МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

СОЮЗДОРНИИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

**ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ ИЗ ВИБРОУКАТАННОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНА**

МОСКВА 1991

Содержатся указания по проектированию и строительству оснований и облегченных покрытий из виброукатанного бетона, а также по проектированию составов и приготовлению бетонных смесей.

Предусмотрено изготовление цементобетона с повышенной плотностью щебеночно (гравийно)-песчаного каркаса.

Показана эффективность покрытий из виброукатанного бетона по сравнению с традиционными покрытиями из виброуложенного бетона.

# ПРЕДИСЛОВИЕ

“Методические рекомендации по строительству оснований и покрытий из виброукатанного цементобетона” направлены на расширение условий применения цементобетонов и повышение их экономичности и эксплуатационной устойчивости.

Настоящие Методические рекомендации базируются на научно-исследовательских и экспериментальных данных, результатах опытно-производственного строительства и обследования объектов, выполненных трестами “Лендорстрой”, “Лендорстрой-2”, Северным управлением строительства, ПО “Ленавтодор”, “Архангельскавтодор”, Калининским и Пермским агропромдорстроями, Череповецким НПО “Астра”.

Методические рекомендации разработали кандидаты технических наук А.О. Салль, В.П. Серов, инженеры С.К. Зайцева, Г.П. Иванов.

Замечания и предложения по настоящей работе просьба направлять по адресу: 143900, Московская обл., г. Балашиха-6, ш. Энтузиастов, 79, Союздорнии или 191065, г. Санкт-Петербург, ул. Герцена, 19, Ленинградский филиал Союздорнии.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. “Методические рекомендации по строительству оснований и покрытий из виброукатанного цементобетона” содержат указания по проектированию и строительству оснований и облегченных покрытий из виброукатанного бетона, а также по проектированию составов и приготовлению бетонных смесей.

1.2. Под облегченными бетонными покрытиями понимаются покрытия из цементобетона с толщиной и прочностью ниже, чем предусмотрено СНиП 2.06.02-85 для капитальных типов дорожных одежд. Допуская пониженные показатели уровня надежности и срока службы, следует предусмотреть строительство дорожных конструкций нового класса - с применением бетонных покрытий в дорожных одеждах облегченного типа. Ленинградским филиалом Союздорнии предлагаются два мало распространенных и изученных вида покрытий, которые имеют определенные преимущества перед традиционными покрытиями из виброукладываемых смесей.

1.3. Настоящие Методические рекомендации предусматривают изготовление цементобетона с повышенной плотностью щебеночно (гравийно) - песчаного каркаса, что достигается за счет уменьшения содержания в смеси цемента и воды и более интенсивного уплотнения по сравнению с практикуемыми традиционными более пластичными виброукладываемыми смесями и нормативными методами их уплотнения.

1.4. Покрытия из виброукатанного цементобетона рекомендуется укладывать в дорожные одежды облегченного типа сельских дорог, дорог общей сети III-IV категорий и на первой стадии при стадийном строительстве дорог I-II категорий и городских магистралей.

1.5. Эффективность покрытия из виброукатанного бетона по сравнению с традиционным покрытием из виброуложенного бетона с уплотнением бетоноукладочными машинами, площадочными вибраторами, виброрейками и др. определяется:

экономией цемента (в 1,5-2,0 раза);

существенным снижением стоимости трудовых и энергетических затрат на укладку бетонной смеси;

возможностью пропуска автомобильного транспорта по незатвердевшему бетону и укладки его при отрицательной температуре;

повышением устойчивости к усадочным воздействиям и действию воды и мороза.

# 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

2.1. Толщина покрытия из виброукатанного бетона должна быть: не менее 16 см - при отсутствии защитного слоя, 14 см - при устройстве поверхностной обработки и 12 см - при укладке защитного асфальтобетонного слоя.

2.2. В основании дорожной одежды следует предусматривать укладку несущего слоя из сдвигоустойчивых материалов и при необходимости дополнительного песчаного слоя.

