонной смеси к месту укладки, погодных условий.

Как правило, длину сменной захватки назначают кратной расстоянию между деформационными швами для совмещения рабочего шва со швом сжатия или расширения.

11.2 Перед устройством бетонного покрытия (основания) должен быть в установленном порядке принят нижележащий слой, а также технологический слой уширения и обочины для обеспечения возможности движения построечной техники.

11.3 При обнаружении в слое основания из бетона или укрепленного цементом материала трещин, сколов, шелушения и др. дефектов, перед устройством покрытия рекомендуется выявить и устранить причину их появления и произвести соответствующий ремонт.

11.4 Поверхность нижележащих слоев перед бетонированием должна быть очищена и, при необходимости, промыта водой.

11.5 На поверхность основания следует уложить разделительную прослойку (пленку ППА, геотекстильный или другой материала) в соответствии с проектом.

По длине и ширине полосы бетонирования рулонные материалы рекомендуется укладывать внахлест, с перекрытием по ходу укладки бетонной смеси на 25–30 см. При этом не должно быть складок, трещин, полостей, воздушных пузырей.

11.6 Рулонные материалы разделительных прослоек прикрепляют к бетонному или укрепленному основанию дюбелями (с полукруглой головкой) с шайбами (при помощи строительных пистолетов и пр.). Рекомендуемый диаметр дюбелей – 4 мм, длина – 35–40 мм, диаметр шайб – 30 мм.

Количество точек крепления прослойки должно исключить ее перемещение в процессе распределения и укладки бетонной смеси. Рекомендуемое расстояние между точками крепления материала прослоек составляет 1500–2000 мм и уточняется при пробной укладке бетонной смеси.

11.7 При укладке разделительной прослойки из рулонного материала на слой щебеночного основания, необработанного (неукрепленного) вяжущим, ее крепят с помощью металлических стержней, обычно, диаметром 6–12 мм длиной 150–200 мм, забиваемых в слой щебня.

11.8 Если проектом предусмотрена укладка бетона непосредственно на слой основания из щебня, без устройства разделительной прослойки, слой щебня перед укладкой бетона должен быть увлажнен водой (из расчета 0,5–1 л/м^2).

Для снижения давления от гусеничных тележек бетоноукладчиков на неукрепленное основание (исключения «зарывания» тележек) целесообразно применить специальные опорные подкладки.

11.9 Арматурные элементы в плитах покрытия перед бетонированием следует устанавливать на основание в проектное положение на подставках, «сухарях», обеспечивая при бетонировании требуемый защитный слой бетона, и прикреплять к основанию с помощью Г-образных или П-образных скоб, которые должны исключить смещение арматурных изделий при бетонировании и не препятствовать перемещению плит при температурных деформациях.

11.10 При наличии на бетоноукладчике оборудования для погружения штырей в процессе бетонирования, перед началом работ заготавливают

сменный запас арматурных штырей (анкеров) для установки в поперечные деформационные швы сжатия и продольные швы.

Гладкие (без рифления) арматурные штыри для швов сжатия (дюбели) не должны быть искривлены, концы штырей должны быть без вмятин и заусениц, штыри целиком, на 1/2 или на 2/3 по длине должны быть покрыты гидрофобизирующим материалом (разжиженным битумом и т. п.), в соответствии с проектом.

При отсутствии на бетоноукладчике оборудования для автоматического вибропогружения штырей в швы в процессе бетонирования, готовые конструкции швов со штырями – каркасы «корзинки» изготавливают заранее и устанавливают до бетонирования в проектное положение и надежно прикрепляют к основанию, например, с помощью дюбелей, аналогично креплению разделительной прослойки ППА.

При устройстве швов сжатия и расширения не допускается отклонение положения штырей от проектного более чем на 10 мм (по горизонтали и вертикали) [9, 10, 19].

11.11 Для работы автоматической системы обеспечения заданных высотных отметок и курса машин при устройстве цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов: бетоноукладчиков со скользящими формами, асфальтоукладчиков и др. применяют «базу», предусмотренную инструкцией по эксплуатации машин: копирные струны, на которые выносят отметки продольного профиля или системы автоматического управления без струны.

11.12 Копирные струны устанавливают на длину сменной захватки в соответствии с инструкцией по эксплуатации машины, проектными планом и продольным профилем сооружения. Струну помещают в пазы поперечных штанг, которые закрепляют на стойках (с площадками) с возможностью регулировки штанг по высоте для установки требуемых отметок продольного профиля. Стойки в плане устанавливают в соответствии с отметками плана. Стойки рекомендуется устанавливать на прямых участках на расстоянии не

более 10 м друг от друга, а на участках с радиусом кривой в плане менее 100 м – не более 5 м.

11.13 Струна над поверхностью, устраиваемого слоя, устанавливается на расстоянии 300–600 мм.

11.14 Для исключения провисания струны необходимо использовать тросы диаметром 2–5 мм, не допускающие удлинение при натяжении. Натяжение струны следует выполнять специальными (штатными) лебедками. Проверку натяжения струны выполняют в соответствии с инструкцией по эксплуатации машин. Проектные отметки продольного профиля выносят на каждую точку закрепления струны. Отклонение струны от проектных отметок не должно быть более ±2 мм в соответствии с СП 78.13330.

11.15 Для устройства маячных рядов, устанавливают две копирные струны, с каждой стороны полосы бетонирования на всю длину сменной захватки.

При бетонировании межмаячных рядов допускается установить копирную струну только с одной стороны, а с другой стороны датчики высотных отметок бетоноукладчика работают от лыж (башмаков), копирующих поверхность покрытия маячного ряда в зоне примыкания рядов.

11.16 В качестве базы автоматической системы обеспечения заданных высотных отметок и курса комплекта бетоноукладочных машин рекомендуется применять современную технологию автоматического регулирования – цифровую 3D-модель, работающую через системы спутниковой навигации, наземные станции и приемные устройства укладочных машин.

Такие автоматические системы управления применяются на современных укладчиках (бетоноукладчиках, асфальтоукладчиках), распределителях, профилировщиках) и др.

11.17 Перед бетонированием бетоноукладчиками со скользящими формами необходимо установить одинаковую скорость подъема-опускания гидроцилиндров рамы укладчика относительно гусеничных движителей и

установить рабочие органы бетоноукладчика в соответствии с инструкцией по эксплуатации машины и проектным поперечным профилем слоя бетона.

11.18 Тип и установка высокочастотных глубинных вибраторов на бетоноукладчике и их характеристики (электрические и гидравлические, частота и амплитуда колебаний, радиус действия в бетонной смеси) должны обеспечивать возможность уплотнения бетонной смеси и получение бетона с заданными проектными требованиями по всей толщине и ширине бетона в слое.

Рекомендуется глубинные вибраторы располагать, примерно, в середине укладываемого слоя без арматурных элементов, при их наличии – на 50–70 мм выше арматуры, при укладке тонких слоев или верхнего слоя покрытия, устраиваемого методом сращивания – выше поверхности укладываемого слоя на 30–50мм (рисунок 4).

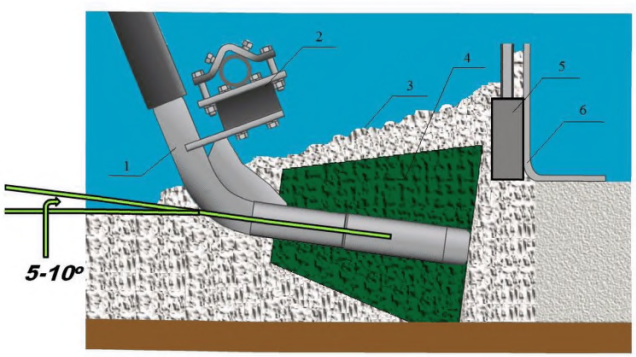


Рисунок 4 – Схема расположения вибратора в вертикальной плоскости на бетоноукладчике «Gomaco»):

1 – глубинный вибратор; *2* – крепление вибратора на бетоноукладчике; *3* – бетонная смесь; *4* – эпюра амплитуды колебаний по длине вибратора; *5* – трамбующий брус укладчика; *6* – формующая плита укладчика

11.19 Глубинные вибраторы следует устанавливать по ширине бетоноукладчика с учетом радиуса действия вибраторов. Причем крайние вибраторы, ближайшие к боковым формам, рекомендуется устанавливать на расстоянии 150–200 мм от боковых форм, а остальные на расстоянии (в осях между вибраторами) 300–450 мм (рисунок 5).

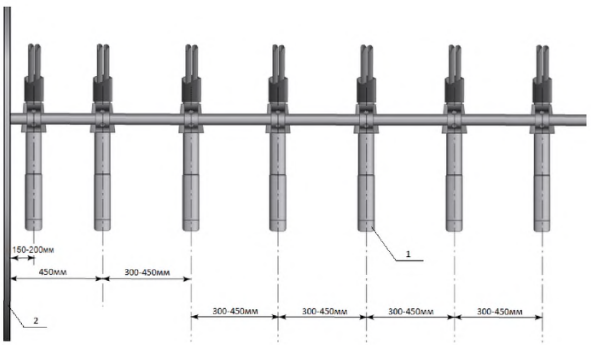


Рисунок 5 – Схема расположения вибраторов в плане на бетоноукладчике «Gomaco»:

1 – глубинный вибратор; *2* – скользящая форма

11.20 Для подготовки к устройству бетонного покрытия повышенной толщины (более 450 мм), если это предусмотрено ППР, устанавливают и прикрепляют к основанию инвентарную облегченную опалубку или на бетоноукладчик устанавливают удлиненные скользящие формы, корректируют состав бетона в части регулирования реологических свойств бетонной смеси.

11.21 Перед началом укладки жесткой бетонной смеси методом укатки с использованием для распределения и предварительного уплотнения асфальтоукладчика, его заранее устанавливают в исходное положение (аналогично установке бетоноукладчика). При этом устанавливают:

- выглаживающую плиту на стартовые колодки с учетом толщины укладываемого слоя и запаса на уплотнение (20-30%), при нулевом угле атаки выглаживающей плиты;

- ход трамбующего бруса на максимальную величину;

- частоту трамбующего бруса в пределах 1200-1500 об/мин;

- частоту вибрации виброплиты в пределах 20-30 Гц (для жесткого бруса) и 60 Гц (для раздвижного бруса).

11.22 Перед началом укладки бетона с помощью средств малой механизации проверяют наличие:

- сборной деревянной или металлической опалубки и штырей (дюбелей) для ее крепления;

- не менее чем 2 глубинных вибраторов, виброрейки, электростанции для питания вибраторов;

- не менее 2 ладилок с длинными (телескопическими) ручками, терок и специальных шаблонов, скребков для отделки поверхности покрытия или основания, для разделки зон примыкания к швам и опалубке;

- специальных щеток или накаток для создания шероховатости поверхности покрытия;

- ручных тележек;

- опрыскивателей (краскораспылителей и т.п.) для нанесения пленкообразующих материалов для ухода за свежеуложенным бетоном;

- специальных кистей для подгрунтовки боковых граней полос бетонирования и т.п.

При необходимости в состав комплекта средств малой механизации могут быть включены ручные катки, минипогрузчики, экскаватор и др.

11.23 Перед производством бетонных работ средствами малой механизации, на нижележащий слой основания устанавливают опалубку, выдерживая заданные проектом высотные отметки и уклоны.

Положение опалубки устанавливают с помощью нивелира в соответствии с проектными отметками и надежно закрепляют к основанию (с

помощью штырей, забиваемых в нижележащий слой). Опалубка не должна смещаться в процессе бетонирования.

Отклонение верха опалубки от вертикальных отметок не должно превышать ±2 мм.

11.24 Участок бетонирования следует оснастить передвижными (переставными) тентами для укрытия свежеуложенного бетона покрытия (основания) от атмосферных осадков, солнечной радиации (при температуре воздуха выше 25 °С) и сильного ветра.

11.25 Подготовительные работы выполняет, как правило, та же бригада, что и последующую укладку бетона.

