# Трубы и арочные конструкции мостов

## из сталефибробетона.

**Челябинск -** 2009 **-** январь

ООО "НПК "ВОЛВЕК ПЛЮС" 1997

WWW.WOLWEKPLUS.RU

**СОДЕРЖАНИЕ**

1. Введение;……1
2. Применение СФБ для изготовления звеньев водопропускных труб (опыт КПП ГУП Башкиравтодора, Уфа, Башкортостан);……...…5
2.1. Схема расположения оборудования;……..5
2.2. Описание участка изготовления СФБ – труб;……6
2.3. Арочные СФБ - конструкции;……9
3. Водопропускные трубы по типу Алтайского НЗМК;……....10
4. Уход за свежзаформованными изделиями;……11

**Приложение №1** « Главный секрет сталефибробетона», статья;……..12

**Приложение №2** «Приготовление СФБ на различных типах смесителей», выписка из «Рекомендаций по применению СФБ…» с дополнениями 2008г.;……16

**Приложение №3** Арочные конструкции мостов. Расчеты.;……...23

**Приложение №4** Сборные ж/б трубы из полуколец, радиусом 0,75; 1; 1,25м.;……32
1. Водопропускные трубы из полуколец под автомобильные дороги пр. 57-368 ТУ 5853-002-05210268-99;……..35
2. Пояснительная записка;…….…37
2.1 Введение;……..……37
2.2 Основные положения проектирования;…….....38
2.3 Блоки труб;……...38
2.4 Конструкция тела трубы;……39
2.5 Гидроизоляция труб;……...39
2.6 Конструкция оголовков;……..40
2.7 Уклон трубы и строительный подъем;……...40
2.8 Укрепительные работы;……...……...40
2.9 Гидравлические характеристики и назначение отверстия;……..40

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Технология производства звеньев водопропускных железобетонных труб под автодорогами отрабатывалась в течение длительного времени. Она обеспечивает качество изделий и, соответственно, долговечность их эксплуатации.

В то же время, необходимо отметить ряд технологических переходов, которые возможно в настоящее время пересмотреть с целью снижения их трудоемкости и материалоемкости, улучшая в то же время качество изделий в целом.

В традиционной технологии есть ряд негативов, с которыми приходится считаться, чтобы качество соответствовало требованиям ЧТД:

1. Одинарная или двойная арматурная сетка, должна быть точно установлена перед формовкой, смещение вызывает уменьшение толщины защитного слоя, что прямо влияет на долговечность;
2. Виброуплотнение смеси при формовке вызывает колебание элементов арматурных сеток, что порождает снижение плотности уплотненной смеси непосредственно под витками арматуры, что влечет за собой появление зоны с пониженными физико-механическими характеристиками;
3. При распалубке ( снятие наружной полуформы), наличие арматуры нередко порождает кольцевые трещины ( и микро-, и макро- ) в изделии. Их, как правило, замазывают свежей смесью, не устраняя трещину, а скрывая дефект, который в эксплуатации проявляет себя с течением времени весьма негативно – просачивание воды сквозь стенку трубы, коррозия арматуры с потерей прочности самой трубы со всеми вытекающими последствиями;

Т.е. основные моменты, понижающие качество трубных элементов, закладываются конструктором изделия и заключаются в наличии арматурных сеток и неспособности традиционной технологии решить вопросы изготовления без вышеуказанных технологически обусловленных дефектов. Поэтому к вышеуказанным 4 пунктам надо добавить:

4. Необходимость складских и производственных площадей под складирование арматурного железа;
5. Наличие оборудования для изготовления сеток;
6. Наличие сварщиков и сварочного оборудования;
7. Наличие площадей для складирования готовых армокаркасов, расположенного рядом с формовочной эстакадой;

Сегодня можно предложить альтернативную технологию изготовления водопропускных труб под автодорогами, которая лишена вышеуказанных недостатков - это технология изготовления водопропускных труб из сталефибробетона:

1. Не нужен арматурный каркас;
2. Не нужно, естественно, оборудование для изготовления армокаркасов;
3. Нужны значительно меньшие складские и производственные площади, т.к. нужно предусмотреть только площади под складирование фибры;
4. Значительно меньше нужно рабочих;
5. На порядок снижается количество бракованных изделий (брак по толщине защитного слоя; исключаются кольцевые трещины;
6. Увеличивается трещиностойкость труб, их долговечность;

Для реализации СФБ-технологии изготовления изделий необходимо провести работу по устройству для подачи фибры в смеситель, откорректировать порядок подачи компонентов в смеситель, провести теоретическое и практическое обучение персонала, провести испытания согласно установленного порядка, подготовить всю документацию для выпуска новой продукции. В общем, проделать обычную работу для получения разрешения на выпуск новой продукции.

**Настоящая работа дает представление о реализованной технологии производства СФБ - труб на комбинате подсобных предприятий Башкиравтодора.**

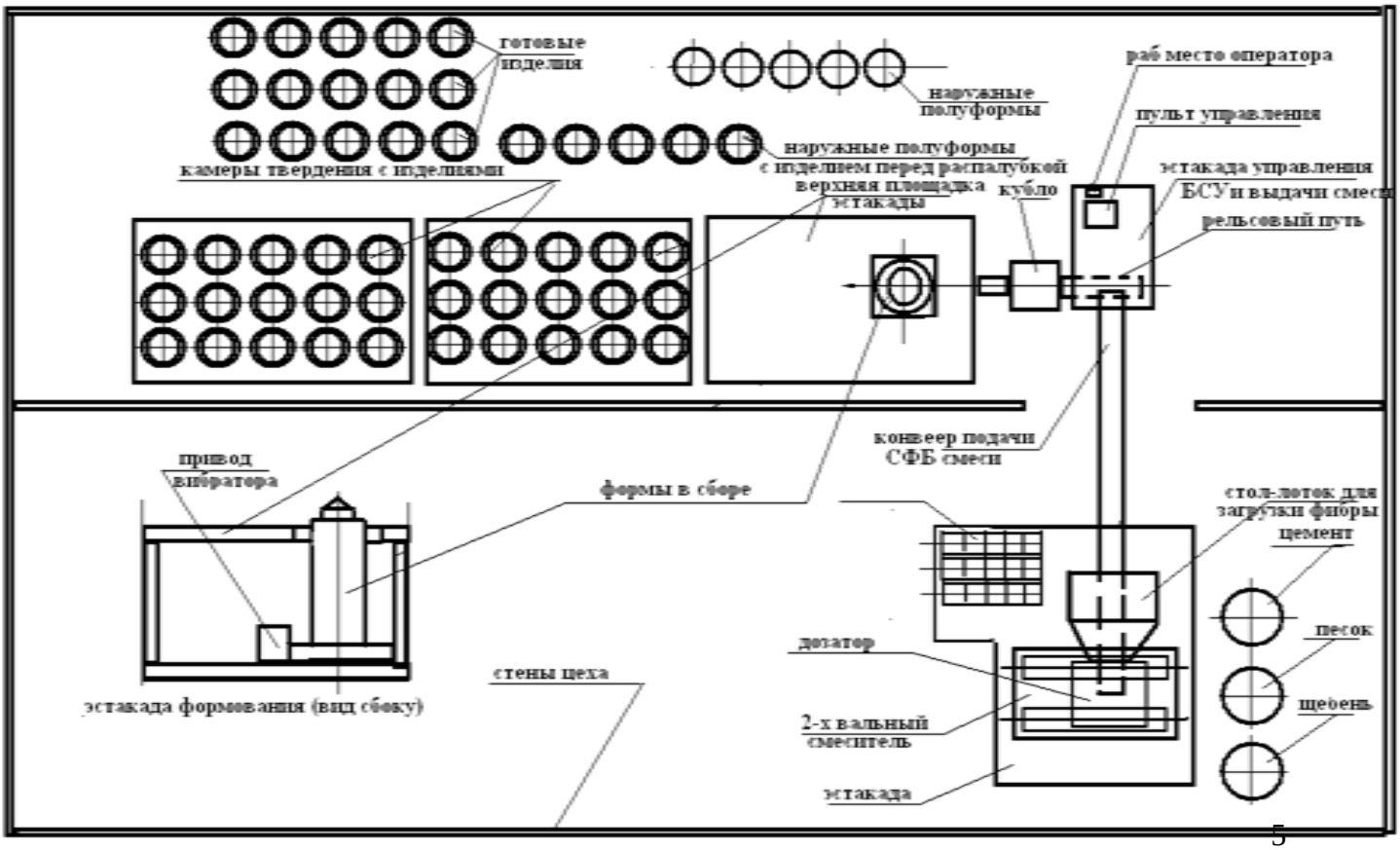
## 2. Применение СФБ для изготовления звеньев водопропускных труб.

В мае – апреле 1999 года на комбинате подсобных предприятий Башкиравтодора (г. Уфа) была проведена работа по внедрению изготовления звеньев водопропускных труб из сталефибробетона, полностью исключив традиционное армирование их. Было изготовлено 9 звеньев длиной 1м, диаметром 1,5м. Испытания проводились в лаборатории Испытательного центра БашНИИстроя, т.е . независимой лабораторией.

Акт испытаний опытных звеньев, утвержденный главным инженером БашНИИстроя г. Колесником Г.С. констатировал, что прочностные характеристики испытанных на разрушение и трещинообразование звеньев водопропускных труб соответствуют проектным требованиям, на основании чего сделан вывод о перспективности изготовления звеньев водопропускных труб из сталефибробетона с полным исключением традиционной арматуры.

На основании проведенной работы ЭКПП ГУП Башкиравтодора, следуя рекомендациям фирмы ООО «НПК «ВОЛВЕК», в 2001 году приступил к выпуску звеньев водопропускных труб с одновременной модернизацией производства с ориентацией на перевод изготовления на 100 % звеньев из СФБ. Работа по состоянию на 1.11.01.была закончена, в настоящее время изготовление звеньев полностью производится на основе СФБ (данные 2004г).

**2.1. Схема расположения оборудования** :



**2.2. Описание участка изготовления СФБ – труб**:

Участок изготовления звеньев состоит (данные 2004г) из :

1. Площадка, с расположенным на ней двухвальным бетоносмесителем, над ним дозатор, в который из бункеров подаются компоненты смеси.

2. Для подачи фибры смонтирован отдельный лоток с площадкой, с которой фибра под воздействием вибрации по лотку подается в бетоносмеситель. Дозирование фибры производится из картонных ящиков (по 20кг фибры в каждом), т.к. за цикл выдается 0,25м3 СФБ, то на каждый замес требуется 1 ящик. Ящики подаются на площадку эл. тельфером с рельсовой тележки на которую укладывается фибра, потребная для обеспечения работы одной смены. Таким образом, исключив подачу стального волокна, можно изготавливать на этом же оборудовании другие ж/б изделия без применения СФБ.

3. Эстакада с площадкой наверху, предназначенная для формовки изделий.
Она ничем не отличается от площадки, на которой

производилось формование звеньев с традиционным армирующим каркасом.

Металлоформы оснащены вибраторами,

закрепленными на внутренней обойме металлоформы, хотя мы рекомендуем крепить их на наружной, т.к. качество и

скорость формовки будет выше, меньше затраты эл. энергии; время виброуплотнения подобрано опытным путем, оно примерно на 10-15% больше, чем при традиционном виброуплотнении. Для повышения подвижности смеси применяются пластификаторы. В/Ц выдерживается в пределах 0,34-0,4max.

Вместе с наружной обоймой металлоформы изделие отправляется на площадку разопалубки перед камерой твердения. После выдержки на площадке распалубки (для исключения разрушения изделия при снятии наружной полуформы), наружная полуформа снимается, изделие отправляют в камеру твердения.

В некоторых случаях,  если есть опасность нарушения формы изделия при распалубке, изделие с наружной полуформой сразу отправляют в камеру твердения, а распалубку производят после окончания процесса твердения.
Режимы твердения, как для тяжелого бетона.