Дорожная одежда должна обеспечивать сдвигоустойчивость земляного полотна, а ее верхняя часть, включающая покрытие и несущий слой основания, - сдвигоустойчивость песчаного слоя; проверку сдвигоустойчивости осуществляют согласно “Инструкции по проектированию дорожных одежд нежесткого типа” ВСН 46-83 (М.: Транспорт, 1985).

2.3. При расчете на прочность модуль упругости слоя из виброукатанного бетона принимают в зависимости от класса бетона: Вbtb 4,0 - 1660 МПа, Вbtb 3,6 - 1600 МПа, Вbtb 3,2 - 1520 МПа, Вbtb 2,8 - 1420 МПа, Вbtb 2,0 - 1140 МПа, Вbtb 1,6 - 930 МПа, Вbtb 1,2 - 780 МПа.

2.4. Дорожные одежды с покрытиями из виброукатанного бетона относят к типу облегченных, допуская возможность образования сетки трещин с размерами ячеек не менее 0,5-1,5 м и возникновения малых остаточных вертикальных деформаций, не превышающих пределов нормативных допусков по ровности проезжей части; расчетный показатель уровня надежности Кн = 0,85 и минимальный коэффициент прочности Кпр = 0,9.

Предельное состояние трещиновато-блочного бетонного покрытия определяется моментом образования выбоин и поверхностной эрозии. Сопротивление облегченного покрытия выбоинообразованию определяется массой цементобетонных блоков, взаимным зацеплением берегов и защемлением (расклинкой) нижнего щебеночного слоя, прочно связанного с верхним бетонным слоем. Сопротивление возникновению поверхностной эрозии зависит от прочности и морозостойкости бетона; при этом сопротивление выдергиванию из общего монолита отдельных зерен и агрегатов повышается за счет защемленно-напряженного состояния интенсивно уплотненного песчано-щебеночного остова.

2.5. Минимальный класс бетона назначают по табл. 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Защитный | Класс бетона по категориям дороги | | |
| поверхностный слой | I, II, IIIп, городские магистрали | III, IVп, Ic, улицы | IV, IIc, IIIc, местные проезды |
| Без защиты | Вbtb 4,0 (Rи 50) | Вbtb 3,6 (Rи 45) | Вbtb 3,2 (Rи 40) |
| Поверхностная обработка | Вbtb 3,2 (Rи 35) | Вbtb 2,8 (Rи 35) | Вbtb 2,4, Вbtb 2,0 (Rи 30) |
| Асфальтобетон | Вbtb 2,2 | Вbtb 1,6 | Вbtb 1,2 (Rи 15) |

Примечание. В скобках указана нормативная прочность на растяжение при изгибе.

# 3. МАТЕРИАЛЫ

3.1. В качестве вяжущих для приготовления бетона применяют цемент марок 300 и выше, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 10178-85.

3.2. Для приготовления бетона составляются щебеночно-гравийно-песчаные, гравийно-песчаные и щебеночно-песчаные смеси, удовлетворяющие по зерновому составу требованиям табл. 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Нормативная крупность | Содержание, %, в смеси зерен мельче данного размера, мм | | | | | | | | | |
| зерен, мм | 40 | 20 | 10 | 5 | 2,5 | 1,25 | 0,63 | 0,28 | 0,14 | 0,071 |
| 70-0 | 60-80 | 37-67 | 26-57 | 19-51 | 16-46 | 13-40 | 11-32 | 8-23 | 4-14 | 0-5 |
| 40-0 | 95-100 | 58-80 | 36-66 | 25-56 | 18-50 | 15-43 | 12-35 | 8-25 | 4-15 | 0-5 |
| 20-0 | - | 95-100 | 56-80 | 35-66 | 25-56 | 18-49 | 15-41 | 10-29 | 5-17 | 0-5 |
| 10-0 | - | - | 95-100 | 54-80 | 34-66 | 25-56 | 18-47 | 13-33 | 7-19 | 0-5 |

Примечание. Содержание в смеси зерен размером 70 мм - 95-100%

Допускается применять смеси прерывистого зернового состава, удовлетворяющего требованиям табл. 2, и природные крупнозернистые песчано-гравийные смеси с содержанием зерен крупнее 5 мм до 20%. При этом требуемое количество более мелких фракций устанавливают по нижней строке табл. 2.