12 Строительство цементобетонных покрытий и оснований бетоноукладчиками со скользящими формами

12.1 Перед началом бетонирования комплект машин следует установить таким образом, чтобы ось машин совпадала с осью бетонируемого ряда и на машинах были установлены датчики системы автоматического обеспечения заданных высотных отметок и курса (от копирных струн , систем спутниковой навигации и т. п.).

Укладку бетона рекомендуется проводить в направлении против продольного уклона [5].

12.2 При наличии в полосе бетонирования арматурных элементов, «корзинок» со штырями деформационных швов (пп. 11.9, 11.10) разгрузку бетонной смеси из бетоновозов производят в распределители бетонной смеси (с выдвижным бункером-транспортером, транспортером веерного типа и т.п.), принимающие бетонную смесь на соседней полосе (параллельной полосе бетонирования) и подающие ее к распределителю или бетоноукладчику.

12.3 При применении распределителя бетонной смеси с выдвижным бункером отвал распределителя устанавливают выше проектной отметки бетонируемого слоя на 70–80 мм, шнек – на 30–50 мм ниже режущей кромки отвала.

12.4 Выгрузка бетонной смеси из бетоновозов в выдвижной бункер распределителя выполняется следующим образом:

- бункер выдвигается за пределы полосы бетонирования;
- бетоновоз задним ходом подает к бункеру до контакта с ним;
- приводится в движение транспортерная лента бункера;
- бетонную смесь при постепенном подъеме кузова, равномерным потоком выгружают в бункер и только после достаточного объема смеси перед распределителем начинается его движение.

12.5 После того как распределитель пройдет 10–15 м, необходимо опустить его рабочие органы так, чтобы запас бетонной смеси составил 30–50 мм (уточняется в процессе работы).

12.6 Скорость движения распределителя рекомендуется поддерживать в пределах 5–6 м/мин.

12.7 Для исключения пропусков бетонной смеси при распределении необходимо поддерживать непрерывный по длине отвала распределителя валик смеси.

12.8 В случае просыпания бетонной смеси на основание в зоне прохождения гусеничных движителей распределителя или бетоноукладчика, она должна быть удалена.

12.9 При перегрузке бетонной смеси непосредственно перед бетоноукладчиком, например, транспортером веерного типа, распределение бетонной смеси по ширине полосы производится рабочими органами бетоноукладчика шнеком или отвалом, перемещающимся поперек полосы бетонирования.

12.10 При устройстве неармированных покрытий и оснований разгрузка бетонной смеси из бетоновозов может производиться непосредственно перед бетоноукладчиком. В этом случае рекомендуется разгружать бетонную смесь сначала к боковым формам, а затем в шахматном порядке порциями с расстоянием 1,5–2,0 м друг от друга.

12.11 Подъезд транспорта с бетонной смесью, разгрузка бетонной смеси и отъезд порожнего транспорта должны регулироваться специально назначенным обученным рабочим.

12.12 Удобоукладываемость бетонной смеси для укладки в скользящих формах с уплотнением высокочастотными глубинными вибраторами должна соответствовать марке П1 по ГОСТ 7473, а объем вовлеченного воздуха – 5–7% (на месте укладки) по ГОСТ 26633.

Допускается применять бетонную смесь марки П2, в зависимости от состава бетона и условий виброформования, обеспечивая при этом

стабильность боковой грани (кромки) свежеуложенного покрытия или основания и требуемые характеристики бетона.

Рекомендуется, чтобы фактический объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси на месте укладки соответствовал величине, установленной при подборе состава бетона.

12.13 Запрещается дополнительно увлажнять бетонную смесь на месте укладки для получения требуемой удобоукладываемости или удобообрабатываемости.

12.14 Бетонирование слоев бетоноукладчиком со скользящими формами выполняется на рабочей скорости укладчика 1,0–2,0 м/мин (при фиксированной частоте глубинных вибраторов – 10800 об/мин (180 Гц)), которая зависит от удобоукладываемости бетонной смеси (п 12.12).

При регулируемой (бесступенчато) частоте гидравлических глубинных вибраторов в диапазоне от 8000 об/мин (133 Гц) до 12000 об/мин (200 Гц) частоту следует устанавливать с учетом удобоукладываемости смеси:

- для менее подвижных смесей устанавливают более высокие частоты колебаний глубинных вибраторов и меньшую скорость укладчика, чтобы исключить риск недоуплотнения смеси,

- для более подвижной смеси и для слоев меньшей толщины – меньшую частоту колебаний и более высокую скорость, для исключения расслоения смеси.

Возможно эффективное использование гидравлических глубинных вибраторов при уплотнении бетонных смесей с пониженными частотами в интервале 8000 об/мин (133 Гц) – 5000 об/мин (83 Гц) с учетом особенностей составов бетона [15].

12.15 Окончательно параметры и режимы работы бетоноукладчика устанавливают при пробном бетонировании.

12.16 При укладке необходимо обеспечивать равномерное по всей ширине уплотнение бетонной смеси, сопровождающееся выделением воздушных пузырьков – «кипением» в «ванне» – зоне установки глубинных

вибраторов, следить за отсутствием видимых следов на поверхности свежеуложенного бетона над вибраторами (обычно в виде более темных полос), уровнем бетонной смеси в «ванне», который должен быть равномерным по всей ширине и превышать проектную отметку поверхности плиты покрытия или основания (свежеуложенного бетона) на 10–25 см в зависимости от состава бетона и условий бетонирования, за качеством отделки поверхности и вертикальностью боковых граней плиты. Отсутствие «кипения» бетонной смеси является признаком отказа в работе вибратора.

При необходимости проверяют частоту и амплитуду вибраторов с помощью виброметров.

12.17 В процессе укладки выполняют предусмотренные конструкцией машины дополнительные регулировки рабочих органов.

При устройстве односкатных бетонных покрытий и виражей со стороны превышения необходимо создать дополнительный припуск (запас) бетонной смеси путем регулировки рабочих органов бетоноукладчика (распределителя) [4, 5, 11].

12.18 Для предварительной отделки поверхности свежеуложенного бетона рекомендуется использовать многослойную мешковину (джутовое плотно и пр.), которую периодически смачивают водой.

В случае появления на поверхности свежеуложенного бетона излишней влаги ее следует удалять также с помощью мешковины, джутового полотна и т.п. материала, навешиваемого на бетоноукладчик или другую машину комплекта. При этом необходимо откорректировать состав бетонной смеси.

Примечание: Свежеуложенный бетон – бетонная смесь после окончания уплотнения.

12.19 Допускается выполнять отделку поверхности покрытия с мостика или с краев покрытия вручную, с помощью ручного инструмента-гладилок. При этом запрещается лить воду на бетон.

12.20 Обработка (отделка) поверхности свежеуложенного бетона в покрытии и основании должна заканчиваться до наступления схватывания цемента (до потери удобообрабатываемости смеси).

12.21 В случае оплыва боковой грани (кромки) укладываемого слоя, необходимо с помощью комплекта инструментов: приставной опалубки, глубинного вибратора с гибким валом, гладилок, специальных мастерков и т.п. устранить дефекты на покрытии.

12.22 Бетонирование слоев в начале и в конце участка также выполняют в приставной опалубке с применением средств малой механизации, аналогично п. 12.21.

12.23 Цементобетонные покрытия повышенной толщиной возможно устраивать в два слоя, в том числе сращиваемых между собой – «свежий по свежему». Устройство слоев методом сращивания возможно двумя бетоноукладчиками со скользящими формами и специальным перегружателем бетонной смеси, подающим бетонную смесь по транспортеру перед укладчиком, укладывающим нижний слой.

12.24 Многополосные цементобетонные покрытия устраивают «челночным способом» путем бетонирования сначала пионерного ряда, а затем смежных примыкающих полос (рядов) или маячными рядами.

Как правило, рекомендуется бетонировать многополосные покрытия (аэродромные) маячными рядами в скользящих формах, с последующим заполнением межмаячных рядов со снятыми или поднятыми скользящими формами. При этом маячные ряды располагают через ряд бетонирования.

Для прохождения гусениц бетоноукладчика (без следов) по уложенному, но недостаточно набравшему прочность бетону возможно расстелить на полосе движения транспортерную ленту.

12.25 При устройстве примыкающего ряда рекомендуется продольный шов в зоне примыкания разделывать специальным инструментом вручную для последующей нарезки продольного шва алмазным инструментом.

12.26 Армирование продольного шва примыкающих полос возможно осуществлять с помощью автоматического погружение штырей в свежеуложенный бетон. При этом штыри могут иметь Г-образный вид, когда загнутая часть находится в полосе бетонирования и ее выпрямляют (с помощью трубки соответствующего диаметра и рычага) после набора бетоном не менее 70% требуемой прочности для соединения с примыкающей полосой после ее бетонирования.

Штыри в продольный шов могут устанавливаться в затвердевший бетон прочностью не менее 10 МПа путем закрепления в отверстиях, полученных при сверлении специальным алмазным инструментом в соответствии с проектным решением.

12.27 Для устройства шпунта, предусмотренного проектом в смежных полосах цементобетона, его формуют с помощью соответствующей вставки, в скользящие формы.

13 Строительство бетонных оснований методом укатки (укатываемый бетон)

13.1 Для устройства оснований автомобильных дорог и аэродромов из жестких бетонных смесей (п. 7.14) применяется технология с уплотнением бетонной смеси укаткой или трамбованием (СП 78.13330). Такой бетон, согласно классификации ГОСТ 25192 по технологии изготовления, носит название «укатываемый бетон».

13.2 Жесткую бетонную смесь марки Ж4 (на месте укладки) для устройства оснований методом укатки приготавливают в смесительных установках принудительного действия и транспортируют к месту укладки автомобилями-самосвалами (пп. 10.1; 10.5; 10.13 и 10.14).

13.3 Технология строительства бетонных оснований методом укатки включает в себя распределение бетонной смеси и ее укатку звеном катков (СП 78.13330), [16, 18].

13.4 Распределение бетонной смеси, доставляемой на место укладки, выполняют универсальными гусеничными асфальтоукладчиками, профилировщиками (в том числе, с уплотняющим вибробрусом) и т.п. машинами с автоматическим выдерживанием заданных высотных отметок, уклонов, курса от копирных струн, оборудования с использованием навигационных спутниковых систем и др.

Допускается распределение жесткой бетонной смеси автогрейдером, бульдозером, погрузчиком и др., вручную при обеспечении всех требований к геометрическим параметрам укладываемого слоя. При этом можно использовать опалубку, установленную на проектную толщину слоя (опалубка не должна смещаться или деформироваться при уплотнении жесткой бетонной смеси катками).

При отсутствии опалубки следует распределять смесь на ширину, превышающую проектную не менее чем на 0,25 м с каждой стороны полосы бетонирования. После уплотнения края обрезают до проектной ширины.

13.5 При применении для распределения и предварительного уплотнения бетонных смесей универсального гусеничного асфальтоукладчика рекомендуется оснастить его жестким (нераздвижным) брусом.

Допускается применять раздвижной брус при ширине укладки до 5,0 м (с увеличением ширины укладываемой полосы увеличивается сегрегация смеси и ее неоднородность по ширине).

13.6 Длину захватки выбирают с учетом ширины устраиваемого основания, производительности смесительной установки, отряда машин (количества укладчиков и катков).

За укладчиком должно быть закреплено звено катков, состоящее из тандемного вибрационного катка массой 9–10 т, пневмокатка массой 11м13 т (с пригрузом до 24 т), с давлением в шинах 0,5–0,7 МПа или комбинированного катка массой 8–12 т.

13.7 Рекомендуемая длина захватки для обеспечения фронта работы катков составляет 25–30 м.

13.8 Устройство слоя основания из укатываемого бетона производится в один слой при проектной толщине бетона не более 25 см.

При большей проектной толщине основания его устраивают в два слоя. При устройстве двухслойного основания в проекте должны быть указаны условия контакта между слоями (например, с разделительной прослойкой или методом сращивания).

Жесткую бетонную смесь распределяют в слое основания с запасом на уплотнение 20–30%, который уточняется при пробном бетонировании (в зависимости от состава бетона, используемых катков, толщины укатываемого слоя, конструкции и состояния нижележащих слоев и др.).