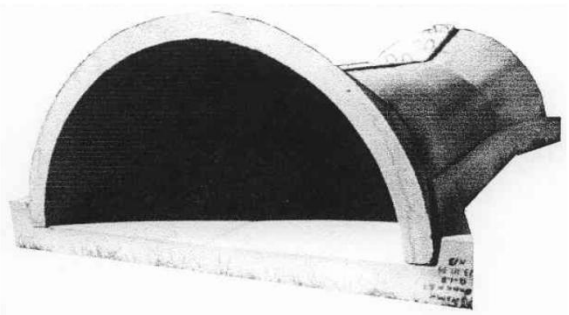
Готовые изделия складируются на площадке, перед вывозом на заводской склад изделий.
Подобное построение технологической цепочки обладает определенной гибкостью, т.к. при достаточно небольших перестановках и дополнении оборудованием (в основном- смена металлоформ), можно расширить диапазон изготавливаемых изделий (менять их длину, конфигурацию -например делать звенья водопропускных труб с плоским опиранием и др., в этой же технологической цепочке БАД изготавливает арочные СФБ - конструкции .

## 2.3. Арочные СФБ - конструкции

Для этого сборную форму для изготовления арок устанавливают в одной из камер твердения (см. фото выше). Уплотнение смеси в металлоформах для арок производится глубинными вибраторами. Что имеет свои неприятные особенности - неравномерность уплотнения и т.д. Необходимо изменить конструкцию металлоформ для изготовления арочных конструкций, в которой предусмотреть уплотнение смеси посредством вибраторов, установленных на отдельных элементах наружной обечайки металлоформы, но в обязательном порядке эти отдельные элементы обечайки должны быть герметично - шарнирно связаны друг с другом. В этом случае при хорошем качестве уплотнения каждый вибратор, закрепленный на отдельном элементе обечайки, будет иметь нормальную рабочую нагрузку, и не будет часто выходить из строя (проблема БАД сегодня), а качество уплотнения серьезно вырастет по сравнению с уплотнением глубинными вибраторами.

Для проектных организаций прикладываем расчеты и чертежи арочных конструкций. Для изготовления арок применять базовый состав СФБ, имеющий стабильные физико-механические характеристики. При необходимости, за счет увеличения количества фибры до 100-110кг/м3 можно ФМХ еще более повысить, если потребуется для выполнения требований проектировщиков.

**3. Водопропускные трубы по типу Алтайского новотрубного завода** (см. фото, информация в Приложении)



Однородность смеси, степень уплотнения смеси гарантируют качество: исключены трещины,  поверхность стенки изделия гладкая, без шероховатостей, вызванных вибрацией армокаркаса, отсутствие традиционного брака (смещение арматуры, микро и макротрещины,

рыхлости по толщине стенки из-за того, что под арматурным железом смесь не уплотняется и т.д.).

**4. Уход за свежзаформованными изделиями**

- не отличается от ухода за железобетонными изделиями после их формовки.

В настоящее время в БАД проведена дальнейшая модернизация участка, внедрена система точного дозирования компонентов, отработаны все технологические вопросы и т. д.. Проблемы возникают при переходе с фибры «Челябинка» на другие виды фибр (МагФибрастрой и др., т.к. на основе их СФБ имеет менее качественные физико-механические характеристики, что, соответственно, отражается на прочности на изгиб , трещиностойкости и пр.(см. в Приложении « сравнительные характеристики СФБ на различных видах фибр». Исследование ЦЛПБ ЦНИИС).

Директор ООО «Научно-производственная компания «ВОЛВЕК ПЛЮС»

_____/Вострецов Ф.И./

## Приложение №1

**ГЛАВНЫЙ «СЕКРЕТ» СТАЛЕФИБРОБЕТОНА.**

(итоги анализа исследований физико-механических характеристик и практики применения СФБ в1998-2007гг )

В результате работы с ГИПами «Челябметротранспроекта», Иркутского и Хабаровского ГИПРО-ДОРНИИ, НИЦ «Мосты» ЦНИИСа, ремонтных и эксплуатирующих организаций Челябинска, Хабаровска, Иркутска, Свердловска, Москвы и т.д., а также принимая во внимание приказ №22 от 14.03,96 Федерального дорожного депортамента Министерства транспорта Российской Федерации «О мерах по повышению качества строительства мостовых сооружений на автомобильных дорогах» было определено, что материал гидроизолирующих слоев мостов должен соответствовать определенным требованиям.

Прочность на сжатие ~ марка бетона В40 -Rb- 50МПа.

Прочность на растяжение при изгибе Rbtb-5МПа.

Прочность на осевое растяжение Rbt"2,5 МПа.

Морозостойкость F 300 min.

Водонепроницаемость W10 min.

Применение подобранного и апробированного в работе нашей фирмой состава сталефибробетона (1999-2005гг.) показывает, что его физико-механические характеристики составляют в полевых условиях и по исследованиям в научных лабораториях по 10 обьектам 1999-2005гг.:

прочность на сжатие Rb - 55,2 (28сут.), по исследованиям ЮУрГУ- 60,7; ЦНИИС-49,8.

На раст. при изгибе Rbtb ~ ЮУр-ГУ-б,б;ЦНИИС-5,97.

На осевое раст. Rbt - ЮурГУ-4,15; ЦНИИС-3,57.

Водонепроницаемость min W12 по 10 обьектам в полевых условиях.

По исследованиям ЦНИИС-W16, ЮУрГУ-W20.

Морозостойкость по исследованиям ЦНИИС, ЮУрГУ, лабораториям строительных организаций и т.д. - min F300 в солях. Испытания на морозостойкость, как правило, прекращались на 300 циклах, в большинстве случаев прочность по окончании испытаний была выше исходной. Ориентировочно можно предполагать морозостойкость в действительности в пределах F400-450.

Модуль упругости по исследованиям ЦНИИС-39,3х$10^3$МПа; коэф. Пуассона 0,18-0,20;

По исследованиям ЮУрГУ-38,8х$10^3$МПа, коэф. Пуассона 0,146

Как следует из вышеизложенного, требования к материалу гидроизолирующего слоя проезжей части мостов сталефибробетон заданного состава стабильно выдерживает. Можно было бы остановиться на константации факта вышеуказанных показателей сталефибробетона. Но остаются вопросы, возникающие при рассмотрении следующих фактов:

Лаборатория инженерных исследований армии США проводила работу на военном аэродроме по ВПП, одна из которых была сооружена из обычного бетона, а вторая из фибробетона. Толщина обычного бетона 25,4 см, фибробетона -15,2 см (на 40% меньше). После 700 циклов нагружения (взлетов-посадок) покрытие из обычного бетона практически было выведено из строя, в то время как фибробетонное выдержало 4500 циклов, т.е. долговечность его оказалась в 6,4 раза больше.

В 1972 году в проливе Гумбольда, где высота волн в штормовую погоду достигает 12 метров, были сооружены волнорезы в форме двутавровых балок из фибробетона длиной 4,5 м, массой 42 тн. Проверка в 1980г показала, что они находятся в хорошем состоянии, тогда как такие же волнорезы, установленные одновременно с ними и изготовленные из традиционного железобетона, разрушились.

Если прочностные характеристики СФБ гарантированно выше, чем у обычного бетона в среднем в 2 раза ( растяжение при изгибе, осевое растяжение), то почему долговечность конструкций выросла в первом случае в 6,4 раза, а во втором еще больше?
Ведь в морской воде фибра должна разрушаться не в пример по времени быстрее, чем арматура традиционная (связи между элементарными частицами бетона, скрепленными между собой стальными волоконцами, должны теряться быстрее, хотя бы потому, что они в сотни раз меньше по площади поперечного сечения); в сочетании с высокими механическими нагрузками, которым подвергается волнорез, материал конструкции должен разрушаться, по крайней мере, не настолько медленнее по сравнению с традиционно армированным, чем это происходило в указанном случае! В чем же дело?
На наш взгляд, самое большое преимущество сталефибробетона заключается в его повышенной трещиностойкости по сравнению с традиционно армированным бетоном. Трещиностойкость СФБ, если не ориентироваться на ГОСТ 29167-91, который дает оценку этому качеству только через косвенные характеристики вязкости разрушения, можно оценивать упрощенно, через сравнение значений прочности на растяжение при изгибе, либо при осевом растяжении. Зависимость тут прямая – чем больше прочность на растяжение, тем выше трещиностойкость. Следуя этому постулату, повышения трещиностойкости можно добиться увеличивая прочность цементного камня, связывающего между собой компоненты бетона. Предел повышения прочности бетона наступит при достижении равнопрочности связывающего материала (цементного камня) и материала входящих компонентов. Композитами такого рода в природе являются гранит, известняк, мрамор и т.д. . Если бы можно было из цельного куска, допустим, гранита, создать мостовую конструкцию, то в ее долговечности можно было бы не сомневаться в силу высокой прочности материала в целом.
Разумеется, можно добиться такого результата. Сейчас такие добавки, дающие возможность
( если не принимать во внимание экономическую и технологическую стороны вопроса) получать бетон с высочайшим классом прочности, есть. Но общеизвестно и то, что композиты бетона не обладают способностью упруго воспринимать деформацию от действующих нагрузок. Приложение околоразрушающих по величине нагрузок на определенном этапе вызывает появление сначала весьма малых по величине трещин. Это локальное ослабление является необратимым для снижения прочности конструкции в целом, т.к. стороны трещины ничего не связывает. Возникновение повторной нагрузки вызывает развитие трещины, т.к. величины напряжений на концах трещин ( в силу концентрации напряжений по линии раздела материала) на порядок выше, чем в этот же момент в сплошном материале. Следовательно, трещина будет развиваться по длине и по ширине до тех пор, пока в данной области не будет компенсирована деформация от данной нагрузки. При таком строении материала это и является причиной дальнейшего роста трещины и разрушения всей конструкции в конечном итоге.
Традиционно армированный бетон противодействует появлению трещин наличием арматурных стержней, связывающих макрообьемы бетона друг с другом. Но в промежутках между стержнями, трещина, под воздействием нагрузок, раскрывается по вышеописанному принципу. Развитие каждой трещины в макрообьеме бетона продолжается так до момента компенсации деформации в области, подверженной воздействию нагрузки. Сдерживание ее развития происходит через традиционное макроармирование обьема бетона, подверженного его влиянию. Появление еще одной трещины в этом же макрообьеме весьма проблематично (разве только появятся дополнительные нагрузки по другим направлениям воздействия), т.к. в сплошном материале напряжения не достигают необходимых для этого значений из-за наличия компенсатора в виде первоначально возникшей трещины. Рост первоначально возникшей трещины по всем параметрам обусловлен, как указано выше, наличием концентрации напряжений по концам трещины. Пока нагрузка не превышает определенных, позволяющих арматуре восстанавливать геометрические параметры

конструкции после снятия нагрузки, величин, не допуская при этом проникновение в трещину посторонних частиц, конструкция работает в «штатном режиме».

Повторное приложение нагрузки, уже даже меньшей по величине, продолжает вызывать рост ранее возникшей трещины (наличие трещины в бетоне- это локально ослабленная зона из-за потери связи между частицами бетона по плоскости разделения- следовательно для продолжения развития трещины нужны меньшие нагрузки). Остановить этот процесс нельзя, т.к. материал не может восстанавливать разрушенные между своими макрочастицами связи (нет механизма восстановления). В результате процесс идет только в одну сторону: сначала трещина раскрывается до величины, когда в нее могут проникать посторонние частицы и вода, затем до появления в критическом сечении сквозной трещины, т.е. до разрушения конструкции.

В сталефибробетоне, в силу обьемного армирования, на начальном этапе воздействия нагрузки, развитию трещины препятствуют стальные волоконца. При фиброармировании, когда в кубический метр бетона вводится, например, 80кг стальных фибр, количество их составляет (для СФБ на базе «Челябинки») около 1млн шт. При длине активной (межанкерной) части стального волокна 28мм (ФЛА 4-2-35), оно пронизывает в среднем 2-2,5 элементарных (1см3) кубика бетона, связывая их между собой и сдерживая разделение этих кубиков под воздействием нагрузки на данную область конструкции, т.е. препятствуя развитию трещины.