3.3. Жесткость песчаной цементобетонной смеси должна быть не менее 30 с, а щебенистой - не менее 90 с. При принятых технологических приемах укладки и уплотнения смесей требования к укладываемости факультативны.

3.4. Оптимальное соотношение масс щебня и песка устанавливают в зависимости от их зернового состава согласно “Методическим рекомендациям по применению технологических конструкций нежестких дорожных одежд с основаниями из тощего бетона” (Союздорнии. М., 1986). Ориентировочно оно составляет 1:1.

3.5. Марка щебня по пластичности частиц, образующихся в нем при измельчении, Пл. 1 согласно ГОСТ 25607-83. Для бетонных смесей с размером зерен 0-70 мм, а также для составов с повышенным содержанием крупных зерен (в пределах требований табл. 1) применяется легкоуплотняемый щебень осадочных пород. Для бетона, укладываемого без защитного слоя, марка щебня по дробимости должна быть не ниже 600. Возможность применения менее прочного щебня требует опытной проверки.

3.6. Расход цемента марки 400 и воды назначают по табл. 3 и уточняют по данным лабораторных испытаний образцов (прил. 1).

При использовании увлажненных каменных материалов расход воды уменьшают с учетом их фактической влажности. Для песчано-гравийного цементобетона расход ц5емента и воды (ориентировочный) увеличивают в 1,4-1,8 раза.

При использовании увлажненных каменных материалов расход воды уменьшают с учетом их фактической влажности. Для песчано-гравийного цементобетона расход цемента и воды (ориентировочный) увеличивают в 1,4-1,8 раза.

3.7. Визуально оптимальность соотношения масс составляющих оценивается при изготовлении образцов предлагаемым способом (см. прил. 1), при этом поверхность штампа ударника, соприкасающаяся с уплотняемым материалом, после требуемого уплотнения должна выглядеть увлажненной, но без признаков выделения цементного молока. Окончательная оценка оптимальности состава может быть установлена после определения прочности образцов.

Таблица 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Класс бетона | Расход компонентов, кг/м3 | |
|  | цемента | воды |
| 4,0 | 200 | 90 |
| 3,6 | 180 | 85 |
| 3,2 | 160 | 80 |
| 2,8 | 140 | 75 |
| 2,4 | 120 | 70 |
| 2,0 | 100 | 65 |

# 4. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

4.1. Бетонную смесь приготавливают в стационарных смесителях принудительного перемешивания. Продолжительность транспортирования бетонной смеси не должна превышать 30 мин при температуре воздуха от 20 до 30°С и 1 ч - при 20 °С и ниже.

4.2. Смесь вывозят автомобилями-самосвалами на подготовленное основание; при толщине слоя бетонной смеси более 10 см по кромкам покрытия устанавливают упорные доски, сборно-разборную металлическую опалубку или рельс-форму.

Если бетонную смесь укладывать без боковых упоров, то ширина ее распределения должна быть увеличена на 50 см (по 25 см с каждого края).

Смесь распределяют и разравнивают асфальтоукладчиком, щебнераспределителем или автогрейдером; уплотнение начинают катком на пневматических шинах, средним гладковальцовым катком или виброкатком с выключенной вибрацией за 3-4 прохода по одному следу. Окончательное уплотнение осуществляют тяжелым самоходным виброкатком с включенной вибрацией; требуемое число проходов по каждому следу виброкатка массой 6-9 т - не менее 40, 9-12 т - не менее 30, 12-15 т - не менее 20. Укатку ведут в традиционной последовательности, начиная от краев и перемещаясь к середине, перекрывая параллельные следы. Рабочая скорость виброкатка - 1,5-2 км/ч; на завершающем этапе после 10-15 проходов она может быть увеличена до 5 км/ч.

Для повышения ровности уплотняемой поверхности целесообразно использовать тяжелый трехвальцовый каток.