13.9 Укладку бетонной смеси рекомендуется проводить примыкающими полосами шириной 5,0–6,0 м. В проекте должно быть указано условие примыкания полос: с образованием продольного шва по

типу шва сжатия или сращиванием полос между собой, с образованием единого бесшовного слоя.

При сращивании полос между собой рекомендуется грань ранее уложенной полосы смочить водой.

При отсутствии продольных и поперечных швов в основании из укатываемого бетона, возможно появление хаотического трещинообразования.

13.10 Чтобы исключить укладку бетонной смеси после недопустимой потери ее удобоукладываемости со временем, обеспечить соединение смежных полос сращиванием бетона «свежий по свежему», ускорить процесс укладки, распределение смеси на смежных полосах, рекомендуется выполнять не одним, а двумя параллельно перемещающимися асфальтоукладчиками с соответствующим звеном катков за каждым укладчиком.

13.11 Устройство основания отдельными полосами следует выполнять вверх по уклону, начиная со стороны обочины.

13.12 Перед началом укладки асфальтоукладчик должен быть установлен в исходное положение и подготовлен к работе (п. 11.21).

13.13 Скорость асфальтоукладчика при укладке устанавливают в пределах 1,5–2,5 м/мин в зависимости от объема доставляемой бетонной смеси.

13.14 Режимы и параметры рабочих органов асфальтоукладчика уточняются в процессе пробной укладки.

13.15 Для разгрузки смеси в асфальтоукладчик самосвал останавливается за 30–60 см до асфальтоукладчика (без установки на ручной тормоз), а укладчик наезжает на него и толкает вперед. Кузов самосвала рекомендуется поднимать равномерно с учетом заполнения бункера асфальтоукладчика. Не допускается полная выработка смеси из бункера асфальтоукладчика для исключения пропусков в распределяемом слое.

13.16 Во время разгрузки самосвалов асфальтоукладчик движется на

рабочей скорости укладки.

13.17 При работе укладчика под его гусеницами не должно быть посторонних предметов или просыпавшейся при разгрузке цементобетонной смеси.

13.18 В начале и в конце уложенных полос устраиваются пандусы для заезда катков, гудронатора и другой построечной техники и выхода катков за границу уплотняемой полосы.

13.19 При устройстве примыкающей полосы боковой щит асфальтоукладчика заходит на ранее уложенную полосу на расстояние не менее 40 мм.

13.20 Уплотнение жесткой бетонной смеси рекомендуется выполнять звеном катков (п. 13.6) в несколько этапов:

Первый этап – уплотнение бетонной смеси тандемным вибрационным катком массой 9-10 т в статическом режиме за 1-2 прохода по одному следу на скорости 2-3 км/час. Уплотнение следует выполнять от краев полосы к середине, с перекрытием каждого следа на 1/4-1/3 ширины вальца катка.

Второй этап – уплотнение тандемным катком в вибрационном режиме не менее двух проходов по одному следу, начиная с края (со стороны обочины). При этом валец катка должен выступать за кромку бетона на 2,5–5,0 см, затем каток перемещается к внутреннему краю уложенной полосы, не доходя до края 30–35 см, а затем уплотняют среднюю часть.

Указанную схему уплотнения в вибрационном режиме следует повторять таким образом, чтобы по каждому следу каток прошел не менее 4 раз.

Режим вибрации при первых проходах катка должен соответствовать частоте колебаний 30–35 Гц и максимальной амплитуде, а скорость движения катка должна быть в пределах 3–4 км/час.

При последующих проходах, с увеличением плотности бетонной смеси, рекомендуется увеличить частоту колебаний до 40–45 Гц и скорость катка до 4–6 км/час.

Третий этап – уплотнение пневмокатком или катком комбинированного действия в статическом режиме за 1-2 прохода по одному следу со скоростью 4–6 км/час.

13.21 Особое внимание необходимо уделять уплотнению примыкания смежных полос укладки по типу «свежего» шва.

При этом уплотнение примыкающей полосы следует начинать с проходов катка по свежему стыку и далее по технологии укатки по п. 13.20.

13.22 Вальцы и пневмоколеса катков не должны смачиваться.

13.23 Катки не должны останавливаться в процессе уплотнения на уплотняемой полосе. Очищать вальцы и колеса катков следует за пределами полосы укладки.

13.24 Включать и выключать вибрацию на катке следует только при движении в процессе уплотнения для исключения следов от валцов катка.

13.25 В процессе уплотнения катки должны двигаться параллельно оси полосы.

13.26 Допускается уплотнять жесткую бетонную смесь одним тяжелым одновальцовым вибрационным катком (массой 13–16 т). При этом рекомендуется первые 3–4 прохода осуществлять без вибрации, последующие 8–10 проходов – с вибрацией, затем – еще 3–4 прохода без вибрации.

13.27 Ориентировочным признаком окончания уплотнения является отсутствие следа на поверхности слоя при проходе тяжелого катка в статическом режиме. Косвенным признаком достижения требуемой степени уплотнения жесткой бетонной смеси служит также появление цементного молока на поверхности.

При уплотнении жесткой бетонной должна быть обеспечена плотность в слое не менее 0,98 ее расчетной величины (п. 7.21).

14 Строительство бетонных оснований и покрытий с применением средств малой механизации

14.1 Средства малой механизации для устройства бетонных оснований и покрытий следует применять при бетонировании участков оснований и покрытий, которые не могут быть устроены с помощью бетоноукладчиков: стартовые участки перед бетонированием бетоноукладчиками, участки в местах устройства рабочих швов и швов расширения, при бетонировании аэродромных покрытий (оснований) в местах криволинейных сопряжений РД с ВПП, МРД и т.п., а также при относительно малых объемах работ, п.6.15.

14.2 Средства малой механизации необходимо применять также при исправлении дефектов в покрытии или основании при отклонениях в качестве укладываемого бетоноукладчиком слоя.

14.3 Бетонирование указанных участков (пп. 14.1; 14.2) рекомендуется выполнять с применением наборов средства малой механизации, в которые входят: сборная деревянная или металлическая инвентарная опалубка, штыри для крепления опалубки к нижележащему слою, глубинные вибраторы, виброрейки, станции для питания вибраторов, скребок (разравниватель), гладилки с длинными (телескоптческими) ручками, терки и специальные шаблоны для отделки (разделки) зон примыкания к швам, опалубке, специальные щетки или накатки для создания шероховатости, ручные тележки, ручные опрыскиватели для нанесения пленкообразующих материалов для ухода за свежеуложенным бетоном, специальные кисти для подгрунтовки боковых граней смежных полос бетонирования и т.п. При необходимости в состав комплекта средств малой механизации могут быть включены ручные катки, минипогрузчики и пр.

14.4 При применении деревянной опалубки (под виброрейку) ее толщина должна быть не менее 40 мм.

14.5 Опалубку следует устанавливать с помощью нивелира в соответствии с проектными отметками и надежно закреплять ее к основанию.

14.6 Типы бетонов, удобоукладываемость бетонных смесей для укладки средствами малой механизации должны соответствовать рекомендациям п. 7.14.

14.7 Распределение подвижной бетонной смеси осуществляют посредством равномерной выгрузки из лотка автобетоносмесителя, а также с помощью погрузчика, экскаватора, с учетом запаса 10–20% на уплотнение, в зависимости от подвижности смеси, применяемых средств уплотнения, толщины устраиваемого слоя. Окончательно величину запаса на уплотнение бетонной смеси определяют при пробном бетонировании.

14.8 Запрещается выгружать (сбрасывать) бетонную смесь с высоты 1,5м и более без специальных лотков-«рукавов» и применять вибрацию для ускорения движения бетонной смеси по лотку (желобу), а также выдерживать на месте бетонирования высокоподвижную или литую бетонную смесь (марок П4-П5) до снижения подвижности до требуемой величины (например, до получения марок П2-П3) из-за снижения, при этом, содержания вовлеченного воздуха в бетонной смеси для бетона покрытий ниже требуемой величины.

14.9 Как правило, распределение и уплотнение бетонной смеси средствами малой механизации осуществляют сразу на всю толщину устраиваемого слоя.

Возможно устраивать один слой в виде двух сращиваемых слоев – «свежий по свежему», при обеспечении требуемой степени уплотнения смеси в каждом слое.

14.10 При уплотнении подвижной смеси марок П1–П3 сначала производят ее уплотнение глубинными вибраторами, опуская вибратор в бетонную смесь через каждые 25–30 см, не доходя до основания на 2–3 см. Рекомендуемая продолжительность вибрирования на одном месте – не менее

10–15 с для смеси марки П1–П2 и 8–10 с для смеси марки П3. Время уплотнения уточняется при пробном бетонировании.

14.11 Глубинный вибратор при уплотнении бетонной смеси в армированных конструкциях не должен касаться арматуры и элементов опалубки.

После уплотнения смеси глубинными вибраторами, поверхность свежеуложенного бетона отделывают виброрейкой, с помощью терок, гладилок и т.п.

При использовании бетонной смеси марки по удобоукладываемости П2 (на месте бетонирования) скорость движения виброрейки обычно находится в пределах 0,5–1 м/мин, П3 – 1–2 м/мин.

4.12 Для устройства покрытий средствами малой механизации не рекомендуется использовать бетонную смесь более высокой подвижности (на месте бетонирования), марок П4–П5 из-за угрозы расслоения, сползания под уклон и меньшей морозостойкости получаемого бетона.

При бетонировании участка покрытия или основания с продольным уклоном 30‰ и более рекомендуется использовать бетонную смесь марки П1 или П2 по удобоукладываемости.

4.13 Виброуплотнение бетонной смеси заканчивается при появлении цементного молока на поверхности уплотняемого слоя.

15 Нанесение искусственной шероховатости на поверхность свежеуложенного бетона

15.1 После отделки поверхности свежеуложенного покрытия на нее наносят искусственную шероховатость в виде поперечных бороздок с целью повышения коэффициента сцепления с колесом транспортных средств и удаления воды для исключения аквапланирования согласно СП 78.13330, СП 121.13330.

Возможно нанесение бороздок искусственной шероховатости в продольном направлении при условии отвода воды по продольному уклону.

Время нанесения искусственной шероховатости выбирают опытным путем в конкретных условиях строительства, с учетом кинетики твердения бетона, когда исключается оплывание стенок бороздок и еще не наступает выкрашивание щебня из бетона.

15.2 Искусственную шероховатость наносят на поверхность свежеуложенного покрытия в виде бороздок прямоугольной или трапецевидной формы вручную или механизировано.

Бороздки наносят с помощью капроновой или металлической щетки за 1–2 поперечных прохода, обычно через 20–30 минут после окончания отделки поверхности (когда она становится матовой).

Матовая поверхность свежеуложенного бетона характеризуется отсутствием свободной (пленочной) воды и определяется тактильно, когда к приложенной к поверхности свежеуложенного бетона ладони не пристает цементное тесто, или визуально, когда поверхность из блестящей становится матовой.

Глубина бороздок должна составлять 1,0–2,5 мм (СП 78.13330, СП 121.13330), расстояние между ними обычно находится в пределах от 2 до 20 мм.

Возможно устройство бороздок искусственной шероховатости в свежеуложенном бетоне с помощью дисков накаткой, а также нарезкой в затвердевшем бетоне алмазными дисками.

Ось машины для создания шероховатости должна совпадать с осью покрытия.

15.3 Высоту установки щетки над поверхностью покрытия и глубину погружения в бетон «ворса» щеток (или диска накаток) следует определить при пробном бетонировании, в соответствии с требуемой глубиной бороздок.

Щетку или диски накаток очищают от налипшей бетонной смеси, за пределами бетонного покрытия (водой, моющими средствами и пр.).

15.4. Работы по нанесению искусственной шероховатости поверхности покрытия выполняет оператор машины бетоноукладочного комплекта или рабочий-бетонщик вручную, с мостика.

16 Уход за свежеуложенным бетоном

16.1 Уход за свежеуложенным бетоном покрытия осуществляют после нанесения на его поверхность искусственной шероховатости, основания – после окончания отделки поверхности СП 78.13330, [4, 5, 12].