**Необходимо четко понимать, что трещина, под воздействием нагрузки, если мы принимаем, как исходное условие, полное отсутствие у компонентов бетона упругих свойств (что практически имеет место быть), появляется всегда. Все дело в величине ее раскрытия - составляет ли она микроны или миллиметры, но, при появлении нагрузки, трещина является обязательным следствием ее приложения.**

В начальный момент воздействия нагрузки сопротивление деформации складывается из сопротивления деформации матричного бетона (за счет внутренних взаимосвязей его компонентов) и **начального сопротивления фибровых волокон, обусловленных условиями твердения.** Вопрос начальных напряжений фибр, находящихся в бетоне, не изучен, по крайней мере в публикациях нам это не встречалось. Но нам предоставляется, что таковые имеют место быть, т.к. только этим (наличием явления преднапряжения фибровой арматуры) можно обьяснить значительное повышение показателей водонепроницаемости и морозостойкости сталефибробетона против тех же показателей матричного бетона при всех прочих равных условиях технологии изготовления конструктивов. Величина преднапряжения, видимо, незначительна, обусловлена усадочными деформациями при твердении, но эффект от этого (см. выше) имеется. Исключительно важное значение при этом имеет степень анкеровки стальных волокон в бетоне, что влияет, в конечном итоге, на возможность волокон за счет микродеформаций при твердении принять нагрузку на себя, устанавливая режим преднапряжения. А это становится возможным, если анкера разнесены по концам волокон и межанкерная часть имеет прямолинейный характер и, кроме того, эффект анкеровки усиливается, если волокно дополнительно анкеруется по всей своей длине боковыми шероховатостями.

Продолжая тему о деформациях при внешнем воздействии: при дальнейшем росте нагрузки стальные волокна сдерживают раскрытие трещины, передавая нагрузку на соседние элементарные обьемы бетона, включая в работу соседние волокна. Чем больше раскрывается трещина, тем большее сопротивление оказывают этому волокна, попавшие в зону раскрытия – это провоцирует возникновение все новых и новых трещин, за счет чего величина раскрытия каждой и них такова, что не позволяет проникать посторонним частицам и воде и позволяет волоконцам работать в пределах упругости (после снятия нагрузки волоконца «закрывают» трещину полностью – конструктив принимает свои первоначальные геометрические характеристики).

Количество трещин растет до момента полной компенсации деформаций сталефибробетонной конструкции за счет суммарной величины раскрытия трещин от воздействия приложенных нагрузок. Остановка роста величины раскрытия трещин происходит в момент, когда внешние нагрузки становятся равными по величине силам

сопротивления, возникшим при включении в эту работу суммарного сопротивления фибровой арматуры и сил сцепления композитов матричного бетона. Суммарная же величина раскрытия трещин, без потери конструкцией своих исходных геометрических параметров, может расти до момента, когда напряжение растяжения волокон, попавших в зону раскрытых трещин, не достигает предела текучести. При достижении волокнами предела текучести, деформации становятся необратимыми, т.е. после снятия нагрузки, конструкция не принимает своей первоначальной формы. Если же рост нагрузок, воздействующих на конструкцию, продолжается и величина напряжений доходит до предела прочности, конструкция разрушается. Характерно для сталефибробетона то, что временной промежуток между появлением необратимых деформаций и полным разрушением конструкции значительно меньше, чем при традиционном железобетонном армировании, при котором появление сквозных трещин в бетоне под воздействием нагрузки не вызывает мгновенного обрушения из-за наличия прутковой арматуры, которая растягивает процесс во времени. Именно это заставляет нас давать рекомендации не применять в чистом виде сталефибробетон в конструкциях, которые, при своей способности к мгновенному обрушению, могут привести к гораздо большим негативным последствиям, чем это имеет место быть в конструкциях с традиционным армированием, которые обладают способностью разрушаться с некоторым замедлением.

Вышеизложенное, на наш взгляд, дает достаточно убедительное обьяснение по вопросам значительно более высоких показателей надежности и долговечности сталефибробетонных конструкций при динамических нагрузках против традиционно армированных, либо изготовленных из модифицированных бетонов, которые в ряде случаев имеют изначально значительно более высокие показатели прочности.

**Решающую роль, повторимся, в данных ситуациях, играет**:

**- способность СФБ практически мгновенно включать в работу сопротивления возникающим нагрузкам посредством мелкодисперсной арматуры (фибры) весь обьем бетона, максимально снижая уровень напряжений в опасной зоне распределением возникающих сил сопротивления возникающим деформациям по всему обьему бетона;**

**- способность СФБ-конструкций в значительно более широком диапазоне нагрузок восстанавливать геометрические размеры после их исчезновения, без ущерба для дальнейшей работоспособности конструкции ;**

Исходя из этого, применение СФБ должно быть, на наш взгляд, сориентировано преимущественно на конструктивы, воспринимающие большей частью динамические нагрузки; требующие повышенной трещиностойкости, морозостойкости, водонепроницаемости.

К таким конструктивам, в частности, можно отнести защитные пояса опор мостов (сплошная СФБ-рубашка, обкладка контурными СФБ-блоками ); проезжие части мостов и путепроводов; волноломы, волнорезы, причальные стенки, береговые укрепления; защитные дамбы от селевых потоков, защитные противолавинные дамбы; водоводные тоннели; укрепления и устройства оснований тяжелонагруженных, с высокой интесивностью движения, автодорог; взлетно-посадочные полосы аэродромов.

В настоящее время, на основе наработанного в течение 1999-2006гг опыта работы по применению сталефибробетона в отечественной практике, на основании анализа зарубежного опыта, анализа научно-технических разработок отечественных научных коллективов и ученых филиалом ОАО ЦНИИС «Научно-исследовательский центр «Мосты» разработаны «Рекомендации по применению сталефибробетона при строительстве и ремонте искусственных сооружении на автодорогах», охватывающие весь технологический цикл по сталефибробетону от требований к материалам до укладки и ухода за свежеуложенным слоем. Данный документ согласован с РосДОРНИИ, с успехом используется целым рядом строительных организаций при освоении СФБ-технологий при строительстве и ремонте проезжих частей мостов и путепроводов,

автодорог. В настоящее время нашей компанией с помощью заказчиков, подрядчиков ведется сбор материалов по состоянию пущенных в эксплуатацию обьектов, проводятся консультации по освоению СФБ-технологий, сбор материалов по отдельным технологическим переходам, которыми, с учетом появляющихся новых приемов и методов, необходимо дополнять основной документ (в частности, например, рациональное использование миксеров при транспортировке смеси на большое расстояние, проработка покрытий с упрочненным поверхностным слоем для исключения вышелушивания поверхности в случае, если отсутствует по каким – либо причинам асфальтобетонный слой и пр. ), разрабатывается и апрбируется на практике усиление оснований автодорог супертонкими слоями.

Директор ООО «НПК «ВОЛВЕК ПЛЮС» Вострецов Ф.И.
10.08.07г

## Приложение № 2

### 7. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ СМЕСИТЕЛЕЙ

***7.1 Общие положения***

7.1.1 Сталефибробетонные смеси всех видов следует приготавливать преимущественно в стационарных условиях производства, на действующих бетоно-смесительных устройствах (БСУ) с автоматическим или полуавтоматическим дозированием компонентов по массе. Возможно также приготовление сталефибробетонной смеси в автобетоносмесителях.

7.1.2 Приготовление сталефибробетонной смеси следует производить с соблюдением требований ГОСТ 7473 и СНиП 3.06.04-91.

7.1.3 Дозирование компонентов сталефибробетонной смеси производят по массе. Погрешности при дозировании не должны превышать следующих значений:

- для цемента, воды, добавок, фибры ± 1%;
- для инертных заполнителей ± 2%.

Точность дозирования компонентов смеси должна постоянно контролироваться при производстве работ.

7.1.4 Дозирование фибры осуществляется подачей ее в картонных ящиках емкостью по 20кг. Для каждого рабочего замеса фибру в соответствующем обьеме подают к смесительному оборудованию.

7.1.5 В течении каждой производственной смены перед загрузкой бетоносмесителя, проверяют его чистоту и исправность ведущих технологических агрегатов.

7.1.6 При приготовлении сталефибробетонных смесей следует особо тщательно контролировать водоцементное отношение смеси. Увеличение этого отношения ведет к снижению качества смеси и возможности ее расслоения при транспортировке.

7.1.7 Для гарантированного равномерного распределения фибр по объёму смеси (без образования сгустков и комков-ежей) **введение компонентов необходимо осуществлять в последовательности: <u>сначала обязательно щебень затем фибра</u>, затем остальные компоненты в обычной последовательности, затем вода с добавками.** Подача фибры в готовую бетонную смесь может производиться только в чрезвычайной ситуации, причем необходимо четко представлять, что получение качественного распределения фибры в смеси добиться возможно, но требуется тщательное выполнение указаний настоящих Рекомендаций (для каждого типа смесителей) и обязателен жесткий контроль за

результатом, т.к. **равномерность распределения фибры прямо влияет на физико-механические характеристики сталефибробетона.**

7.1.8 Рекомендуется подачу фибры в смесительную ёмкость осуществлять с некоторым отставанием по времени (около 10-15 сек) от начала подачи щебня. При этом скорость подачи фибры рассеянным потоком составляет примерно 1,5-2 кг/сек. при подаче вручную и не более 3-х кг/сек в случае подачи с помощью вибролотка с сеткой. В любом случае необходимо контролировать наличие ежей в смеси, если они появляются, то скорость подачи должна быть снижена. Оптимальную скорость подачи выбирают при пробных замесах. По окончании этапа перемешивания фибры со щебнем останавливают смеситель и проверяют смесь на наличие ежей, после чего соответственно корректируют скорость подачи фибры.

7.1.9 Последующую подачу компонентов – песка и воды с содержащимися в ней добавками необходимо осуществлять только после окончания введения фибры и её равномерного перемешивания в объёме щебня в течение 10-15 сек.

7.1.10 Время перемешивания сталефибробетонных смесей по окончании подачивсех компонентов должно быть минимально необходимым для получения необходимого качества. Дальнейшее, необоснованное увеличение времени перемешивания, может привести к появлению «ежей». Значение времени перемешивания определяется опытным путем (обычно это 3-5мин) и должно тщательно контролироваться на производстве в связи с возможностью появления образования комков фибры (“ежей”) особенно при значениях ОК смеси 7см и более.

7.1.11 Фибра при перемешивании должна быть равномерно распределена по всему объему смеси. Это определяется визуально и при необходимости уточняется в соответствии с указаниями раздела 11 Рекомендаций. Если в процессе перемешивания будет установлена неравномерность распределения фибры по объёму смеси, то следует проверить степень рассева, правильность последовательности и равномерность введения фибры в смесь. При необходимости экстренной наладки технологического процесса (если не удаётся найти причину неравномерности распределения фибры в смеси) допускается сократить объём замеса или увеличить время перемешивания смеси с уменьшением ВЦ (снижение ОК).

7.1.12 Объём рабочих замесов при приготовлении сталефибробетонных смесей в бетоносмесителях принудительного действия (с целью исключения возможности перегрузки привода смесителя) рекомендуется снижать на 35-40% по сравнению с объёмом аналогичных замесов, назначаемых для тяжелого бетона без фибр.

Рекомендуется, степень загрузки бетоносмесителя определять опытным путём по степени использования мощности привода, постепенно увеличивая объём загрузки смесителя (начиная с 50% объёма) от замеса к замесу.

7.1.14 Операцию равномерной подачи фибр в работающий смеситель рекомендуется осуществлять с использованием, например, вибросита, устанавливаемого над бетоносмесителем. Фибры (навеску на замес) высыпают на вибросито, включением которого обеспечивают непрерывную и равномерную подачу фибр в бетоносмеситель. Работу указанных устройств желательно синхронизировать с работой бетоносмесителя и осуществлять с одного пульта.

7.1.15 Лотки для подачи фибры (фибры со щебнем), а также сухой сталефибробетонной смеси должны иметь достаточное сечение без резких сужений, углов поворота и других препятствий для прохождения указанных материалов. В процессе производства работ следует внимательно следить за чистотой подающих устройств. По окончании каждой смены или перерывах в работе необходимо производить очистку всех полостей и рабочих поверхностей механизмов.

7.1.16. Смеси сталефибробетонные не содержат токсичных веществ, действующих на кожу или органы дыхания, относятся к веществам малоопасным, четвертого класса опасности по ГОСТ 12.1.007.

### *7.2 Приготовление сталефибробетонных смесей в бетоносмесителях различных типов*

7.2.1 Смесители с вертикальной осью вращения.