4.3. Сменная строительная захватка определяется производительностью ведущего механизма (виброкатка) и при ширине покрытия 7-10 м составляет 100-150 м. В конце смены или суточной работы устанавливают поперек на всю ширину проезжей части упор из обрезной доски, которую оставляют в покрытии до затвердевания бетона, а затем скалывают с поверхности на глубину 3-4 см; образовавшийся шов заливают битумной мастикой.

4.4. Швы в уплотненном слое не нарезаются; в процессе эксплуатации роль температурных (компенсационных) швов выполняют поперечные трещины температурно-усадочного происхождения, возникающие через 10-20 м.

4.5. Уход за твердеющим бетоном при его укладке в сухую и жаркую (или ветренную) погоду либо при отрицательной температуре воздуха (но не ниже минус 15°С) осуществляют путем розлива по поверхности пленкообразующих материалов, например битумной эмульсии или нефтяного гудрона с расходом 0,6-0,8 л/м, или россыпью песка (легкой супеси) слоем 4-6 см.

Если защитный поверхностный слой (поверхностная обработка или ее первый этап - розлив битума, асфальтобетона) устраивают сразу после укладки цементобетонной смеси, то можно обойтись без ухода за ним независимо от погодных условий.

Технология работ в неблагоприятных погодных условиях должна предусматривать уплотнение смеси до момента возможного ее частичного высыхания или замерзания.

Движение построечного транспорта по виброукатанному бетону не ограничивается; при интенсивности движения до 200 автомобилей группы А в сутки его следует регулировать по ширине проезжей части.

# 5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА

5.1. Текущий контроль за производством работ осуществляют в соответствии со СНиП 3.06.03-85.

5.2. Ровность поверхности покрытия проверяют толчкометром ТХК-2 или трехметровой рейкой. Показатель ровности уложенного бетонного покрытия облегченной дорожной одежды по толчкометру должен быть не более 100 см/км; при измерении рейкой, укладываемой в продольном направлении по полосе наката, седнеарифметическое значение максимальных просветов должно составлять не более 3 мм.

5.3. Прочность цементобетона проверяют по данным испытаний кернов, выбуренных из покрытия через 20 сут после его укладки (прил. 2). Установленный испытаниями класс цементобетона должен быть не менее проектного.

5.4. Прочность поверхностного цементобетонного слоя проверяют по данным испытаний ударником пенетрационного действия (прил. 3). Установленная прочность на растяжение при изгибе должна составлять не менее 0,7 проектной нормативной прочности для щебенистого цементобетона и не менее 0,5 - для песчаного.

# *Приложение 1*

# Изготовление и испытание лабораторных цементобетонных образцов

Физико-механические свойства виброукатанного цементобетона определяют на цилиндрических образцах, получаемых трамбованием смесей в стальных формах. Форма представляет собой полый стальной цилиндр с внутренним диаметром 10,1 см, высотой 18 см и толщиной стенок 1,2 см. В форму вставлен сплошной цилиндрический вкладыш высотой 4 см, который свободно перемещается внутри формы и размещается перед засыпкой материала в ее нижней части.

Навеску бетонной смеси массой 1800-2000 г (меньшие значения - для песчаных смесей) засыпают в форму в два приема, тщательно штыкуя каждый из слоев стальным стержнем толщиной 2 см и длиной 20 см. Затем поверхность выравнивают и на нее устанавливают уплотняющий штамп (наковальню) типа ударника Союздорнии (ГОСТ 22733-77). Это устройство обеспечивает уплотнение гирей массой 5 кг, сбрасываемой с высоты 50 см.

Ударное уплотнение осуществляют ритмично, удерживая направляющий стержень в вертикальном положении; цикл подъема и падения гири от 1 до 2 с; общее число ударов на образец - 400.

После снятия ударного устройства на форму насаживают полый стальной цилиндр с внутренним диаметром 10,5 см и образец ан прессе осторожно выдавливают из формы. Образец, предназначенный для испытаний, должен иметь высоту 10,1±0,2 см; при иной высоте, установленной пробной формовкой, навеску корректируют пропорционально отношению требуемой высоты к высоте, зафиксированной при пробной формовке.