Уход за свежеуложенным бетоном с помощью пленкообразующих материалов на водной основе производят сразу после формирования матовой поверхности (если иное не предусмотрено производителем конкретного пленкообразующего материала).

16.2 Уход за свежеуложенным бетоном покрытия выполняют преимущественно жидкими паропроницаемыми светлыми пленкообразующими материалами, а основания, как правило, – с помощью анионной битумной эмульсии.

Пленкообразующий материал наносят на всю поверхность свежеуложенного бетона, включая боковые грани. Расход материалов и порядок их нанесения должны соответствовать документам производителя (ТУ и СТО) и уточняться при пробном бетонировании.

Ориентировочная норма расхода пленкообразующих материалов на водной основе 0,3–0,5 кг/м^2, битумной эмульсии – 0,5–0,7 кг/м^2.

16.3 Нанесение пленкообразующих материалов должно быть сплошным, без пропусков, и равномерным.

16.4 Уход за бетоном покрытия осуществляют до набора бетоном проектной прочности, но не менее 28 суток.

При нарушении сплошности пленки (например, в результате движения построечного транспорта, нарезки деформационных швов и пр.) слой пленкообразующего материала восстанавливают.

16.5 Распределение пленкообразующего материала для ухода за свежеуложенным бетоном производят механизированным способом специальной машиной или с помощью средств малой механизации («удочки» краскопульта, садового распылителя и т.п.).

16.6 Пленкообразующий материал наносят распылением под давлением через форсунки. Для этого техническая вязкость материалов не должна быть более 25 с (по техническому вискозиметру типа ВЗ-4) [12]. Нанесение пленкообразующего материала в зависимости от конструкции оборудования возможно при поперечном, относительно полосы укладки, перемещении распылителей или при продольном.

16.7 Машина для распределения пленкообразующих материалов должна работать от копирных струн или с помощью иной автоматической системы задания курса и высоты.

Перед началом работы устанавливают машину по оси обрабатываемой полосы и промывают при необходимости форсунки. Опускают раму с форсунками (соплами) так, чтобы расстояние от распылителя до бетона (высота факела) составляло 450–500 мм.

Форсунки распылителя должны быть отрегулированы таким образом, чтобы факелы распыляемого материала перекрывали друг друга.

Давление в системе распыления при нанесении пленкообразующего материала, как правило, составляет 0,4–0,6 МПа. Давление уточняют при пробном распылении: при этом должно быть обеспечено качественное распыление жидкости, когда равномерно образуются мелкие капли пленкообразующего материала, без струй и туманообразования.

16.8 Для исключения влияния ветра на распределение пленкообразующего материала рекомендуется дополнительно оборудовать брезентовыми шторами защитный кожух распределительной системы.

В дождь пленкообразующие материалы на поверхность свежеуложенного бетона не наносят.

16.9 Рабочая скорость движения машины или перемещение оператора при ручном нанесении пленкообразующего материала должны обеспечивать заданную норму расхода с учетом принятого давления в системе распыления и уточняться при пробном распылении.

16.10 При отсутствии пленкообразующих материалов или невозможности их применения уход за свежеуложенным бетоном рекомендуется вести с помощью слоя песка (толщиной обычно не менее 60 мм), влагоемких нетканных материалов или нескольких слоев мешковины, периодически увлажняемых.

Для сохранения влаги такие водонасыщенные слои (из песка, мешковины и пр.) рекомендуется укрыть сверху полиэтиленовой пленкой (или другим аналогичным материалом).

16.11 При использовании полиэтиленовой пленки для ухода за свежеуложенным бетоном рекомендуется устраивать зазор между поверхностью бетона и слоем укладываемой полиэтиленовой пленки (например, высотой 50–100 мм), позволяющим бетону «дышать», оставаться паропроницаемым.

16.12 Контроль сплошности нанесения пленкообразующих материалов на поверхность свежеуложенного бетона осуществляют с помощью фенолфталеина или соляной кислоты (соответственно, по покраснению или вспениванию поверхности бетона в местах пропуска нанесения, нарушения сплошности), по СП 78.13330, п. 14.6.8, после полного формирования защитного слоя (полного высыхания нанесенного пленкообразующего материала).

16.13 В условиях сухого и жаркого климата после формирования защитной пленки на цементобетонном покрытии рекомендуется устраивать дополнительно термозащитный слой из песка толщиной не менее 50 мм с последующим его увлажнением или слой увлажняемого геотекстильного материала.

17 Устройство деформационных швов в покрытиях и основаниях и их герметизация

17.1 Пазы деформационных швов следует нарезать алмазными отрезными кругами (АОК) при достижении бетоном прочности на сжатие в пределах 8–10 МПа.

Как правило, для нарезки швов используют современные нарезчики с двигателем мощностью 15–20 кВт и АОК диаметром 350–800 мм для нарезки шва на проектную глубину.

17.2 Для нарезки поперечных швов в цементобетонном покрытии (основании) намечают линии расположения швов в соответствии с проектом.

17.3 Нарезчик швов устанавливают строго параллельно намеченной линии таким образом, чтобы АОК находился непосредственно на линии.

17.4 В составе отряда машин для нарезки швов должна быть предусмотрена поливомоечная машина для подачи воды в зону резания бетона для охлаждения АОК и последующей промывки швов. Для продления срока службы АОК, вместо воды, целесообразно применять смазывающую охлаждающую жидкость (СОЖ), рекомендуемую поставщиком АОК и не оказывающую вредного воздействия на бетон.

17.5 Начало нарезки пазов швов определяет лаборатория на основании данных о кинетике твердения бетона и уточняет совместно с производителем работ путем пробной нарезки. При пробной нарезке не должно быть выкрашивания кромок швов более 3 мм.

17.6 Для обеспечения равномерного «срабатывания» швов плит, при суточных перепадах температуры воздуха швы сжатия нарезаются подряд (последовательно по полосе бетонирования).

17.7 Для снижения рисков образования трещин в раннем возрасте твердения бетона, рекомендуется устраивать контрольные швы сжатия через три-четыре плиты двухстадийным способом:

- на первой стадии – нарезка швов одним АОК при достижении бетоном прочности на сжатие 5,0–7,0 МПа;

- на второй стадии – нарезка швов несколькими (пакетом) АОК до проектных размеров при прочности бетона 8,0–10,0 МПа (п. 17.1).

Достижение бетоном требуемой прочности и режимы нарезки уточняют пробной нарезкой на скорости подачи нарезчика 0,8–1,5 м/мин при нарезке одним АОК и 0,5–1,0 м/мин при нарезке пакетом дисков. Число оборотов вращения шпинделя, на котором закреплен АОК, – 2500–3500 об/мин.

Если проектом предусмотрены швы с фаской, необходимо формировать и устанавливать на нарезчик пакет дисков, обеспечивающий требуемую геометрию паза шва с фаской.

17.8 Прорези контрольных швов делают на 1,0 см больше глубины других поперечных швов.

17.9 Допускается устраивать контрольные швы в свежеуложенном бетоне, обеспечивая при этом требуемое качество швов.

17.10 Пазы швов расширения нарезают в затвердевшем бетоне точно над заложенной в бетон доской (закладным элементом). При этом ширину паза делают на 2 мм больше толщины доски. Нарезку паза выполняют пакетом АОК или параллельными резами по краям доски с последующим удалением верха прокладки и вырезанного бруска бетона над прокладкой, например, с помощью пневмомолотка.

Продольный шов, устроенный по типу шва сжатия, необходимо нарезать в затвердевшем бетоне на глубину не менее 1/3 толщины покрытия преимущественно одним АОК.

17.11 Сквозной паз швов расширения в дорожном покрытии перед искусственными сооружениями следует устраивать нарезчиками швов в затвердевшем бетоне в соответствии с СП 78.13330.

17.12 Рабочие швы в конце смены или при перерывах в бетонировании устраивают в свежеуложенном бетоне с применением средств малой

механизации: инвентарной опалубки, глубинных вибраторов (виброреек), гладилок и т.п. или методом «враскатку» (с устройством пандуса).

В этом случае поперечный раскатанный край ранее уложенной полосы (пандус) отрезают нарезчиком с алмазным диском перед началом последующего бетонирования.

Торец бетонной плиты в зоне рабочего шва обрабатывают пленкообразующим материалом или смачивают.

17.13 Все работы по герметизации швов проводятся в сухую погоду при температуре окружающего воздуха не ниже +5 °С.

Камеры швов для укладки герметизирующего материала следует заполнять сразу же после их нарезки, промывки и просушки до начала движения построечного транспорта по покрытию.

17.14 Тип материала для герметизации швов назначается проектом. В качестве герметика применяют, как правило, горячие мастики и специальные уплотнители с различной формой поперечного профиля для удержания уплотнителя в шве, реже – мастики «холодного применения».

17.15 Подготовка деформационных швов перед их заполнением герметиком включает следующие операции: нарезку камеры шва шириной 10 мм и глубиной 20 мм для шва сжатия, шириной 30–35 мм и глубиной 50–60 мм для шва расширения или иных размеров в соответствии с проектом; очистку паза камеры шва (рекомендуется с помощью вращающегося диска в виде проволочной щетки); промывку шва (при необходимости), продувку сжатым воздухом; укладку уплотнительного шнура, нанесение подгрунтовки – праймера на стенки камеры шва, в случае если это предусмотрено документом на применение мастики; заполнение камеры швов герметиком; удаление излишка мастики с поверхности шва.

17.16 Для экономии герметика, перед заполнением, на дно камеры укладывают хлопчатобумажный (резиновый и пр.) шнур.

В основании камеру шва сжатия не устраивают, швы сжатия герметизируют проливом пленкообразующего материала или закладкой хлопчатобумажного шнура («каболки» и пр.).

17.17 Камеры швов рекомендуется заполнять герметиком без перелива, с образованием вогнутого мениска.

Рекомендуется завершить герметизацию камеры шва в течение не более 30 минут после ее подготовки (это позволит избежать ее загрязнения).

17.18 Приготавливать мастику рекомендуется в специальных передвижных котлах-разогревателях и подавать ее в камеры с помощью штатных температуростойких рукавов через сопло-наконечник. Режим приготовления мастики для герметизации должен соответствовать документам на мастику.

17.19 Излишки мастики, образовавшиеся на поверхности при герметизации, срезают вручную острой металлической лопаткой.

Для снижения сцепления излишков мастики с поверхностью бетона в зоне шва и облегчения их удаления на поверхность бетона до герметизации рекомендуется посыпать минеральный порошок, исключив его попадание в камеру шва.

17.20 В случае невозможности выполнить своевременно постоянную герметизацию швов согласно пп. 7.13–7.19 выполняют временную герметизацию с помощью шнуров и т.п. материалов, соответствующих размеров и обладающих стойкостью к атмосферным осадкам.

18 Бетонирование в зимних условиях

18.1 В зимних условиях применяют бетон с противоморозными добавками («холодный» бетон), метод «термоса» без использования противоморозных добавок в бетоне (укрытие свежеуложенного бетона теплоизоляционными материалами), комбинированный метод совместного применения «термоса» и противоморозных добавок, прогрев бетона теплым воздухом с устройством тепляков (шатров) с помощью тепловентиляторов (тепловых пушек) или с помощью греющих проводов, устанавливаемых в бетон покрытия или основания заранее (обычно на арматурных каркасах), до бетонирования.

При возможности, предпочтение следует отдать «холодному» бетону при твердении до температуры воздуха минус 5 °С или комбинированному методу (методу термоса совместно с противоморозными добавками) – до минус 10 °С.

18.2 В зимних условиях бетоносмесительная установка должна обеспечивать требуемую ГОСТ 7473, п. 5.3.3 точность дозирования материалов для бетона, цемента, воды и химических добавок, такую же, как в летних условиях.

Приготавливать бетонную смесь в зимних условиях рекомендуется в обогреваемых бетоносмесительных установках, применяя подогретую воду (не более, чем до 50 °С), оттаянные или подогретые заполнители.

При этом рекомендуется, чтобы температура бетонной смеси после перемешивания не превышала 25 °С, а на месте бетонирования – была выше минимальной температуры для применяемой дозировки противоморозной добавки, не менее, чем на 5 °С.