7.2.1.2 Порядок подачи составляющих сталефибробетонной смеси приведён в пп. 7.1.6 – 7.1.9 настоящих Рекомендаций.

При подаче щебня непосредственно из дозатора в рабочую емкость смесителя, рекомендуется производить загрузку фибры в люк бетономешалки. Рекомендуется также использовать приёмный бункер оборудованный закреплённой на люке проволочной сеткой с ячейкой 70х70 мм (диаметр проволоки сетки 6-7 мм), с высотой бортов 35-40 см, установленный над люком. При этом следует осуществлять принудительное механическое «ворошение» фибры, это достигается:

а) закреплением проволочной сетки на пружинах с установкой небольшого вибратора, для обеспечения просыпи фибры сквозь ячейки при включении вибратора;

б) при небольших обьемах сталефибробетона ворошение фибры на сетке, для просыпи ее в смеситель, производиться небольшими грабельками вручную.

**Допускается, при исключительных обстоятельствах,** вариант подачи фибры в готовую бетонную смесь, при котором фибра подаётся во внутреннюю ёмкость после перемешивания щебня, песка, цемента и половины требуемой дозы воды затворения. После подачи фибры в смесь рассеянным потоком, перемешивания, обеспечивающего равномерность распределения фибры (время определяется при пробных замесах), производится подача остальной части воды затворения и окончательное перемешивание смеси.

7.2.1.3 При подаче компонентов смеси в смеситель с помощью скипа следует обратить особое внимание на применяемый вид БСУ (раздел 7 Рекомендаций).

**7.2.2 Смесители гравитационного типа**

7.2.2.1 Рекомендуется подачу фибры в бетоносмеситель осуществлять в соответствии с пп. 7.1.7, 7.1.8 .

7.2.2.2 Допускается производить подачу фибры совместно со щебнем с использованием транспортёра. При этом способе подачи компонентов, слой фибры должен быть наверху слоя щебня, размещённой на транспортёрной ленте.

**7.2.3 Смесители роторного типа**

7.2.3.1 Рекомендуется осуществлять подачу щебня и фибры в ёмкость смесителя с использованием транспортёра в соответствии с указаниями п.7.2.2.2, если подача компонентов производится с помощью скипа, то необходимо соблюдать порядок в соответствии с указаниями п. 7.1.7. настоящих Рекомендаций.

7.2.3.2 При подаче в ёмкость смесителя щебня и фибры следует придерживаться последовательности введения компонентов, приведённой в п. 7.1.7

**7.2.4 Смесители двухвальные** (с двумя парами параллельно расположенных в ёмкости валов, вращающихся в противоположных направлениях).

7.2.4.1 Рекомендуется осуществлять подачу компонентов смеси в ёмкость бетоносмесителя в последовательности, приведённой в пп. 7.1.7-7.1.9 настоящих Рекомендаций.

**Допускается, при исключительных обстоятельствах,** вариант подачи фибры в сталефибробетонную смесь, при котором фибра подаётся во внутреннюю ёмкость после перемешивания

щебня, песка и половины требуемой дозы воды затворения. После окончания подачи фибры рассеянным потоком, производится полное дозирование воды затворения в замес.

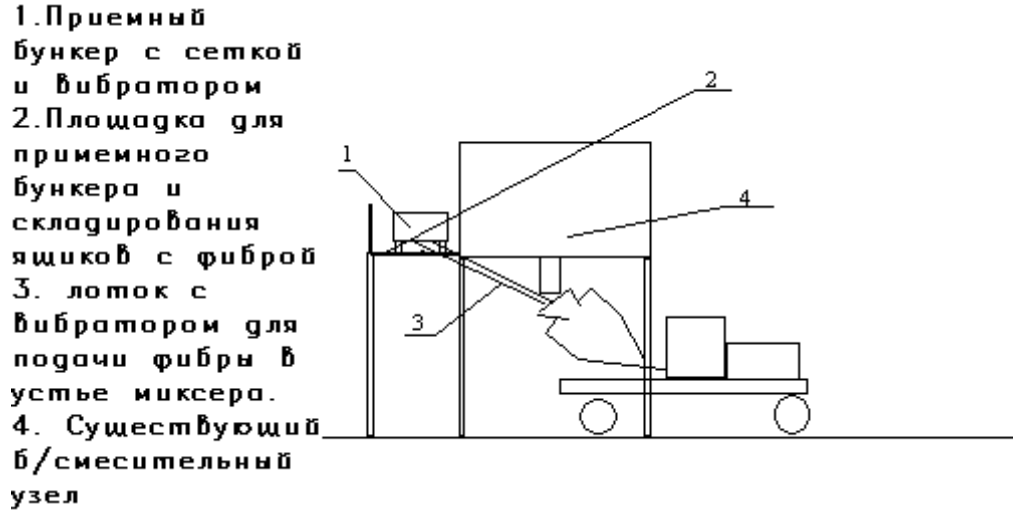
**7.2.5 Автобетоносмесители** В зависимости от условий проведения работ, расположения обьекта строительства от стационарного бетоносмесительного оборудования, наличия у исполнителя определенного парка технологических устройств и приспособлений, квалификации работников и пр. условий, рекомендуется применение следующих методов решения вопросов по приготовлению сталефибробетона с использованием автобетоносмесителей:

**А.** При наличии стационарного бетоносмесительного оборудования (СБО):

**А1.Расстояние от СБО до обьекта работ по времени транспортировки смеси автобетоносмесителем ≤ 50% от времени живучести смеси (1-1,5часа):**

**Вариант1**. СФБ-смесь приготавливается на стационарном смесителе полностью готовой к употреблению в соответствии с п.п.7.2.1.- 7.2.4. и загружается в миксер для транспортировки. ОК при этом в пункте выгрузки должна быть не менее 7-8см. Качество смеси гарантируется соблюдением техпроцесса приготовления СФБ работниками СБО. Загрузка миксера полная.

**Вариант 2.** Замес матричной смеси необходимого состава (без фибры) выгружается в миксер, вслед за ней, порцией, из расчета на этот обьем смеси, через лоток из приемного бункера с площадки, специально пристроенной к СБО(см. схему), подается фибра; циклы повторяются до загрузки в емкость миксера запланированного обьема.




Складирование г/ящиков с фиброй предусматривается на площадке в оптимальных для работы количествах (как правило, для планируемого сменного выпуска СФБ). Засыпка фибры в приемный бункер по количеству производится из расчета на весь обьем смеси, замешиваемой в загружаемом миксере; подача из приемного бункера через лоток в емкость миксера производится порциями, синхронно с выгрузками смеси в миксер из СБО по мере приготовления (включение вибратора предусмотреть с места оператора СБО); вращение емкости миксера постоянное. Если, по конструкции, длина лотка из приемного бункера не может достигать устья миксера, то можно сделать укороченный лоток, предусматривая при этом, что после подачи порции матричной смеси из СБО, автобетоновоз каждый раз, задним ходом, смещается назад, под погрузку фибры, после чего становится в исходное положение для погрузки матричной смеси. Амплитуда такого челночного движения может достигать 1,5-2м., больших проблем это не вызовет. ОК в месте выгрузки должна составлять 7-8см. Загрузка миксера полная. (Опыт ООО «Липецкстройиндустрия»)

Качество СФБ - смеси гарантируется соблюдением работниками СБО технологического процесса приготовления матричной смеси и соблюдения вышеуказанного порядка введения фибры.

**Вариант 3.** В пустой вращающийся миксер засыпается фибра из расчета потребности на обьем приготавливаемой СФБ-смеси. **Первая порция матричного бетона (в обьеме одного- 2-х замесов), выгружаемая в миксер с загруженной в него фиброй, из стационарного бетоносмесителя, должна иметь осадку конуса не более 5-6 см- это обеспечит начальные условия гарантированно-равномерного распределения фибры по всему обьему бетонной смеси.** Затем, обычным порядком, подается остальная готовая матричная (без фибры) смесь из СБО. ОК матричной смеси допускается не более 7-8см. После полной (степень загрузки миксера определяется опытным путем –при определенном износе механизмов миксера, из-за естественного увеличения жесткости смеси при подаче в матричный бетон фибры, возможна остановка груши; поэтому путем постепенного увеличения степени загрузки можно определить максимально возможное количество смеси, которое можно приготовить в данном миксере без неприятных последствий) загрузки миксера, смесь транспортируется на место производства работ. Перемешивание осуществляется в процессе транспортировки. **Категорически запрещается добавление воды в процессе транспортировки.** На месте производства работ производится

корректировка ОК до 8-10см, но не более 12см) добавлением в миксер суперпластификатора, разведенного в небольшом количестве воды (2-3л). Эта емкость должна выдаваться миксеристу и он обязан привезти ее на обьект. В случае крайней необходимости (пробки на дорогах, поломка и т.д., когда смесь загустевает и может остановить вращение груши) он может некоторое количество воды с СП из этой емкости влить в смеситель для увеличения подвижности смеси. Количество суперпластификатора не должно превышать в сумме предельной концентрации, допускаемой инструкцией. Марка суперпластификатора должна быть одинакова с той, которая применена при приготовлении матричной смеси на СБО, т.к. применение разных марок СП может привести к непредсказуемым последствиям для качества бетона. (Опыт ООО «СК «ИнтерПол», МО 16, Челябинск)

**А2. Расстояние от обьекта до СБО по времени транспортировки превышает 50% времени сохранения живучести смеси.**

**Вариант 1.** Приготовленная на СБО согласно п.п.7.2.1.-7.2.4. **сухая** СФБ-смесь загружается во вращающийся миксер, транспортируется на обьект. Во время транспортировки вращение емкости можно отключить, но в обязательном порядке, периодически (через каждые 25-30мин), подключать его для исключения чрезмерного уплотнения, которое может серьезно осложнить проворачивание емкости. Особенно это важно при плохом состоянии дороги (наличие неровностей и т.д., которые влияют на скорость процесса уплотнения). Должно быть рассчитано время до окончания пути, когда водителю нужно произвести ввод воды с добавками в миксер, чтобы по приезду на обьект СФБ-смесь перемешивание было закончено. Ввод воды с добавками производится после включения вращения груши и 3-5мин перемешивания сухой смеси. Вода в строгом соответствии с количеством ее по подобранному составу, с соответствующими добавками, загружается на СБО в емкость на бетоновозе. Необходимо определять оптимальную степень загрузки миксера сухой смесью опытным путем.

Качество СФБ-смеси гарантируется соблюдением регламента приготовления смеси работниками СБО и водителем автобетоновоза.

**Вариант 2.** Приготовленная на СБО согласно п.п. 7.2.1.-7.2.4. сухая СФБ – смесь загружается в мерную тару (с/волокнистые мешки, другие мерные, исключающие попадание влаги, емкости) и на обычной грузовой машине транспортируется к месту работ, где должен находится миксер для приготовления СФБ-смеси перед укладкой. Привезенная сухая СФБ - смесь подается (обычно с эстакады, либо с площадки строящегося обьекта) в емкость миксера в нужном количестве, после короткого перемешивания (чтобы разрушить возникшие при транспортировке плотные образования, если они имеются), подается вода с добавками. Облегчается процесс перемешивания, если перед подачей фибры подать в миксер половину потребного количества воды с добавками. Остальное количество воды подавать после ввода сухой смеси полностью. **Данный способ экономически более выгоден** ввиду сокращения затрат на автобетоновоз и резкого снижения времени на транспортировку смеси. Тем более, что перевозку смеси можно наладить несколькими машинами, а бетоновоз будет на обьекте только приготавливать смесь и выдавать ее под укладку.(Опыт ООО «Автомост-Чита»)

**Б. Приготовление СФБ-смеси на автобетоносмесителе:**

7.2.5.1 Подачу компонентов смеси во вращающуюся ёмкость бетоносмесителя рекомендуется производить в последовательности: **щебень-фибра-песок-цемент (или фибра- щебень- песок- цемент),** перемешивание, перевозка готовой смеси в сухом виде; подача воды с добавками и окончательное перемешивание на месте укладки перед выгрузкой смеси.

Продолжительность окончательного перемешивания смеси должна быть минимальной, устанавливается до производства работ пробными замесами. Количество воды с растворенными добавками должно быть установлено в соответствии с указаниями п.6 настоящих Рекомендаций при условии обеспечения беспрепятственной выгрузки сталефибробетонной смеси из автобетоносмесителя.