Изготовленные образцы выдерживают 26 сут в камере воздушно-влажного хранения и затем 2 сут - в воде, погружая образец в воду в первые сутки на 1/3 высоты, а во вторые - полностью. После этого образцы испытывают на растяжение при расколе по ГОСТ 10180-78. По данным испытаний трех образцов определяют среднеарифметическое показателей прочности, соответствующее нормативной прочности Рр.

Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе определяют по формуле

Вbtb = K Pp,

где К - отношение коэффициента перехода от прочности на растяжение при расколе к прочности на растяжение при изгибе (по ВСН 139-80 К=1,7) к коэффициенту перехода от марочной прочности к классу бетона (по ГОСТ 18105.0-80 К=1,28);



Плотность бетона определяется по ГОСТ 12730.1-78, а водопоглощение - по ГОСТ 12730.3-78.

# *Приложение 2*

# Контроль прочности уложенного цементобетона

На затвердевшем бетонном покрытии выбуривают не менее пяти кернов диаметром 15-16 см по полосам наката в стороне от возможных трещин и швов. Для своевременного водонасыщения перед испытанием (см. прил. 1) рекомендуется выбуривать керны в 26-суточном возрасте.

Испытание на растяжение при расколе водонасыщенных кернов осуществляют по ГОСТ 22733-77 или ВСН 139-80; при правильной цилиндрической форме поверхности кернов с высотой не более 16 см допустимо испытывать без прокладок и подливок из цементного теста.

Класс бетона устанавливают как при испытании лабораторных образцов (см. прил. 1).

Результаты испытания кернов не в 28-суточном возрасте приводятся к расчетному возрасту по формуле



где Rt - прочность по данным испытаний;

*t* - время твердения до момента испытания; 7 t  300.

# *Приложение 3*

# Контроль прочности поверхностного слоя уложенного бетона

Прочность поверхностного слоя уложенного бетона контролируют ударником пенетрационного действия. Основным рабочим органом прибора служит стальной конус высотой 3 см и диаметром основания 3,4 см, ввинченный в стержень, который направляет падающую гирю массой 5 кг с высоты 50 см.

Косвенной характеристикой прочности служит число ударов *n*, необходимых для полного погружения конуса в затвердевший цементобетон.

Для исключения погрешностей при установлении глубины и момента полного погружения служит П-образный фиксатор, ножки которого устанавливаются на испытуемой конструкции в стороне от разрушений в заранее подготовленной, очищенной от грязи и пыли бетонной поверхности. Место установки фиксатора помечают при помощи краски или мела.

Перед испытанием штангенциркулем фиксируют зазор между площадкой фиксатора и ударной платформой, затем фиксатор снимают, сбрасывают гирю и вновь определяют зазор между площадкой фиксатора и ударной площадкой.

Испытания на участке осуществляют не менее чем в пяти местах. За расчетное число ударов *n* принимается его среднеарифметическое значение.

При испытании высокопрочных бетонов можно ограничить число ударов (до 100), измеряя затем фактическую глубину частичного погружения конуса h100 (см). В этом случае число ударов n, необходимое для полного погружения конуса, рассчитывают по формуле



Нормативную прочность на растяжение при изгибе (МПа) рассчитывают:

для щебенистого бетона марок *R*и20, *R*и15 lgRи=0,68lg *n* - 1,15; *R*и25, *R*и30 lgRи=0,61lg *n* - 1,02; *R*и35, *R*и55 lgRи=0,56lg *n* - 0,9;

для песчано-гравийного бетона марок *R*и15, *R*и20 lgRи=0,68lg *n* - 1,26; *R*и25, *R*и30 lgRи=0,61lg *n* - 1,12; *R*и35, *R*и55 lgRи=0,56lg *n* - 0,97.

В натурных условиях фактическую измеренную прочность бетона следует корректировать с учетом степени его увлажнения. К установленной прочности вводятся коэффициенты: для оптимально увлажненного бетона или в сырую погоду - 0,95, для высохшего бетона в сухую солнечную погоду - 0,8-0,9.

При проведении испытаний не в нормативном 28-суточном возрасте показатель прочности уточняют по формуле прил. 2.