Допускается применение неотогретых сухих заполнителей, не содержащих наледи на зернах и смерзшихся комьев, что позволяет их вводить в бетоносмеситель с помощью весовых дозаторов.

Рекомендуется увеличить продолжительность перемешивания бетонной смеси в зимних условиях не менее чем на 25% по сравнению с летними условиями (не менее 75 с для смеси бетона покрытий).

18.3 В зимних условиях строительства рекомендуется увеличить расход цемента в бетоне покрытий и оснований на 20–30 кг/м^3, с целью снижения В/Ц, ориентировочно, на 0,01–0,03, соответственного увеличения скорости твердения бетона и тепловыделения, а расход песка одновременно уменьшить на 15–25 кг/м^3 (по расчету состава бетона методом абсолютных объемов).

18.4 В качестве противоморозной добавки в бетоне покрытий рекомендуется применять нитрит натрия или формиат натрия.

Противоморозную добавку в бетоне покрытий рекомендуется применять совместно с добавками суперпластификатора и воздухововлекающей.

При этом противоморозную добавку не допускается смешивать с воздухововлекающей добавкой при дозировании (в рабочих концентрациях водных растворов) из-за возможного их химического взаимодействия.

18.5 Дозировку противоморозной добавки назначают с учетом ожидаемой минимальной температуры воздуха в период твердения бетона с целью достижения бетоном «критической прочности против раннего замораживания» (для бетона покрытий – 70% проектной прочности $R_{тр}$ до момента замораживания бетона до минимальной температуры действия противоморозной добавки, для бетона оснований – 50%).

Рекомендуемые дозировки противоморозных добавок представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Рекомендуемые дозировки противоморозных добавок

Минимальная температура воздуха в период твердения бетона, ^{0}С		Дозировка добавки, % массы цемента	
от	до	нитрит натрия	формиат натрия
0	Минус 5	4-6	2
Минус 6	Минус 10	6-8	4
Минус 11	Минус 15	8-10	4
Примечание: Расход добавок дан в расчете на сухой продукт (100% концентрации)			

Достижение бетоном критической прочности против раннего замораживания обеспечивает возможность получить требуемую проектную прочность бетона (добрать оставшуюся прочность) и обеспечить его морозостойкость после наступления устойчивых положительных температур (в весенний период).

18.6 В зимних условиях производства работ дополнительно к обычному объему контроля свойств бетонной смеси и бетона осуществляют контроль следующих показателей.

18.6.1 Контролируют прочность бетона, твердеющего в условиях твердения покрытия или основания (на улице в случае «холодного» бетона и т.д.), для чего формуют дополнительно не менее 3 образцов для испытания в возрасте 28 суток и не менее 3 образцов в возрасте 90 суток (весной), а также, желательно, в возрасте 7 и 14 суток (не менее чем по 3 образца).

Контроль прочности бетона в раннем возрасте позволяет оценить время набора бетоном критической прочности в конкретных условиях строительства.

18.6.2 Контролируют морозостойкость бетона, твердеющего в условиях твердения покрытия или основания.

18.6.3 Контролируют температуру бетонной смеси в момент ее укладки, среднесуточную и минимальную температуру воздуха в период твердения бетона с целью определения начала и продолжительности замораживания бетона в конструкции (в соответствии с дозировкой применяемой противоморозной добавки), температуру бетона.

18.7 В зимних условиях строительства уход за свежеуложенным бетоном ведут с помощью пленкообразующих материалов на органической основе (типа «Помароль»), специальных зимних составов пленкообразующих материалов или с помощью рулонных теплоизоляционных материалов (матов), совмещающих функции защиты бетона от испарения влаги с функцией теплозащиты.

Теплоизоляционные материалы (маты), как правило, укладывают на слой полиэтиленовой пленки или аналогичных рулонных материалов, уложенных на поверхности покрытия.

Рекомендуется применять в качестве теплоизоляционного слоя соломенные или камышовые маты, опилки, шлак, песок и пр. Толщина матов, как правило, должна быть не менее 50 мм, толщина слоя шлака, опилок или песка – не менее 100 мм.

Маты рекомендуется держать на покрытии до набора бетоном 70% проектной требуемой прочности (критической прочности против раннего замораживания), но не менее 7 суток.

В случае замерзания бетона при прочности менее 70% от проектной величины требуемой прочности, теплоизоляционные материалы не рекомендуется убирать с покрытия в течение всего зимнего периода, а также одного месяца после полного оттаивания бетона.

Маты должны закрывать не только верхнюю поверхность покрытия, но также боковые грани. При невозможности укрыть боковые грани покрытия с помощью матов, их следует засыпать песком, опилками и пр.

18.8 При использовании прогрева бетона с помощью теплого воздуха в шатрах-тепляках или с помощью греющих проводов, установленных в бетон до бетонирования конструкции заранее, не рекомендуется нагревать бетон до температуры выше 50 °С. При этом рекомендуется, чтобы разница между температурой внутренней и наружной частей покрытия или основания не превышала 10 °С, а скорость прогрева – 12 °С/час, чтобы уменьшить риск температурного трещинообразования.

При этом следует применять меры к уходу за свежеуложенным бетоном и к теплоизоляции поверхности с помощью полиэтиленовой пленки, матов и пр. рулонных или сыпучих материалов.

Перед бетонированием следует отогреть поверхность основания до положительных температур.

18.9 При устройстве в зимних условиях бетонных покрытий с помощью комплектов машин со скользящими формами должна быть обеспечена работоспособность всех систем машин, включая системы автоматического управления курсом и заданием вертикальных отметок.

18.10 В зимних условиях строительства по технологии укатки жесткая бетонная смесь сохраняет свои показатели удобоукладываемости дольше, чем в летних, что позволяет распределить перед катком не 25–30 п. м, а 50 п. м. и более без ущерба для достижения требуемой степени уплотнения.

18.11 В зимних условиях строительства, при использовании при нарезке швов в качестве охлаждающей жидкости различных незамерзающих растворов рекомендуется предварительно подтвердить отсутствие их отрицательного (коррозионного) влияния на бетон.

19 Контроль качества бетонной смеси и бетона покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов

19.1 Все технологические операции по строительству покрытий и оснований, включая входной контроль материалов для бетона на ЦБЗ, приготовление, выпуск, транспортирование, распределение и уплотнение бетонной смеси, отделку поверхности свежеуложенного бетона, нанесение искусственной шероховатости, устройство и герметизацию деформационных швов, должны сопровождаться лабораторным контролем по ГОСТ 7473, ГОСТ 18105, СП 78.13330 [4, 5].

Лабораторное сопровождение укладки бетона (не выборочно, а в течение всей смены) необходимо для оперативной корректировки состава бетона по ГОСТ 27006 по результатам контроля подвижности, плотности, удобообрабатываемости смеси, объема вовлеченного воздуха (оценки сохраняемости свойств смеси со временем), устойчивости кромок свежеуложенного бетона после выхода из скользящей опалубки, при выявлении признаков повышенного водоотделения или растворотделения в свежеуложенном бетоне и в ванне с вибраторами, налипания смеси на стенках барабана смесительной установки, кузовов автосамосвалов или при незапланированных перерывах в работе, при появлении технологических (отделочных, сдвиговых) трещин на поверхности бетона при обработке поверхности свежеуложенного бетона и др.

Устройство покрытия или основания без лабораторного сопровождения на ЦБЗ и на месте укладки бетона не допускается.

19.2 Лаборатория, осуществляющая производственный контроль строительства покрытий и оснований, должна быть аттестована по ГОСТ ИСО/МЭК 17025 или аккредитована, иметь необходимые приборы и оборудование (приложение В).

19.3 Контроль качества строительства цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов предусматривает лабораторное определение:

- технологических свойств бетонной смеси (удобоукладываемости, удобообрабатываемости, плотности, нерасслаиваемости, объема вовлеченного воздуха) на ЦБЗ и на месте укладки бетона;

- характеристик бетона (прочности, пористости и морозостойкости) по контрольным образцам на ЦБЗ, при твердении в нормальных условиях по ГОСТ 10180, и на месте укладки, при твердении в условиях конструкции (по ГОСТ 18105), а также по выбуренным из покрытия или основания образцам-кернам по ГОСТ 28570;

- характеристик материалов для бетона при поступлении на ЦБЗ по ГОСТ 7473 (входной контроль).

19.4 Бетонная смесь, выпускаемая по ГОСТ 7473, п. 6.3, должна иметь документ о качестве (паспорт).

При приготовлении и укладке бетонной смеси одним и тем же юридическим лицом, когда ЦБЗ и укладка находятся в едином производственном управлении, при согласовании с заказчиком, допускается не сопровождать каждую партию бетонной смеси документом о качестве по ГОСТ 7473, приложения Б и В, как при выпуске товарного бетона сторонним потребителям, а характеризовать соответствующие показатели ее качества выписками из журналов испытаний бетонной смеси и бетона на бетонном заводе и на месте укладки бетона (такие журналы обязательны к заполнению при производстве работ, приложение Г).

При этом в исполнительной документации указываются соответствующие выписки из указанных журналов, протоколы испытаний, а также, при необходимости, карта подбора состава бетона.

19.5 Входной контроль материалов на ЦБЗ выполняют по ГОСТ 7473 со следующими дополнениями.

19.5.1 При входном контроле каждой партии цемента на ЦБЗ по ГОСТ 7473 рекомендуется определять величину нормальной густоты и начала схватывания цемента не только по ГОСТ 310.3, ГОСТ 30744, при затворении цемента водой, но также водой с пластифицирующей добавкой, применяемой в бетоне покрытий и оснований, в такой же дозировке, как и в бетоне (в % массы цемента), с целью оценки их совместимости с точки зрения влияния на сохраняемость удобоукладываемости и удобообрабатываемости бетонной смеси со временем.

19.5.2 При входном контроле качества цемента также рекомендуется определять показатель водоотделения цемента по ГОСТ 310.6 (рекомендуемая величина водоотделения цемента не должна превышать 28% по ГОСТ Р 55224).

19.5.3 После зимнего хранения песка в штабеле рекомендуется перед его использованием в бетоне дополнительно определить его гранулометрический состав, содержание пылеватых и глинистых частиц и засоряющих примесей, прочность и морозостойкость.

19.5.4 Рекомендуется определить водопоглощение щебня при входном контроле по ГОСТ 7473 не только с водой по ГОСТ 8269, но также с водой и пластифицирующей добавкой, применяемой в бетоне, в такой же дозировке (с пересчетом по воде затворения), как в бетоне, с целью анализа и прогноза влияния щебня на сохраняемость свойств бетонной смеси со временем и морозостойкость бетона.

19.5.5 Подвижность или жесткость бетонной смеси, ее плотность и объем вовлеченного воздуха (для бетона покрытий) по ГОСТ 26633, ГОСТ 10181 рекомендуется на ЦБЗ определять не только сразу после перемешивания, а также через некоторое время, моделирующее время ее транспортирования на место укладки, обычно через 5, 30 и 60 минут.

Во время выдерживания до испытания бетонная смесь должна находиться в условиях, исключающих испарение воды (под влажной

мешковиной, полиэтиленовой пленкой, в камере нормального твердения и т.п.).

19.6 При строительстве цементобетонных покрытий и оснований производственный контроль прочности бетона осуществляют по схеме Г ГОСТ 18105 по образцам, отформованным на ЦБЗ и месте укладки бетона по ГОСТ 10180 и твердеющим в условиях твердения конструкции, и кернам, выбуренным из соответствующих бетонных слоев жесткой дорожной одежды (аэродромной конструкции) по ГОСТ 28570.

Строительство цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов, а также выравнивающих слоев, водопропускных линейных сооружений и пр. представляет собой исключительный случай – ГОСТ 18105, пп. 4.3, 5.2, 5.10, где затруднено достоверное применение любых неразрушающих методов контроля прочности бетона, где нормируется его прочность на растяжение (при изгибе) и где выполненные бетонные работы должны скрываться последующими до достижения проектного возраста бетона (перекрытие слоя основания слоем покрытия, выполнение операции по уходу за свежеуложенным бетоном и др.).