Дозирование воды затворения в смесь должно контролироваться с использованием водомера. Рекомендуемая подвижность смеси не должна быть меньше 7-8 см осадки стандартного конуса, т.к. смесь с меньшей ОК выгрузить достаточно сложно.

Необходимо учитывать, что СФБ-смесь при одинаковом с обычным бетоном В/Ц имеет более значительно более низкую ОК. Поэтому степень загрузки миксера нужно определять опытным путем, начиная с 60-70%, учитывать степень изношенности механизма вращения емкости (особенно с гидравлическим приводом). Это связано с тем, что при достаточном износе гидросистемы возможна остановка «груши», со всеми вытекающими из этой ситуации последствиями. Если нужно было увеличить подвижность смеси, ее удобоукладываемость, в миксер перед выгрузкой добавлялся суперпластификатор дополнительно, разведенный в очень малом количестве воды (**без увеличения В/Ц),** с обязательным дополнительным перемешиванием**.** Необходимо, чтобы СП, вводимый при приготовлении «бетона- матрицы» был одинаков по марке с тем СП, который добавляют в миксер перед выгрузкой СФБ для увеличения подвижности, т.к. нельзя гарантировать сохранения свойств СФБ, если применяются разные СП- их совместное влияние может быть непредсказуемым, т.е. может ухудшить ФМС СФБ. **Обязательно необходимо следовать инструкции по применению СП и не превышать предельную концентрацию его в подборе.**

Приготовление СФБ в миксерах с концентрацией фибры «Челябинка» до 80 кг/м3 (более 80кг/м3 эксперимент не проводился, хотя по нашему мнению, после проведения опытных замесов, можно такую технологию приготовления СФБ применять и с концентрациями фибры до

100кг/м3), СФБ на ее основе прокачивается бетононасосом, что дает основание говорить о возможности применения бетононасосов при устройстве проезжих частей мостов без вьезда миксера на пролетное строение, что в ряде случаев дает определенные выгоды в организации работы.

(Опыт ЗАО «Мостострой-9», ОАО «Дальмостострой» и др мостостроительных организаций)

7.2.5.2 **Допускаются, при исключительных обстоятельствах,** варианты подачи фибры в готовую бетонную смесь, уже загруженную в миксер. Для этого случая необходимо организовать введение фибры непосредственно у места укладки сталефибробетонной смеси.

В этом случае ввод фибры в смесительную ёмкость автобетоносмесителя можно производить

**из приспособления**, которое размещается на выходе из миксера (Приложение Г). Фибру из ящиков высыпают на сетку бункера. Сетка имеет ячейки 70х70 и выполняется из проволоки диаметром 6-8 мм. Высыпанную на сетку фибру «ворошат» грабельками на сетке, добиваясь проваливания ее сквозь ячейки на лоток и скатывания ее во внутреннюю ёмкость смесителя.

при **использовании второго типа приспособления** фибра высыпается на гибкую сетку, взявшись рукой за боковой тросик которой, можно, поднимая и опуская край сетки, добиться прохождения фибры по подставленному лотку во внутреннюю полость миксера. Это наиболее простое и надежное приспособление, быстро изготавливаемое и удобное в работе.

Необходимо отметить, что данные варианты приготовления СФБ требуют не только предварительного обучения, но и обязательных пробных затворений с контролем качества смеси и соответствующим подробным описанием приемов в Регламенте проведения работ.

Рекомендуется производить выполнение указанной операции силами двух человек. Ввод фибры следует осуществлять при вращающемся смесителе. При этом скорость вращения смесителя не должна быть более 42 об/мин. Время перемешивания сталефибробетонной смеси должно корректироваться опытным путём.

7.2.6 Техническую документацию на сталефибробетонные смеси, рекомендуется оформлять, ориентируясь на ГОСТ 7473, с указанием содержания фибры в кг на 1 $м^3$ или в % к обьему смеси и Технических условий на её производство.

7.2.7. Малые обьемы смеси для производства, например ремонтных работ, необходимо готовить в смесителях соответствующего обьема. В больших смесителях малые обьемы СФБ замешивать нецелесообразно, будут просто большие потери, добиться качества сложно из-за нерегулируемого распределения компонентов смеси по полостям, неперекрываемым рабочими органами смесителя. Совсем малые обьемы можно готовить вручную в соответствущих емкостях, причем во всех случаях порядок подачи компонентов неизменен и должен соответствовать п.7.1.7.

**Приложение №3**

Арочные конструкции мостов. Расчеты.

| **Расчет крайних фундаментов арочных мостов пролетом 6.0м** **(поперечное сечение – 1м)** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ширина фундамента и геометрические характеристики | | Вертикальные усилия (напряжения) | Высота насыпи/высота засыпки | | | | e |
| | | | 3,50 | 4,50 | 5,50 | 6,50 | |
| | | | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0,8 | A, м2 | Реакция арки, т | 30,20 | 34,53 | 38,86 | 43,20 | 0,00 |
| | 0,8 | Вес фундамента, т | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | |
| | | Грунт на уступе со стороны насыпи, т | 2,80 | 3,60 | 4,40 | 5,20 | |
| | | Грунт на уступе со стороны пролета, т | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | | Напряжение от насыпи подхода $p_н1$, т/м2 | 3,15 | 4,05 | 4,95 | 5,85 | |
| | W, м3 | Напряжение от насыпи подхода $p_н2$, т/м2 | 0,70 | 0,90 | 1,10 | 1,30 | |
| | 0,107 | **Расчетные напряжения по подошве фундамента** | | | | | |
| | | Со стороны насыпи - p1, т/м2 | **50,40** | **59,21** | **68,03** | **76,85** | |
| | | Середина подошвы - p, т/м2 | **43,93** | **50,89** | **57,85** | **64,83** | |
| | | Со стороны пролета - p2, т/м2 | **37,45** | **42,56** | **47,68** | **52,80** | |
| 1,2 | A, м2 | Реакция арки, т | 30,20 | 34,53 | 38,86 | 43,20 | 0,05 |
| | 1,2 | Вес фундамента, т | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | |
| | | Грунт на уступе со стороны насыпи, т | 4,55 | 5,85 | 7,15 | 8,45 | |
| | | Грунт на уступе со стороны пролета, т | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | |
| | | Напряжение от насыпи подхода $p_н1$, т/м2 | 3,15 | 4,05 | 4,95 | 5,85 | |
| | W, м3 | Напряжение от насыпи подхода $p_н2$, т/м2 | 0,70 | 0,90 | 1,10 | 1,30 | |
| | 0,240 | **Расчетные напряжения по подошве фундамента** | | | | | |
| | | Со стороны насыпи - p1, т/м2 | **31,98** | **38,16** | **44,34** | **50,52** | |
| | | Середина подошвы - p, т/м2 | **31,98** | **37,23** | **42,47** | **47,72** | |
| | | Со стороны пролета - p2, т/м2 | **31,99** | **36,29** | **40,59** | **44,91** | |
| 1,5 | A, м2 | Реакция арки, т | 30,20 | 34,53 | 38,86 | 43,20 | 0,075 |
| | 1,5 | Вес фундамента, т | 1,35 | 1,35 | 1,35 | 1,35 | |
| | | Грунт на уступе со стороны насыпи, т | 5,78 | 7,43 | 9,08 | 10,73 | |
| | | Грунт на уступе со стороны пролета, т | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | |
| | | Напряжение от насыпи подхода $p_н1$, т/м2 | 3,15 | 4,05 | 4,95 | 5,85 | |
| | W, м3 | Напряжение от насыпи подхода $p_н2$, т/м2 | 0,70 | 0,90 | 1,10 | 1,30 | |
| | 0,375 | **Расчетные напряжения по подошве фундамента** | | | | | |
| | | Со стороны насыпи - p1, т/м2 | **27,12** | **32,63** | **38,13** | **43,64** | |
| | | Середина подошвы - p, т/м2 | **26,95** | **31,49** | **36,02** | **40,57** | |
| | | Со стороны пролета - p2, т/м2 | **26,78** | **30,34** | **33,91** | **37,49** | |
| 2 | A, м2 | Реакция арки, т | 30,20 | 34,53 | 38,86 | 43,20 | 0,15 |
| | 2 | Вес фундамента, т | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | |
| | | Грунт на уступе со стороны насыпи, т | 8,05 | 10,35 | 12,65 | 14,95 | |
| | | Грунт на уступе со стороны пролета, т | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | |
| | | Напряжение от насыпи подхода $p_н1$, т/м2 | 3,15 | 4,05 | 4,95 | 5,85 | |
| | W, м3 | Напряжение от насыпи подхода $p_н2$, т/м2 | 0,70 | 0,90 | 1,10 | 1,30 | |
| | 0,667 | **Расчетные напряжения по подошве фундамента** | | | | | |
| | | Со стороны насыпи - p1, т/м2 | **21,32** | **26,03** | **30,74** | **35,45** | |
| | | Середина подошвы - p, т/м2 | **22,03** | **25,90** | **29,76** | **33,63** | |
| | | Со стороны пролета - p2, т/м2 | **22,74** | **25,76** | **28,78** | **31,81** | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,5 | A, м2 | Реакция арки, т | 30,20 | 34,53 | 38,86 | 43,20 | 0,20 |
| | 2,5 | Вес фундамента, т | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | |
| | | Грунт на уступе со стороны насыпи, т | 10,15 | 13,05 | 15,95 | 18,85 | |
| | | Грунт на уступе со стороны пролета, т | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | |
| | | Напряжение от насыпи подхода $p_н1$, т/м2 | 3,15 | 4,05 | 4,95 | 5,85 | |
| | W, м3 | Напряжение от насыпи подхода $p_н2$, т/м2 | 0,70 | 0,90 | 1,10 | 1,30 | |
| | 1,042 | **Расчетные напряжения по подошве фундамента** | | | | | |
| | | Со стороны насыпи - p1, т/м2 | **19,25** | **23,67** | **28,09** | **32,51** | |
| | | Середина подошвы - p, т/м2 | **19,01** | **22,45** | **25,89** | **29,34** | |
| | | Со стороны пролета - p2, т/м2 | **18,77** | **21,23** | **23,70** | **26,16** | |
| 3 | A, м2 | Реакция арки, т | 30,20 | 34,53 | 38,86 | 43,20 | 0,30 |
| | 3 | Вес фундамента, т | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 2,10 | |
| | | Грунт на уступе со стороны насыпи, т | 12,60 | 16,20 | 19,80 | 23,40 | |
| | | Грунт на уступе со стороны пролета, т | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | |
| | | Напряжение от насыпи подхода $p_н1$, т/м2 | 3,15 | 4,05 | 4,95 | 5,85 | |
| | W, м3 | Напряжение от насыпи подхода $p_н2$, т/м2 | 0,70 | 0,90 | 1,10 | 1,30 | |
| | 1,500 | **Расчетные напряжения по подошве фундамента** | | | | | |
| | | Со стороны насыпи - p1, т/м2 | **17,01** | **21,12** | **25,24** | **29,36** | |
| | | Середина подошвы - p, т/м2 | **17,11** | **20,31** | **23,50** | **26,70** | |
| | | Со стороны пролета - p2, т/м2 | **17,22** | **19,49** | **21,76** | **24,03** | |

e – смещение оси фундаментной плиты относительно середины фундаментного блока в сторону насыпи