Неразрушающие методы контроля прочности по ГОСТ 22690 и ГОСТ 17624 применяют для ориентировочной оценки прочности бетона покрытий и оснований для оценки времени распалубки, нарезки швов и т.п., но не для производственного контроля прочности.

19.7 Контрольные образцы кубы и призмы (балки) для определения прочности бетона в проектном и промежуточном возрасте в сериях и партиях по ГОСТ 18105 формуют на ЦБЗ и месте укладки бетона не реже, чем раз в смену, и хранят в нормальных условиях твердения по ГОСТ 10180 и в условиях твердения покрытия или основания (ГОСТ 18105, п. 5.4).

Возможно формование образцов бетона на ЦБЗ для твердения в условиях твердения конструкции (на «улице») с учетом времени транспортирования смеси.

19.8 При оценке прочности дорожного бетона рекомендуется руководствоваться требованиями таблицы 3.

Таблица 3 – Требования при оценке прочности дорожного бетона

Прочность бетона	Значение параметра	
Средняя в партии	на сжатие, $\overline{R_n}$	$\overline{R_{\text{п}}} \geq R_{\text{т}}$
	на растяжение при изгибе, $\overline{R_{tb_n}}$	$\overline{R_{tb_{\text{п}}}} \geq R_{tb_{\text{т}}}$
Средняя в серии	на сжатие, $\overline{R_c}$	$\overline{R_{\text{c}}} \geq (R_{\text{т}} - 4{,}0)$ МПа $\overline{R_{\text{c}}} \geq B$
	на растяжение при изгибе, $\overline{R_{tb_C}}$	$\overline{R_{tb_{\text{c}}}} \geq (R_{tb_{\text{т}}} - 0{,}5)$ МПа $\overline{R_{tb_{\text{c}}}} \geq B_{tb}$
Частный результат испытания образца и керна бетона в серии	на сжатие, R_i	$R_{\text{i}} \geq B$
	на растяжение при изгибе, R_{tb_i}	$R_{tb_{\text{i}}} \geq B_{tb}$
Примечание: $R_{\text{т}}$, $Rtb_{\text{т}}$ – требуемая прочность бетона на сжатие и на растяжение при изгибе, соответствующая проектному классу В, B_{tb} (ГОСТ 18105) при контроле по схеме Г		

19.9 Образцы-балки бетона покрытий и оснований вплоть до испытания на прочность на растяжение при изгибе должны находиться в нормальных или естественных температурных условиях (условиях твердения бетона в конструкции) при исключении испарения влаги из бетона (в камере или под влажной мешковиной, слоем влажного песка и т.п.), в отличие от испытания образцов бетона на сжатие, ГОСТ 10180, п. 6.1.

19.10 При испытании бетона на прочность на растяжение при изгибе нагрузка на образец-балку должна передаваться через линейный (цилиндрический) контакт при двухточечном приложении нагрузки (базовая схема испытания ГОСТ 10180, рисунок 6а, а не через плоский, например, как при использовании устройства УРИ (рисунок 6б).

Особенности испытания образцов бетона покрытий и оснований на прочность отражены в [4, 5, 17].

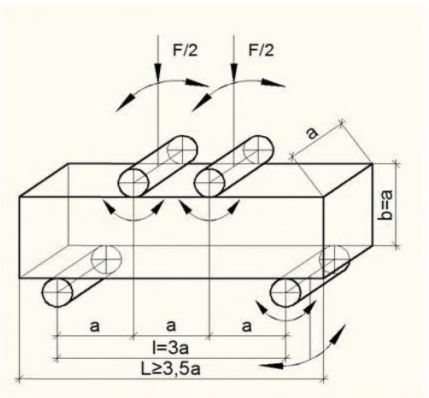


Рисунок 6а – Базовая схема испытания бетона на прочность на растяжение при изгибе (цилиндрический контакт, двухточечное приложение нагрузки)

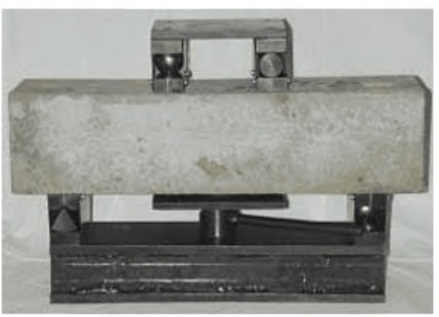


Рисунок 6б – Небазовая схема испытания бетона на прочность на растяжение при изгибе (плоский контакт)

19.11 Во всех спорных случаях окончательный вывод о прочности бетона покрытий и оснований следует осуществлять с помощью испытания выбуренных образцов-кернов по ГОСТ 28570.

19.12 Отбор кернов из бетона следует выполнять керноотборниками, оснащенными кольцевыми алмазными или твердосплавными сверлами

(коронками), обеспечивая отбор кернов на всю толщину бетонного слоя. Для охлаждения сверла (коронки) и бетона в процессе бурения необходимо в зону бурения подавать воду или другую охлаждающую жидкость под давлением.

На поверхности керна не должно быть трещин, сколов, бороздок (неровностей), превышающих допустимые величины по ГОСТ 28570.

Для снижения биения сверла (коронки) при бурении необходимо использовать люнет – штатное приспособление керноотборника.

19.13 При выбуривании кернов из покрытия или основания рекомендуется, чтобы давление бурового сверла (буровой колонки) на бетон не превышало 2,0 МПа, расход охлаждающей жидкости был не менее 0,8 л/мин, нагрев бетона не превышал 40 °С.

Керны выбуривают при температуре воздуха не ниже плюс 5 °С. Допускается выбуривать керны в зимних условиях строительства, используя в качестве охлаждающей жидкости незамерзающие спиртосодержащие или иные составы, при подтверждении отсутствия их коррозионного воздействия на бетон.

19.14 Отбор и испытание кернов из покрытия рекомендуется осуществлять по единичным или сменным захваткам, в зависимости от программы испытания. При этом рекомендуется отбирать не менее 4 кернов на захватку, не менее 2 кернов из одной плиты покрытия или основания, что позволяет сгруппировать их в 2 серии и сформировать из них одну партию, в соответствии с требованием ГОСТ 18105 [17].

19.15 По завершению отбора кернов составляется акт отбора с указанием даты, объекта, координат места отбора, с приложением схемы отбора кернов по ГОСТ 29570.

19.16 Для испытания бетона покрытий и оснований на прочность рекомендуется керны выбуривать на всю толщину плиты (если иное не предусмотрено программой испытания).

Керны бетона покрытий и оснований рекомендуется испытывать на прочность на растяжение при раскалывании вдоль образующей (базовое

испытание по ГОСТ 10180, ГОСТ 28570), как более стабильное и воспроизводимое по сравнению с испытанием кернов на сжатие, с последующим переходом к прочности на сжатие и на растяжение при изгибе, нормируемыми в проекте (рисунок 7).

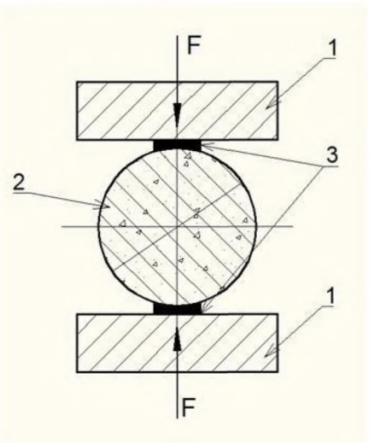


Рисунок 7 – Схема испытания кернов на растяжение при раскалывании:
1 – плиты пресса; *2* – бетонный керн; 3 – прокладки из фанеры;
F – сжимающее усилие

19.17 При испытании кернов на сжатие, в отличии от испытания на растяжение при раскалывании по образующей, следует учитывать, что это испытание не является базовым по ГОСТ 10180, базовым является испытание образцов-кубов бетона. При испытании кернов изменяется базовая форма образца (цилиндр вместо куба) и базовая схема испытания (изменяется направление приложения нагрузки относительно слоев укладки бетона цилиндра или керна по сравнению с испытанием образцов-кубов), вследствие чего для расчета результатов необходимо определить коэффициенты перехода по ГОСТ 10180, приложение Л.

19.18 После выбуривания кернов необходимо предусмотреть заполнение образованной скважины в покрытии или основании. Для этого

используют стандартный бетон или специальный ремонтный материал (например, «MasterEmaco» ООО «Басф. Строительные системы» и др.) с прочностью и морозостойкостью не менее, чем проектные или фактические значения прочности и морозостойкости бетона в испытываемой плите покрытия.

19.19 При экспертном (выборочном, инспекционном) контроле прочности бетона покрытий и оснований с помощью кернов оценку средней прочности и коэффициента вариации прочности бетона рекомендуется проводить по всем испытанным кернам при объединении их в одну серию, не отбрасывая минимальные значения по ГОСТ 28570, п 6.3, [17].

В отличие от испытания контрольных, формуемых из бетонной смеси образцов бетона по ГОСТ 10180, каждый выбуренный керн характеризует прочность бетона в конкретной плите покрытия или основания и его прочность рекомендуется не отбрасывать, но учитывать в оценке среднего.

19.20 При испытании кернов бетона на растяжение при раскалывании для равномерной передачи усилия на образец рекомендуется использовать дополнительные прокладки из фанеры или картона, которые устанавливают между опорными плитами пресса и поверхностью керна, а также устраивать выравнивающие подливки.

Прокладки изготавливают из фанеры или картона шириной (20±3) мм и толщиной (3±1) мм, ее толщину не учитывают в расчете величины прочности бетона на растяжение при раскалывании.

Выравнивающие подливки устраивают шириной (24±1) мм и толщиной 3 мм на всю длину керна и располагают по двум диаметрально противоположным образующим его поверхности, через которые должна пройти плоскость раскола при испытании. Для этого используют специальное приспособление – кондуктор (рисунок 8).

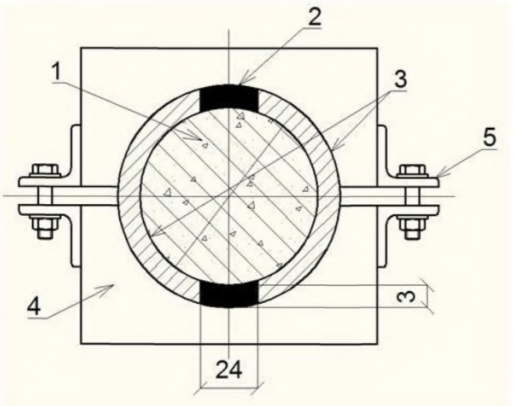


Рисунок 8 – Схема устройства подливки вдоль керна по двум образующим с помощью кондуктора:

1 – бетонный керн; *2* – продольная подливка; *3* – полуобоймы; *4* – хомут, скрепляющий две полуобоймы; *5* – крепление хомутов

Прочность материала подливки на сжатие на момент испытания бетона должна быть не меньше его ожидаемой прочности.

Подливку из цементного теста рекомендуется приготавливать с водоцементным отношением, близким к нормальной густоте по ГОСТ 310.3, ГОСТ 30744, а также использовать ускорители твердения, быстротвердеющие смеси и т.п.

19.21 После устройства подливок керн испытывают на растяжение при раскалывании по схеме рисунка 9.

При использовании подливок предел прочности бетона на растяжение при раскалывании керна определяют с учетом толщины подливок:

$$R_{tt} = \gamma \times \frac{2F}{\pi \times (d+2\varepsilon) \times h} \times \eta_2 \text{ , МПа,} \qquad (9)$$

где γ – масштабный коэффициент по ГОСТ 10180;

F – разрушающее усилие;

d – диаметр керна;

h – высота керна;

ε – толщина подливки (3 мм);

η_2 – коэффициент по ГОСТ 28570, зависящий от отношения высоты керна к его диаметру.