# Расчет средних фундаментов арочных мостов пролетом 6.0м

**(поперечное сечение – 1м)**

| Ширина фундамента и геометрические характеристики | | Вертикальные усилия (напряжения) | Высота насыпи/высота засыпки | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 3,50 | 4,50 | 5,50 | 6,50 |
| | | | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1,6 | А, м2 | Реакция арки слева, т | 30,20 | 34,53 | 38,86 | 43,20 |
| | 1,6 | Реакция арки справа, т | 13,80 | 19,33 | 24,86 | 30,40 |
| | | Вес фундамента, т | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 |
| | | Грунт на фундаменте, т | 5,25 | 6,75 | 8,25 | 9,75 |
| | | | | | | |
| | W, м3 | | | | | |
| | 0,427 | Расчетные напряжения по подошве фундамента | | | | |
| | | Со стороны левого пролета - р1, т/м2 | **50,81** | **56,51** | **62,20** | **67,91** |
| | | Середина подошвы - р, т/м2 | **31,59** | **38,69** | **45,79** | **52,91** |
| | | Со стороны правого пролета - р2, т/м2 | **12,38** | **20,88** | **29,39** | **37,91** |
| 2 | А, м2 | Реакция арки слева, т | 30,20 | 34,53 | 38,86 | 43,20 |
| | 2 | Реакция арки справа, т | 13,80 | 19,33 | 24,86 | 30,40 |
| | | Вес фундамента, т | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 2,30 |
| | | Грунт на фундаменте, т | 5,25 | 6,75 | 8,25 | 9,75 |
| | | | | | | |
| | W, м3 | | | | | |
| | 0,667 | Расчетные напряжения по подошве фундамента | | | | |
| | | Со стороны левого пролета - р1, т/м2 | **38,08** | **42,86** | **47,64** | **52,43** |
| | | Середина подошвы - р, т/м2 | **25,78** | **31,46** | **37,14** | **42,83** |
| | | Со стороны правого пролета - р2, т/м2 | **13,48** | **20,06** | **26,64** | **33,23** |
| 2,5 | А, м2 | Реакция арки слева, т | 30,20 | 34,53 | 38,86 | 43,20 |
| | 2,5 | Реакция арки справа, т | 13,80 | 19,33 | 24,86 | 30,40 |
| | | Вес фундамента, т | 2,55 | 2,55 | 2,55 | 2,55 |
| | | Грунт на фундаменте, т | 5,25 | 6,75 | 8,25 | 9,75 |
| | | | | | | |
| | W, м3 | | | | | |
| | 1,042 | Расчетные напряжения по подошве фундамента | | | | |
| | | Со стороны левого пролета - р1, т/м2 | **28,59** | **32,56** | **36,53** | **40,50** |
| | | Середина подошвы - р, т/м2 | **20,72** | **25,26** | **29,81** | **34,36** |
| | | Со стороны правого пролета - р2, т/м2 | **12,85** | **17,97** | **23,09** | **28,22** |
| 3 | А, м2 | Реакция арки слева, т | 30,20 | 34,53 | 38,86 | 43,20 |
| | 3 | Реакция арки справа, т | 13,80 | 19,33 | 24,86 | 30,40 |
| | | Вес фундамента, т | 2,80 | 2,80 | 2,80 | 2,80 |
| | | Грунт на фундаменте, т | 5,25 | 6,75 | 8,25 | 9,75 |
| | | | | | | |
| | W, м3 | | | | | |
| | 1,500 | Расчетные напряжения по подошве фундамента | | | | |
| | | Со стороны левого пролета - р1, т/м2 | **22,82** | **26,20** | **29,59** | **32,98** |
| | | Середина подошвы - р, т/м2 | **17,35** | **21,14** | **24,92** | **28,72** |
| | | Со стороны правого пролета - р2, т/м2 | **11,88** | **16,07** | **20,26** | **24,45** |

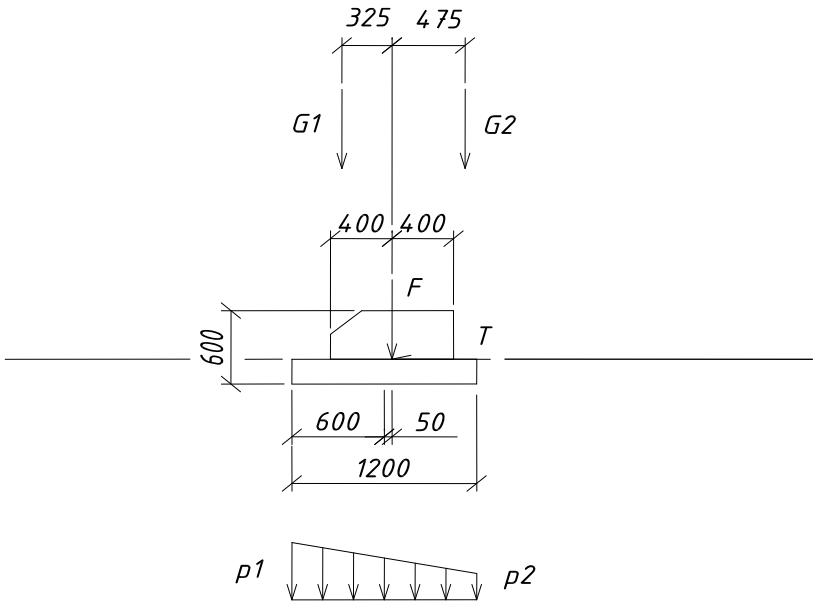
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3,5 | A, м2 | Реакция арки слева, т | 30,20 | 34,53 | 38,86 | 43,20 |
| | 3,5 | Реакция арки справа, т | 13,80 | 19,33 | 24,86 | 30,40 |
| | | Вес фундамента, т | 3,05 | 3,05 | 3,05 | 3,05 |
| | | Грунт на фундаменте, т | 5,25 | 6,75 | 8,25 | 9,75 |
| | | | | | | |
| | W, м3 | | | | | |
| | 2,042 | Расчетные напряжения по подошве фундамента | | | | |
| | | Со стороны левого пролета - p1, т/м2 | **18,96** | **21,91** | **24,86** | **27,82** |
| | | Середина подошвы - p, т/м2 | **14,94** | **18,19** | **21,43** | **24,69** |
| | | Со стороны правого пролета - p2, т/м2 | **10,93** | **14,47** | **18,01** | **21,55** |
| 4 | A, м2 | Реакция арки слева, т | 30,20 | 34,53 | 38,86 | 43,20 |
| | 4 | Реакция арки справа, т | 13,80 | 19,33 | 24,86 | 30,40 |
| | | Вес фундамента, т | 3,30 | 3,30 | 3,30 | 3,30 |
| | | Грунт на фундаменте, т | 5,25 | 6,75 | 8,25 | 9,75 |
| | | | | | | |
| | W, м3 | | | | | |
| | 2,667 | Расчетные напряжения по подошве фундамента | | | | |
| | | Со стороны левого пролета - p1, т/м2 | **16,21** | **18,83** | **21,44** | **24,06** |
| | | Середина подошвы - p, т/м2 | **13,14** | **15,98** | **18,82** | **21,66** |
| | | Со стороны правого пролета - p2, т/м2 | **10,06** | **13,13** | **16,19** | **19,26** |

| Расчет крайних фундаментов арочных мостов пролетом 6.0м на сдвиг при коэффициенте трения 0.5 (щебеночное основание) **(поперечное сечение – 1м)** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ширина фундамента | Высота фундамента | Усилия | Высота насыпи/высота засыпки | | | |
| | | | 3,50 | 4,50 | 5,50 | 6,50 |
| | | | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0,8 | 0,6 | Вертикальная сила,т | 35,14 | 40,71 | 46,28 | 51,86 |
| | | Горизонтальная сила,т | 13,30 | 14,43 | 15,56 | 16,70 |
| | | | | | | |
| | | Сила трения по подошве,т | 17,57 | 20,36 | 23,14 | 25,93 |
| | | Сила отпора грунта по торцу фундамента,т | 11,31 | 14,55 | 17,78 | 21,01 |
| | | | | | | |
| | | Суммарная удерживающая сила,т | 28,88 | 34,90 | 40,92 | 46,94 |
| | | | | | | |
| | | Коэффициент запаса | **2,17** | **2,42** | **2,63** | **2,81** |
| 1,2 | 0,6 | Вертикальная сила,т | 38,38 | 44,67 | 50,96 | 57,26 |
| | | Горизонтальная сила,т | 13,30 | 14,43 | 15,56 | 16,70 |
| | | | | | | |
| | | Сила трения по подошве,т | 19,19 | 22,34 | 25,48 | 28,63 |
| | | Сила отпора грунта по торцу фундамента,т | 11,31 | 14,55 | 17,78 | 21,01 |
| | | | | | | |
| | | Суммарная удерживающая сила,т | 30,50 | 36,88 | 43,26 | 49,64 |
| | | | | | | |
| | | Коэффициент запаса | **2,29** | **2,56** | **2,78** | **2,97** |
| 1,5 | 0,6 | Вертикальная сила,т | 40,42 | 47,23 | 54,03 | 60,85 |
| | | Горизонтальная сила,т | 13,30 | 14,43 | 15,56 | 16,70 |
| | | | | | | |
| | | Сила трения по подошве,т | 20,21 | 23,61 | 27,02 | 30,42 |
| | | Сила отпора грунта по торцу фундамента,т | 11,31 | 14,55 | 17,78 | 21,01 |
| | | | | | | |
| | | Суммарная удерживающая сила,т | 31,52 | 38,16 | 44,79 | 51,43 |
| | | | | | | |
| | | Коэффициент запаса | **2,37** | **2,64** | **2,88** | **3,08** |
| 2,0 | 0,6 | Вертикальная сила,т | 44,06 | 51,79 | 59,52 | 67,26 |
| | | Горизонтальная сила,т | 13,30 | 14,43 | 15,56 | 16,70 |
| | | | | | | |
| | | Сила трения по подошве,т | 22,03 | 25,90 | 29,76 | 33,63 |
| | | Сила отпора грунта по торцу фундамента,т | 11,31 | 14,55 | 17,78 | 21,01 |
| | | | | | | |
| | | Суммарная удерживающая сила,т | 33,34 | 40,44 | 47,54 | 54,64 |
| | | | | | | |
| | | Коэффициент запаса | **2,51** | **2,80** | **3,06** | **3,27** |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,5 | 0,6 | Вертикальная сила,т | 47,52 | 56,13 | 64,73 | 73,35 |
| | | Горизонтальная сила,т | 13,30 | 14,43 | 15,56 | 16,70 |
| | | | | | | |
| | | Сила трения по подошве,т | 23,76 | 28,06 | 32,37 | 36,67 |
| | | Сила отпора грунта по торцу фундамента,т | 11,31 | 14,55 | 17,78 | 21,01 |
| | | | | | | |
| | | Суммарная удерживающая сила,т | 35,07 | 42,61 | 50,14 | 57,68 |
| | | | | | | |
| | | Коэффициент запаса | **2,64** | **2,95** | **3,22** | **3,45** |
| 3,0 | 0,6 | Вертикальная сила,т | 51,34 | 60,92 | 70,50 | 80,09 |
| | | Горизонтальная сила,т | 13,30 | 14,43 | 15,56 | 16,70 |
| | | | | | | |
| | | Сила трения по подошве,т | 25,67 | 30,46 | 35,25 | 40,04 |
| | | Сила отпора грунта по торцу фундамента,т | 11,31 | 14,55 | 17,78 | 21,01 |
| | | | | | | |
| | | Суммарная удерживающая сила,т | 36,98 | 45,00 | 53,03 | 61,05 |
| | | | | | | |
| | | Коэффициент запаса | **2,78** | **3,12** | **3,41** | **3,66** |

**Расчет крайнего фундамента арочного моста пролетом 6.0 м при высоте засыпки 1,0м**.
(высота насыпи h=3.5м, расчет дан на 1пм поперечного сечения моста)

1. Расчетная схема фундамента




2. Нагрузки действующие на фундамент

F = 30.2 т – вертикальная реакция арки
T = 13.3 т – горизонтальная реакция арки

G1 = b1* $\gamma$ * h = 0.65*2.0*3.5 = 4.55т – вес грунта на уступе фундамента со стороны насыпи

G2 = b2* $\gamma$ * h = 0.15*2.0*0.4 = 0.12т – вес грунта на уступе фундамента со стороны пролета

P = 1.2 т – собственный вес фундамента

p1 = 0.45 * $\gamma$ * h = 0.45*2.0*3.5 = 3.15 т/м2 – добавочное напряжение под подошвой фундамента со стороны насыпи от веса примыкающей насыпи *)

p2 = 0.1 * $\gamma$ * h = 0.1*2.0*3.5 = 0.70 т/м2 – добавочное напряжение под подошвой фундамента со стороны пролета от веса примыкающей насыпи *)

3. Геометрические характеристики фундамента

A = b*l = 1.2*1.0 = 1.2 м2 – площадь подошвы фундамента
W = l * $b^2$ / 6 = 1.0 * $1.2^2$ / 6 = 0.24 м3 – момент сопротивления фундамента

4. Суммарные усилия действующие по подошве фундамента

$\Sigma$F = F + G1 + G2 + P = 30.2 + 4.55 + 0.12 + 1.20 = 36.07т – суммарная вертикальная сила

$\Sigma$M = F * 0.05 - G1 * 0.275 + G2*0.525 = 30.2 * 0.05 – 4.55 * 0.275 + 0.12 * 0.525 =
= 0.32 т*м – момент по подошве фундамента

5. Напряжения по подошве фундамента без учета влияния примыкающей насыпи.

$\sigma_1$ = F/A – M/W = 36.07 / 1.2 – 0.32 / 0.24 = 28.73 т/м2 – со стороны насыпи

$\sigma_2$ = F/A + M/W = 36.07 / 1.2 + 0.32 / 0.24 = 31.39 т/м2 – со стороны пролета

5. Напряжения по подошве фундамента с учетом влияния примыкающей насыпи.

$\sigma_1$ = 28.73 + p1 = 28.73 + 3.15 = 31.88 т/м2 – со стороны насыпи

$\sigma_2$ = 31.39 + p2 = 31.39 + 0.70 = 32.09 т/м2 – со стороны пролета

$\sigma$ = (31.88+32.09)/2 = 31.98 т/м2 – среднее напряжение по подошве фундамента

* Примечание добавочные напряжения по подошве фундамента от веса примыкающей насыпи определены согласно приложению 27 СНиП 2.05.03-84*

## *Мостовой переход через реку Сырая Кирзя на ПК 0 + 30*

**Основания и фундаменты.**

Для мостового перехода разработаны фундаменты мелкого заложения на подушке из щебенистого грунта. Ширина подошвы крайних фундаментов 1.2м, промежуточного 2.5м. Глубина заложения фундаментов 0.6м. Расчетные максимальные краевые напряжения под подошвой крайних фундаментов 3.1 кг/см2, под подошвой среднего фундамента кг/см2. Расчетные средние напряжения под подошвой крайних фундаментов 3.1 кг/см2, под подошвой среднего фундамента кг/см2. Подстилающим слоем основания щебеночной подушки являются щебенистые грунты с условным расчетным сопротивлением Ro = 6.0 кг/см2. Щебеночная подушка под фундаменты моста устраивается для ликвидации слоя малопрочных пучинистых суглинистых грунтов до кровли щебенистых грунтов. Ориентировочная толщина щебеночной подушки от подошвы фундамента 2.25м. Отсыпку щебеночной подушки следует выполнять слоями не более 0.5м с послойным уплотнением, коэффициент уплотнения не менее 0.95.

Фундаменты моста запроектированы из сборного железобетона класса B25, F300, W6. Конструкция фундаментов (длина секции поперек моста – 2.00м) состоит из верхнего фундаментного блока и нижней фундаментной плиты. Фундаментный блок устанавливается на фундаментную плиту через слой ц/песчаного раствора М-50, толщиной 2см. Элементы фундамента (блок и плита) объединяются путем сварки через закладные детали. Металлические элементы объединения защищаются от коррозии путем омоноличивания бетоном класса B15. Стыки фундаментов шириной 3см, совпадающие со стыками элементов арок заполняются ц/песчаным раствором М-50. Смещение стыков фундаментов с продольными стыками арок не допускаются.

Так как глубина заложения фундаментов составляет всего 0.6м, они должны быть надежно защищены от размыва укреплением русла. Укрепление русла должно быть долговечным и рассчитанным на максимальные подмостовые скорости руслового потока. В процессе эксплуатации мостового перехода необходим постоянный контроль за состоянием укрепления русла.

## *Мостовой переход через реку Сырая Кирзя на ПК 21 + 34*

**Основания и фундаменты.**

Для мостового перехода разработаны фундаменты мелкого заложения на подушке из щебенистого грунта. Ширина подошвы крайних фундаментов 1.2м, промежуточного 2.5м. Глубина заложения фундаментов 0.6м. Расчетные максимальные краевые напряжения под подошвой крайних фундаментов 3.1 кг/см2, под подошвой среднего фундамента кг/см2. Расчетные средние напряжения под подошвой крайних фундаментов 3.1 кг/см2, под подошвой среднего фундамента кг/см2. Подстилающим слоем основания щебеночной подушки является суглинок тугопластичный с содержанием щебня до 50% с условным расчетным сопротивлением Ro = 2.5 кг/см2. Щебеночная подушка под фундаменты моста устраивается для ликвидации слоя малопрочных пучинистых глинистых грунтов. Ориентировочная толщина щебеночной подушки от подошвы фундамента 1.85м. Отсыпку щебеночной подушки следует выполнять слоями не более 0.5м с послойным уплотнением, коэффициент уплотнения не менее 0.95.

Фундаменты моста запроектированы из сборного железобетона класса B25, F300, W6. Конструкция фундаментов (длина секции поперек моста – 2.00м) состоит из верхнего фундаментного блока и нижней фундаментной плиты. Фундаментный блок устанавливается на фундаментную плиту через слой ц/песчаного раствора М-50, толщиной 2см. Элементы фундамента (блок и плита) объединяются путем сварки через закладные детали. Металлические элементы объединения защищаются от коррозии путем омоноличивания бетоном класса B15. Стыки фундаментов шириной 3см, совпадающие со стыками элементов арок заполняются ц/песчаным раствором М-50. Смещение стыков фундаментов с продольными стыками арок не допускаются.

Так как глубина заложения фундаментов составляет всего 0.6м, они должны быть надежно защищены от размыва укреплением русла. Укрепление русла должно быть долговечным и рассчитанным на максимальные подмостовые скорости руслового потока. В процессе эксплуатации мостового перехода необходим постоянный контроль за состоянием укрепления русла.

## *Мостовой переход через реку Сырая Кирзя на ПК 89 + 85*

**Основания и фундаменты**.

Для мостового перехода разработаны фундаменты мелкого заложения на подушке из щебенистого грунта. Ширина подошвы фундаментов 1.2м. Глубина заложения фундаментов 0.6м. Расчетные максимальные краевые напряжения под подошвой фундаментов 3.1 кг/см2. Расчетные средние напряжения под подошвой фундаментов 3.1 кг/см2. Подстилающим слоем основания щебеночной подушки является щебенистый грунт с содержанием глыб до 10% и суглинистым заполнителем до 50% с условным расчетным сопротивлением Ro = 5.0 кг/см2. Щебеночная подушка под фундаменты моста устраивается на глубину промерзания для ликвидации пучинистых грунтов. Ориентировочная толщина щебеночной подушки от подошвы фундамента 1.40м. Отсыпку щебеночной подушки следует выполнять слоями не более 0.5м с послойным уплотнением, коэффициент уплотнения не менее 0.95.

Фундаменты моста запроектированы из сборного железобетона класса В25, F300, W6. Конструкция фундаментов (длина секции поперек моста – 2.00м) состоит из верхнего фундаментного блока и нижней фундаментной плиты. Фундаментный блок устанавливается на фундаментную плиту через слой ц/песчаного раствора М-50, толщиной 2см. Элементы фундамента (блок и плита) объединяются путем сварки через закладные детали. Металлические элементы объединения защищаются от коррозии путем омоноличивания бетоном класса В15. Стыки фундаментов шириной 3см, совпадающие со стыками элементов арок заполняются ц/песчаным раствором М-50. Смещение стыков фундаментов с продольными стыками арок не допускаются.

Так как глубина заложения фундаментов составляет всего 0.6м, они должны быть надежно защищены от размыва укреплением русла. Укрепление русла должно быть долговечным и рассчитанным на максимальные подмостовые скорости руслового потока. В процессе эксплуатации мостового перехода необходим постоянный контроль за состоянием укрепления русла.

**При необходимости, мы можем выслать чертежи фундаментов, свяжитесь с нами.**

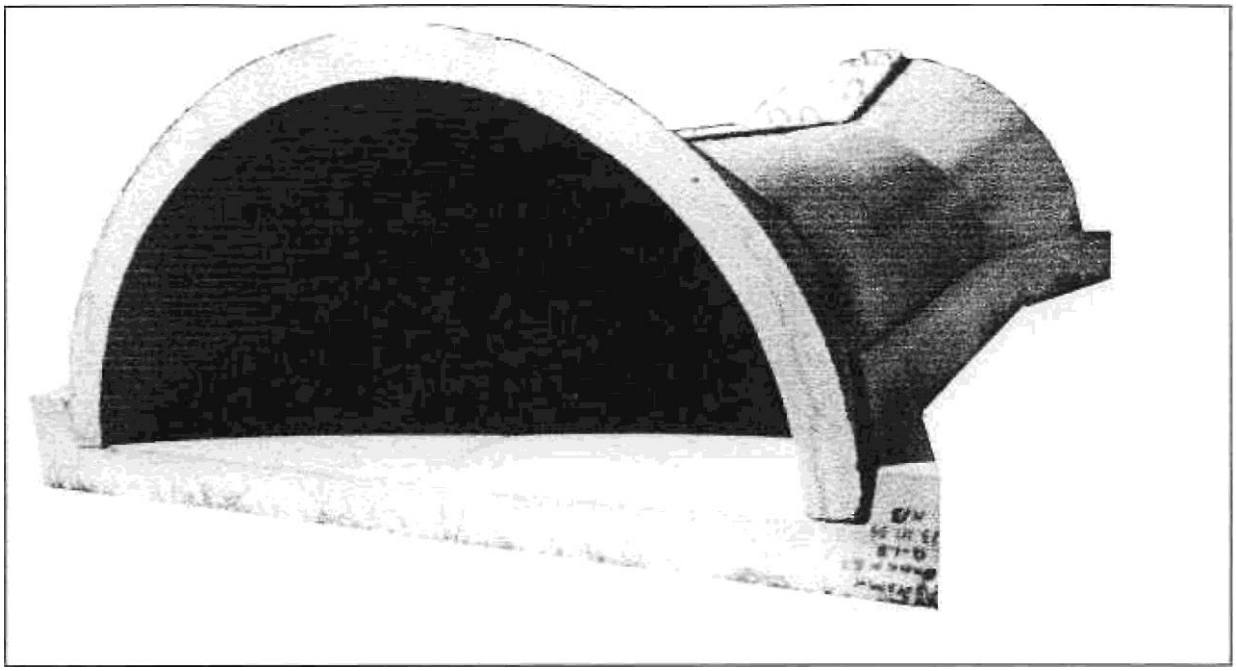
**Приложение №4**
**Сборные ж/б трубы из полуколец, радиусом 0,75; 1; 1,25м.**

Сборные железобетонные водопропускные трубы из полуколец, радиусом 0,75 м; 1,00 м; 1,25 м. Используются при высоте насыпи до 8 метров включительно. B25; F300; W6. Соотношение подпора перед трубой и расхода при обтекаемых оголовках в безнапорном режиме:

| Радиус трубы, м | H / P = 0,75 | | H / P = 1,00 | | H / P = 1,3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | H(м) | Q(м) | H(м) | Q(м) | H(м) | Q(м) |
| 0,75 | 0,56 | 0,8 | 0,75 | 1,3 | 0,98 | 2,0 |
| 1,0 | 0,75 | 1,8 | 1,0 | 3,0 | 1,3 | 4,0 |
| 1,25 | 0,94 | 3,5 | 1,25 | 5,0 | 1,63 | 7,0 |

Проект 57-368, ТУ 5853-002-05210268-99.

Блоки конического полукольца
для оголовков № 82, 86 под радиусы
соответствующие R-1,0; R-0,75м
Предназначены для строительства водопропускных труб под автомобильные дороги с расчетной нагрузкой А11 и НК80.