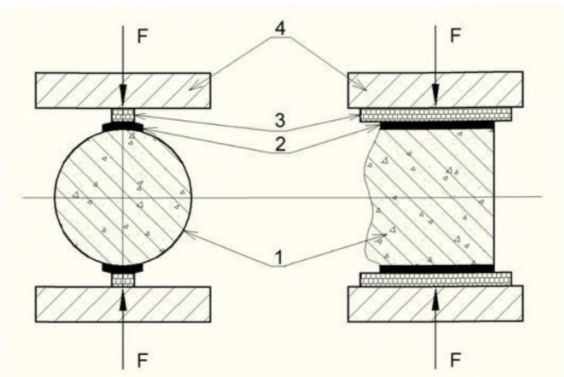


Рисунок 9 – Схема испытания на раскалывание керна с продольными подливками:

1 – керн; *2* – продольные подливки; *3* – фанерная прокладка; *4* – плита пресса; *F* – сжимающее усилие

19.22 Полученные результаты испытания кернов на прочность на растяжение при раскалывании приводят к величинам прочности бетона на сжатие и на растяжение при изгибе, нормируемым в проекте, с помощью переходных коэффициентов R_{tb}/R_{tt}, R/R_{tt}, которые рекомендуется определять экспериментально (ГОСТ 10180, ГОСТ 28570).

19.23 При отсутствии экспериментальных коэффициентов перехода, допускается использовать коэффициенты по ГОСТ 10180 (таблица Л1) и по таблице 4 [4, 5, 17].

Таблица 4 – Коэффициенты перехода

Назначение бетона	Коэффициент перехода		
	R_{tb}/R_{t}	R/R_{t}	R/R_{tb}
покрытие	1,7	11,9	7,0
основание	1,5	10	6,7
Примечание: Бетон покрытий – бетон классов по прочности $B_{tb}3,6$ В25 и выше, с нормированным объемом вовлеченного воздуха в бетонной смеси. Бетон оснований – бетон классов $B_{tb}2,8$ В20 и ниже, без вовлеченного воздуха			

19.24 Транспортирование контрольных образцов-кубов или цилиндров дорожного бетона, предназначенных для испытания на прочность на сжатие, рекомендуется осуществлять не ранее, чем через 2 суток после их формования и твердения в нормальных условиях или при достижении бетоном прочности не менее 10,0 МПа, контрольных образцов-балок и цилиндров для испытания на растяжение при изгибе и раскалывании, соответственно, – не ранее, чем через 4 суток после их формования и твердения в нормальных условиях, чтобы исключить появление микротрещин и иных разрушений, искажающих последующие результаты испытаний.

При транспортировании образцов должна быть исключена возможность их повреждения, увлажнения или замораживания, для бетона раннего возраста – также сохранения нормальных условий твердения по ГОСТ 10180.

19.25 Производственный контроль морозостойкости бетона покрытий и оснований по формуемым на ЦБЗ и на месте укладки бетона контрольным образцам осуществляют не реже, чем один раз в квартал, а также при изменении состава бетона, технологии работ.

Испытание бетона на морозостойкость с помощью выбуренных из слоя покрытия или основания образцов-кернов проводят по ГОСТ 10060 в качестве инспекционного, выборочного контроля, для получения экспертной оценки морозостойкости, в спорных случаях.

19.26 При испытании бетона на морозостойкость ускоренными методами рекомендуется осуществлять 1 цикл замораживания и оттаивания в сутки (это допускается ГОСТ 10060 и позволяет гарантированно добиться полного замораживания и оттаивания именно образцов, а не только воздуха в климатической камере, выполнить испытание корректно).

19.27 При испытании бетона покрытий и оснований на морозостойкость рекомендуется обращать внимание на состояние 5% водного раствора. Появление осадка, помутнение и т.п. может косвенно свидетельствовать о наличии сопутствующих химических коррозионных процессов, чаще всего обменных, проходящих в бетоне параллельно с физико-механическим воздействием циклического замораживания и оттаивания.

В этом случае рекомендуется дополнительно оценить коррозионную стойкость бетона против выщелачивания, отдельно от испытания бетона на морозостойкость.

19.28 При появлении шелушения на поверхности покрытия для определения его причин, как правило, испытывают керны на морозостойкость при послойном их разделении по высоте. Решение о причинах появления морозного шелушения поверхности бетона принимается только по итогам сравнения результатов кинетики морозного разрушения бетона в верхней и нижней частях покрытия.

19.29 В процессе укладки необходимо контролировать толщину уложенного слоя не реже, чем через каждые 100 п. м, ровность и поперечный уклон не реже, чем через 20 п. м., в соответствии с ГОСТ 30412.

Толщину слоя цементобетонного покрытия определяют по геодезическим измерениям (с помощью нивелирования нижележащего слоя основания и слоя покрытия по одним и тем же точкам).

Дополнительно толщину покрытия определяют измерением высоты выбуренного образца-керна (скважины). При этом керны выбуривают из слоя

покрытия ближе к оси полосы (на расстоянии не менее, чем 1 м от края полосы или поперечного шва).

Факультативно (дополнительно) толщину слоя покрытия и качество кромок определяют по толщине боковой грани маячного или крайнего ряда с помощью трехметровой рейки и угольника.

19.30 При работе машины по уходу за бетоном необходимо контролировать:

- соблюдение своевременности нанесения пленкообразующего материала;

- нормы розлива пленкообразующего материала;

- равномерность распределения пленкообразующего материала, без струй и тумана (контролируется визуально).

19.31 При устройстве деформационных швов необходимо контролировать:

- своевременность устройства «пионерных» резов (пропилов);

- отклонение линии шва от прямолинейного (не должно превышать 10 мм);

- геометрические размеры пазов и камер;

- состояние кромок пазов и камер;

- качество подготовки камер перед их заполнением;

- качество подгрунтовки и заполнения камер швов герметиком.

19.32 Перечень лабораторного оборудования для контроля бетонной смеси и бетона покрытий и оснований на ЦБЗ и месте укладки бетона представлен в Приложении Д.

20 Оценка неровности и коэффициента сцепления колеса с покрытием

20.1 Оценку неровности оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов следует выполнять в соответствии с требованиями СП 78. 13330, СП 121. 13330 по ГОСТ 30412 и ГОСТ Р 56925.

20.2 Коэффициент сцепления колеса с покрытием следует выполнять по ГОСТ 30413, а шероховатость покрытия – глубину текстуры новой поверхности монолитных бетонных, армобетонных, железобетонных покрытий – методом «песчаного пятна» (прибор КП-139) или измерением глубины бороздок с точностью 0,1 мм.

20.3 Сплошные измерения сцепных свойств дорожных покрытий осуществляют с помощью передвижной установки ПКРС-2У, АТТ-2 (и т. п.) на мокрой поверхности (при расходе воды 1л/м^2, при толщине слоя воды 1 мм, по ГОСТ 30413).

20.4 При измерении сцепных свойств в установке ПКРС-2У должна использоваться шина без рисунка протектора или с рисунком глубиной не менее 1 мм. В случае отсутствия специальной шины с гладким протектором допускается использовать обычную изношенную шину того же размера с остаточной глубиной канавок не более 1 мм.

20.5 Выборочные измерения сцепных свойств дорожного покрытия выполняют с помощью портативного прибора ППК-МАДИ-ВНИИБД и др.

20.6 Сцепные качества покрытия оцениваются коэффициентом продольного сцепления, измеренным на увлажненном покрытии при расчетной температуре воздуха 20 °С. Не допускается производить измерения сцепных качеств дорожного покрытия во время дождя, а также в течение 2–3 ч после окончания дождя.

20.7 При измерениях коэффициента сцепления фиксируют температуру воздуха. Полученные значения коэффициента сцепления приводят к расчетной температуре 20 °С с поправками. Состояние цементобетонных

покрытий по сцепным качествам оценивают путем сравнения фактической величины коэффициента продольного сцепления с нормативными требованиями для вновь устроенных покрытий по СП 34.13330, СП 121.13330.

Приложение А (информационное)

ГОДОВЫЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, СЖАТОМ ВОЗДУХЕ И ВОДЕ

Вид ресурсов	Прирельсовые базы ЦБЗ			Прирельсовые ЦБЗ			Притрассовые ЦБЗ		
	Производительность, $м^3/ч$								
	60	120	240	60	120	240	60	120	240
Электроэнергия, тыс. кВт/ч	250	390	450	380	640	1150	270	390	650
Тепло, кал	30	45	50	60	80	85	45	65	70
Сжатый воздух, тыс. $м^3$	1300	1250	3000	2900	4980	8170	1800	2150	2100
Вода, тыс. $м^3$	10	14	30	30	47	100	35	48	100

Приложение Б (информационное)

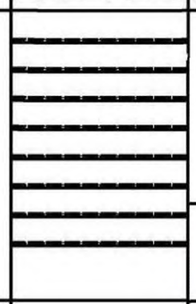
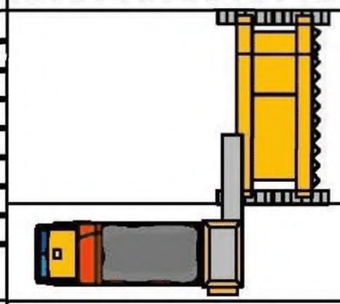
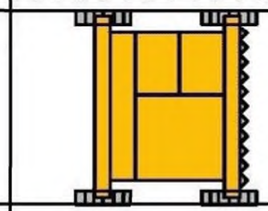
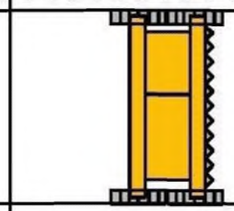
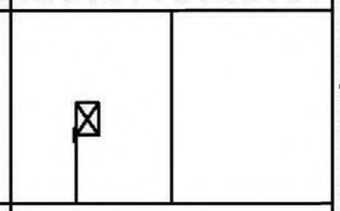
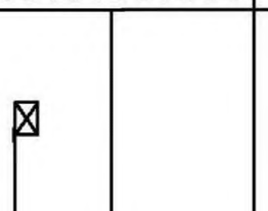
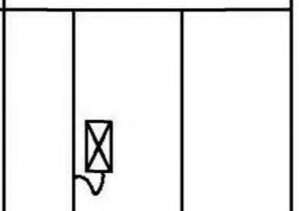
ОСНОВНЫЕ ТИПЫ И ПАРАМЕТРЫ БЕТОНОСМЕСИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Фирма производитель, страна	Индекс установки	Производительность, $м^3/ч$	Тип установки	Установленная мощность, кВт	Объем замеса, $м^3$ и тип бетоносмесителя
LINTEC (Германия)	CC 1500	80	Мобильный (контейнерного типа)	90	1,25 – двухвальный
	CC 2000	80		200	1,75 – двухвальный
	CC 3000\B	80		300	3,0 – двухвальный
	CC 3000\E	120		300	3,0 – двухвальный
	CC 3000\D	240		300	3,0 х 2 – двухвальный
BHS (Германия)	Duomix	250	Передвижной (перебазируемый)	412	3,0×2 – лопастной
	Duomix	300		480	4,0×2 – лопастной
BHS (Германия)	Monomix 2.25 CA	100	Мобильный (быстроперебазируемый)	200	2,25 – лопастной
	Monomix 2.25 CB	100		200	2,25 – лопастной
	Monomix 3.0 CB	130		240	3,0 – лопастной
LIEBHERR (Германия)	Compactmix 1,0T	60	Модульный/ мобильный	80	1,0 тарельчатый
	Compactmix 1,0R	60	Модульный/ Мобильный	80	1,0 тарельчатый
	Betomix 2.25S	100	Модульный	130	2,25 тарельчатый/ двухвальный
	Betomix 2.25R	100	Модульный	130	2,25 тарельчатый/ двухвальный
	Betomix 2.25Z	100	Модульный	170	2,25 тарельчатый/ двухвальный
	Betomix 3.0R	120	Модульный	170	3,0 тарельчатый/ двухвальный
	Betomix 3.0Z	120	Модульный	170	3,5 тарельчатый/ двухвальный
	Betomix 4.5R	160-210	Модульный	280	3,5 тарельчатый/ двухвальный
LIEBHERR (Германия)	Mobilmix 2.5	100	Мобильный	150	2,25 – двухвальный
	Mobilmix 3.5	150	Мобильный	230	3,5 – двухвальный
Cobra Tecwill (Финляндия	C60	60	Передвижной перебазируемый	120–150	1,5 – планетарный
	C80	80		180–200	2,0 – планетарный
Cobra	M60	60	Мобильный	н.д.	1,5 – планетарный

Фирма производитель, страна	Индекс установки	Производительность, $м^3$/ч	Тип установки	Установленная мощность, кВт	Объем замеса, $м^3$ и тип бетоносмесителя
Tecwill (Финляндия)	M80	80	быстро-перебазируемый		2,0 – планетарный
	M100	100			2,5 – двухвальный
	M120	120			3,0 – двухвальный
SANY (Китай)	HZS60	69	Передвижной блочного типа	92,5	1,0
	HZS90	90		164	1,5
	HZ120	120		220	2,0
	HZ180	180		250	3,0

Приложение В (информационное)

СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТОКА УСТРОЙСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ КОМПЛЕКТОМ МАШИН В СКОЛЬЗЯЩИХ ФОРМАХ

Направление потока	←						
№ рабочей операции	1	2,3	4	5	6	7,8	9
Наименование технологических операций	Укладка ППА	Разгрузка и распределение бетонной смеси	Укладка бетонной смеси	Нанесение шероховатости и уход за бетоном	Нарезка контрольных швов в затвердевшем бетоне	1. Нарезка швов в затв. бетоне 2. Снятие копирной струны	Герметизация швов
ПЛАН ПОТОКА							
Требуемые ресурсы	Дорожные рабочие	Автосамосвал распределитель бетона с выдвижным бункером машинист 6 разр.	Бетоноукладчик со скользящими формами машинист 6 разр. дорожные рабочие	Машина для нанесения шероховатости и ухода за бетоном машинист 6 разр.	Нарезчик швов машинист 5 разр. дорожные рабочие	Нарезчик швов машинист 5 разр. дорожные рабочие	Заливщик швов машинист 4 разр. дорожные рабочие

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПЕРЕРЫВ 1 день

Приложение Г (информационное)

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖУРНАЛОВ

1. Журнал регистрации проб строительных материалов (для входного контроля).

2. Журнал испытания песка.

3. Журнал испытания щебня, щебня из гравия и гравия.

4. Журнал испытания щебеночно-гравийно-песчаных смесей и грунтов, обработанных неорганическими вяжущими (в том числе, пескоцемента).

5. Журнал испытания цемента.

6. Журнал подбора состава бетонной смеси (бетона).

7. Журнал испытания бетонной смеси.

8. Журнал испытания химических добавок.

9. Журнал контроля прочности бетона по партиям.

10. Журнал корректировки рабочего состава бетона с учетом влажности.

11. Журнал актов (протоколов) отбора проб, протоколы лабораторных испытаний.

12. Журнал испытания образцов-кернов, выбуренных из покрытия и основания.

13. Журнал контроля условий в помещениях при лабораторных испытаниях.

14. Журнал инструктажа по технике безопасности.

Приложение Д (рекомендуемое)

ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ И БЕТОНА ПОКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ НА ЦБЗ И МЕСТЕ УКЛАДКИ БЕТОНА

1. Пресс испытательный С041PN128 или другой для испытания бетона на сжатие (диапазон 100–150 тн, 1000–1500 кН) и на растяжение при изгибе (диапазон 5–10 тн, 50–100 кН).

Примечания

1.1 Диапазон измерения прочности бетона при испытании должен находиться в пределах 20–80% измерительной шкалы. При нагрузке до 20% шкалы возможно искажение результатов испытания бетона на прочность (обычно, занижение) из-за различных деформаций и перемещений в соединениях частей пресса (например, из-за выработки люфтов шарнирных или «червячных» соединений и пр.), более 80% − из-за деформаций самих опорных частей пресса.

1.2 Пресс для испытания на растяжение при изгибе обязательно должен быть установлен на прочном и твердом фундаменте, например, на плите из бетона класса В25 толщиной 20см, пресс на сжатие – желательно.

1.3 Рекомендуется использовать полуавтоматический пресс как более универсальный.

2. Металлические прокладки для испытания половинок образцов-балочек на прочность на сжатие после их испытания на растяжение при изгибе по ГОСТ 10180.

3. Приспособление к прессу для испытания образцов-илиндров и кернов на прочность на растяжение при раскалывании.

4. Глубинный вибратор с диаметром рабочего органа 20-37 мм с электроприводом.

5. Термометр цифровой универсальный типа ТЦ-1У.

6. Бачок для пропаривания цементных образцов.

7. Камера нормального твердения образцов бетона КНТ.

Примечание: Возможно использование отдельного герметичного помещения с температурой 17–23 °С и влажностью воздуха 90–100% по ГОСТ 10180 или контейнера (ящика) с крышкой с водным затвором, камеры для пропаривания бетона и пр.

8. Прибор для определения объема вовлеченного воздуха в бетонной смеси (объемомер или поромер, например, типа КП-133 или В2020 со стрелочным манометром «FORM+TEST») по ГОСТ 10181.

9. Виброплощадка лабораторная стандартная типа ВЛ-1ЭТ (типа СМЖ-739).

Примечание: Рекомендуется использовать виброплощадку с автоматическим магнитным креплением образцов с целью экономии трудозатрат.

10. Грохот лабораторный для рассева песка и щебня и соответствующий набор сит (например, типа ЛО-251/1 и КП-109).

11. Конус стандартный для определения подвижности бетонной смеси по ГОСТ 10181 типа КА.

12. Вискозиметр для бетона типа ВБ-1У для определения жесткости бетонной смеси по ГОСТ 10181.

13. Встряхивающий столик и конус для определения расплыва конуса бетонной смеси по ГОСТ 10181.

14. Мерные металлические сосуды типа МП-20.

15. Формы для испытания дробимости щебня (гравия) типа КП-116.

16. Прибор Вика типа «ОГЦ»-1.

17. Чаша и лопатка для затворения цементного теста.

18. Набор ареометров типа АОН-1.

19. Мерные цилиндрические сосуды типа «МП» (стеклянные) и прочая мерная посуда (набор мерных цилиндров объемом 50, 100, 500, 1000 и 2000 мл и стаканы, набор 100, 500, 1000 мл).

20. Линейка измерительная длиной 30 см и 50 см, штангенциркуль типа ШЦ-1-150- 0,05 2-го класса.

21. Штыковка стальная.

22. Секундомер типа СОСпр-2б-2-000.

23. Весы электронные с диапазоном измерения до 6 кг и до 15 кг типа ПВм.

24. Весы электронные общего назначения типа ТВ-S-200.2-АЗ с диапазоном измерения до 50 кг.

26. Совки для сыпучих материалов, мастерок, кельма, металлические противни (поддоны), ведра алюминиевые, объемом 10–12 л, тачка для отбора бетонной смеси из автобетоносмесителя (автосамосвала), шпатели для очистки форм для изготовления контрольных образцов бетона после их распалубки, перчатки резиновые и матерчатые, мешковина.

27. Бетономешалка лабораторная для приготовления бетонной смеси объемом не менее 20л, например, типа МЛА-20Б.

Примечание: Рекомендуется использовать лабораторную бетономешалку принудительного перемешивания.

28. Низкотемпературная лабораторная электропечь типа СНОЛ 58/350 (желательно с принудительным перемешиванием воздуха вентилятором).

29. Формы стальные для формования образцов-балочек типа 3ФБ40 размером 40×40×160 мм, образцов-кубов размером 70,7×70,7×70,7 мм типа 3ФК70, 100×100×100 мм типа 2ФК 100, 150×150×150 мм типа 1ФК150, образцов-призм (балок) размером 100×100×400 мм типа ФП-100, образцов-цилиндров высотой и диаметром 150 мм типа С258-06.

30. Прибор стандартного уплотнения пескоцемента (грунта) ПСУ.

31. Прибор для неразрушающего контроля прочности бетона методом отскока типа склерометра Шмидта.

32. Прибор для определения прочности бетона методом отрыва со скалыванием типа ПИБ.

33. Ультразвуковой прибор типа УК-15М для контроля прочности бетона.

34. Измеритель защитного слоя бетона над арматурой типа ИЗС-10Ц (магнитный).

35. Гигрометр психрометрический типа ВИТ-2.

36. Пробоотборник цемента для отбора проб из автоцементовоза (рис. А1).

37. Морозильная камера типа КТК-18 (с температурой замораживания до минус 50 °С) для испытания бетона на морозостойкость, автоматическая установка АУМ-12-2 (с температурой замораживания до минус 20^0С).

Примечание: Рекомендуется при работе морозильной (климатической) камеры использовать стабилизаторы электрического напряжения, например, типа ТСС АСН-3000Т.

38. Формы нержавеющие с крышкой для испытания образцов бетона на морозостойкость по ГОСТ 10060 для кубов размером 100×100×100 мм.

Примечание: По опыту, формы из нержавеющей стали или алюминиевые часто разгерметизируются, образуются трещины на ребрах при испытании при минус 50 °С. Для хранения контрольных образцов бетона при испытании на морозостойкость можно рекомендовать различные пластмассовые контейнеры, выдерживающие указанную температуру, в том числе изготовленные из подручных средств (ванночки, емкости из разрезанных 5-литровых полиэтиленовых бутылей и пр.).

Библиография

1. Правила по охране труда в строительстве. Утверждены Министерством труда и социальной защиты населения. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 01.06.2015 года №336н.

2. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03).

3. Правила охраны труда при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. Минтрансстрой, Минтранс РФ, М 1993.

4. Руководство по организации и технологии строительства аэродромных цементобетонных покрытий. – М., Союздорнии, 1982 – 220 с.

5. ВСН 139-80 Инструкция по строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог. Минтрансстрой, 1980 – 110 с.

6. Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide – MEPDG – (A Manual of Practice), July 2008, Interim Edition. AASHTO, Washington, USA. Руководство по механико-эмпирическому проектированию дорожных одежд. Руководство по практическому применению (временное издание AASHTO, США, 2008 – 188 с.

7. Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen RStO 01. RStO 01-2001. Нормы и правила по стандартизации конструкций дорожных одежд. (Переизданы в 2012 г.) – 56 с.

8. Best Practices for Airport Portland Cement Concrete. Pavement Construction (Rigid Airport Pavement). Report IPRF-01-G-002-1. Federal Aviation Administration. Наиболее успешная практика для аэропортов с цементобетонным покрытием. Доклад Федеральной администрации авиации США, 2007 – 159 с.

9. ВСН 197-91 Инструкция по проектированию жестких дорожных одежд. – М., 1992 – 60 с.

10. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд № ОС-1066-р от 03.12.2003г. Росавтодор, М., 2004 – 116 с.

11. Технологические карты: Устройство аэродромных оснований и покрытий комплектом машин ДС-100 со скользящими формами. Министерство транспортного строительства, Оргтрансстрой, М., 1979 – 259 с.

12. ОДМ 218.3.039-2014 Рекомендации по испытанию пленкообразующих материалов по уходу за свежеуложенным бетоном, – 38 с.

13. Методические рекомендации по подбору составов дорожного бетона. М., Союздорнии, 1973 – 52 с.

14. Руководство по подбору составов тяжелого бетона. НИИЖБ, М., – 1979 – 103 с.

15. Good Vibrations. Minnich. Concrete Vibrators & Dowel Pin Drills. Хорошие вибраторы. Фирма Минних. Вибраторы для бетона и дрели для штырей.

16. Технические рекомендации по применению укатываемого малоцементного бетона. ТР 138-03 НИИМосстрой, М., 2004 – 77 с.

17. ОДМ 218.3.037-2014. Росавтодор. Рекомендации по контролю прочности цементобетона покрытий и оснований автомобильных дорог по образцам. М., 2014 – 37 с.

18 Форсблад Л. Вибрационное уплотнение грунтов и оснований/ Л. Форсблад; пер. с англ. И. В. Гагариной. М., Транспорт, 1987 – 176 с.

19 Руководство по проектированию конструкций аэродромных покрытий. М., ФГУП ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект», 2004 – 213 с.

gost.e-ecolog.ru