# Характеристика изделий

| Марка звена | Габаритные Размеры | | | Толщина стенки мм | Объем Бетона мЗ | Масса тн | Область применения по высоте насыпи |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | длина | Наружи. Размер | Внутрен размер | | | | |
| Коническое звено №82 | 1500 | 3120/ 2320 | 2800/ 2000 | 160 | 0,96 | 2,4 | До 8 м включительно |
| Коническое звено №86 | 1500 | 2580/ 2300 | 1780/ 1500 | 140 | 0,67 | 1,7 | До 8 м включительно |

Класс бетона В25
Морозостойкость
Изделия соответствуют техническим требованиям проекта 57-368
и
ТУ 5853-002-05210268-99
Изготовитель: Новоалтайский завод мостовых конструкций
Адрес: 658040 г. Новоалтайск, ул. Дорожная, 4
Телефон 8-385-32-299-48 Факс 8-385-32-218-34

**Блоки полукольца радиусом 1,0 м.; 0,75м.;1,25м.**
**Предназначены для строительства водопропускных труб**
**под автомобильными дорогами.**

**С расчетными нагрузками All и НК80**

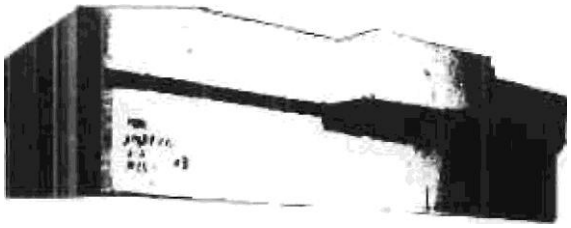
Характеристика изделий

| Марка Звена | Габаритные размеры | | | Толщина стенки стенки, мм | Объем Бетона, мЗ | Масса, Тн | Область применения по высоте насыпи |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | длина | Наружн. Размер | Внутрн. размер | | | | |
| Бл 80 | 1500 | 2320 | 2000 | 160 | 0,82 | 2,05 | До 8м включительно |
| Бл 84 | 1500 | 1780 | 1500 | 140 | 0,54 | 1,35 | До 8м включительно |
| Бл 88 | 1500 | 2940 | 2500 | 220 | 1,41 | 3,53 | До 8м включительно |

Класс бетона В25
Морозостойкость F300
Изделия соответствуют техническим требованиям проекта 57-368 и ТУ 5853-002-05210268-99

**Сборные железобетонные прямоугольные водопропускные трубы из плитных элементов**

Трубы выполняются из плоских плитных элементов длиной 3м соединяемых в блоки посредством сухих монтажных стыков
Временная транспортная нагрузка НК-80



**Характеристика изделия**

Маркаизделия ЛП 3х2,5 2х2,5
ПП
ОП
Габаритные размеры, мм
Длина - 3000 3000
Ширина - 3000 3000
Высота - 2500 3000

Объем бетона, мЗ 9,12
Класс бетона В30 В30

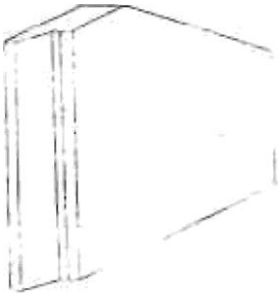
Морозостойкость F300
Масса, кг 22,8 18,3

**Откосные крылья оголовков прямоугольных водопропускных труб**
**по типовому проекту серии 3.501-104 (инв.№1072/3)**

Предназначены для строительства прямоугольных водопропускных труб под насыпи железных и автомобильных
дорог и являются элементом оформления входных и выходных оголовков прямоугольных труб.

**Характеристика изделий**

| Марка изделия | длина | высота | толщина | Объем бегона, мЗ | Масса тн. |
|---|---|---|---|---|---|
| Блок 58 лев | 2770 | 4150 | 300 | 2,59 | 6,5 |
| Блок 58прав | 2770 | 4150 | 300 | 2,59 | 6,5 |
| Блок 59 лев | 1750 | 2790 | 300 | 1,13 | 2,8 |
| Блок 59 прав | 1750 | 2790 | 300 | 1,13 | 2,8 |



Класс бетона: В15

**Морозостойкость:** F200-300

Изделия соотвегсгвует требованиям типового проекта серии 3.501.-104 (инв.№1072/3), ГОСТ 24547-81

## 1. Водопропускные трубы из полуколец под автомобильные дороги пр. 57-368 ТУ 5853-002-05210268-99

Водопропускные трубы из полуколец под автомобильные дороги изготавливаются по рабочим чертежам, разработанным отделом комплексного проектирования института «Гидропроект» г. Братск-1983г., пр.57-368 ТУ 5853-002-05210268-99 откорректирован Б.О. «Гидропроект» г. Братск - 1990г., в 1998 году данный проект был откорректирован ОАО «Гипродорнии» Барнаульского филиала.

Конструкции водопропускных труб из полуколец радиусом 0,75м, 1м, 1,25м имеют следующие преимущества перед обычными круглыми с аналогичной пропускной способностью:

1) значительно снижают требующую высоту насыпи над трубами, благодаря этому появляется возможность более свободно маневрировать высотой насыпи при проектировании профиля на дорогах;

2) сокращают объем работ с применением монолитного бетона, кроме того, отпадает необходимость в установке лекальных блоков, портальных стенок, откосных крыльев, следовательно, снижаются затраты железобетона на 25-40%;

3) упрощают монтаж оголовков и технологию гидроизоляции тела трубы и швов между звеньями, повышается качество уплотнения грунта насыпи из-за отсутствия труднодоступности для механизмов зоны ниже диаметра;

4) обладают значительными преимуществами при комплектации, складировании и, особенно, при перевозках из-за меньшего объема и возможности полностью использовать грузоподъемность вагонов, автомобилей и других транспортных средств;

5) дают возможность использовать с незначительными доработками оснастку и существующую технологию изготовления звеньев труб на заводе;

6) водопрпускные трубы из полуколец имеют лучшие эксплуатационные характеристики при борьбе с возможными наледообразованиями;

7) монтаж дорожных труб из полуколец, при необходимости, может быть выполнен и круглого сечения; крепление полуколец выполняется сваркой двух закладных деталей в основании каждого полукольца, при этом для герметизации продольного стыка на основании нижнего полукольца наносится тонкий слой цементного раствора.

Заводом в 1999 году были разработаны и утверждены технические условия ТУ 5853-002-05210268-99 «Звенья водопропускных труб из сборных железобетонных полуколец под насыпи автомобильных дорог».

В настоящий момент завод имеет оснастку и выпускает все виды перечисленных в проекте конструкций.

Все блоки подразделяются на три типа:

- полукольца;
- конические полукольца для оголовков;

- фундаментные плиты, которые одновременно служат лотком трубы.

Длина всех блоков принята 1,5 м. Толщина полуколец и фундаментных плит также унифицированы и приняты для расчетной высоты насыпи в 8 метров. И являются постоянными для всех отверстий труб радиусом 0,75м, 1,0м, 1,25м.

Все блоки труб изготавливаются из тяжелого бетона класса прочности на сжатие В-25, по морозостойкости F-300, по водонепроницаемости W-6.

В качестве рабочей арматуры применяется арматура класса А-Ш марки 25Г2С. Распределительная арматура класса А-1 марки ВстЗ сп2 по ГОСТ 5781-82.

В июне 1999 года на выставке «Автосиб-99» в номинации «Дороги XXI века» конкурса золотой медали Сибирской ярмарки за разработку и внедрение высокотехнологичных конструкций ж/бетонных сферических водопропускных труб завод был награжден дипломом.

В октябре 1999 года на выставке «Сибирь - Экспорт - Импорт» в номинации транспортные системы третьего тысячелетия был награжден малой золотой медалью за внедрения высокотехнологичных конструкций железобетонных сферических водопропускных труб.

Выпускаемые заводом трубы из полуколец применяются практически во всех районах Алтайского края, Новосибирской области, республики Атай, использовались при строительстве дороги «Алтай-Кузбасс».

## 2. Пояснительная записка

### 2.1 Введение

Типовые проектные решения конструкций дорожных водопропускных труб из сборных железобетонных полуколец разработаны на основании задания Минэнерго СССР по выполнению темы № 1330/14 науки и техники на 1.981- 1983 г.г. в соответствии с гидравлическими исследованиями и авторским свидетельством за № 690114, выполненными в Сибирском автомобильно дорожном институте /г. Омск/. Типовые проектные решения откорректированы ОАО ГипродорНИИ. Барнаульским филиалом на основании задания ГП «Алтайавтодор» № ОПСД/65 от 10.02.98 г. в связи с вводом в действие новых нормативных документов. Дополнительно разработаны конструкции укрепления труб. Предназначено для использования при изготовлении и монтаже опытных партий элементов труб из полуколец с радиусами 0,75 м; 1,0 м; 1,25 м при высоте насыпей до 8 м включительно на периодически действующих водотоках по всей территории Сибири, Дальнего Востока и районов с расчетной температурой ниже – 40С. Из условий эксплуатации дорог в Сибири трубы из полуколец радиусом 0,5 м имеют ряд существенных недостатков, поэтому не рекомендуются на магистральных дорогах и в настоящем альбоме не приведены. Конструкции водопропускных труб из полуколец радиусами 0,75 м; 1,0 м; 1,25 м имеют следующие преимущества перед обычными круглыми с аналогичной пропускной способностью:

1. Значительно снижают требуемую высоту насыпи над трубами; появляется возможность более свободно маневрировать высотой насыпи при проектировании продольного профиля на дорогах.
2. Снижают затраты на 25-40% и потребность в железобетоне, с одновременным сокращением номенклатуры изделий ж.б. заводов более, чем наполовину.
3. Упрощается способ монтажа оголовков, технология гидроизоляции тела трубы и швов между звеньями, повышается качество уплотнения грунта насыпи из-за отсутствия труднодоступной для механизмов зоны ниже диаметра.
4. Обладают значительными преимуществами при комплектации, складировании и особенно при перевозках, из-за меньшей объемности и возможности полностью использовать грузоподъемность вагонов, автомобилей и других транспортных средств.
5. Дают возможность использовать с незначительными доработками оснастку и существующую технологию изготовления звеньев труб на заводе.

6. Водопропускные трубы из полуколец имеют лучшие эксплуатационные характеристики при борьбе с возможными наледеобразованиями.
7. Монтаж дорожных труб из полуколец, при необходимости, может быть выполнен и круглого сечения; крепление полуколец выполняется сваркой двух закладных деталей в основании каждого полукольца, при этом для герметизации продольного стыка на основание нижнего полукольца наносится тонкий слой цементного раствора.

## 2.2 Основные положения проектирования

При разработке рабочих чертежей блоков дорожных труб из полуколец были использованы СНиП 2.05.03-84 * "Мосты и трубы. Нормы проектирования", СНиП 3.06.04-91 "Мосты и трубы. Правила производства и приемки работ". Статические расчеты блоков труб-выполнены в соответствии со СНиП 2.05.03- 84* при максимальной высоте насыпи 8 м включительно. При этом были приняты:

- временная нагрузка - А 11, и НК-80;
- коэффициенты подъемности по нагрузкам;
- давление грунта-1,3;
- автомобильная нагрузка А11 - 1,2;
- колесная одиночная нагрузка НК-80 - 1,0;

## 2.3 Блоки труб

В проекте разработаны блоки для труб радиусами 0,7 5 м, 1,00 м, 1,25 м. Все блоки подразделяются на три типа: полукольца, конические полукольца для оголовков и фундаментные плиты, которые одновременно служат лотком трубы. Длина всех блоков принята равной 1,5 м.

Толщины полуколец и фундаментных плит так же унифицированы и приняты по расчетной высоте насыпи в 8 м и являются постоянными для всех отверстий труб с радиусами 0,75, 1,00, 1,25 м.

Все блоки труб должны изготовляться из тяжелого бетона, класса по прочности на сжатие В25, по морозостойкости F 300, по водонепроницаемости W 6, соответствующего ГОСТ 26633-91*.
В качестве рабочей арматуры принята арматура класса АШ марки 25Г2С.

Распределительная арматура класса А1 марки ВСтЗсп.2 по ГОСТ 5781-82".

Изготовление, транспортировка и монтаж блоков производится в соответствнн с требованиями СНиП 3.06.04-91. СНиП 3.03.01 -87.

## 2.4 Конструкция тела трубы

Проектом предусматриваются водопропускные трубы из полуколец только фундаментного типа, устройство бесфундаментного водопропускного сооружения из полуколец не рекомендуется.
Блоки из полуколец устанавливаются на фундаментные плиты (локальные блоки) по слою свежеуложенного цементно-песчаного раствора толщиной 10-20мм, поперечные и боковые швы между плитой и стенками полукольца также заполняются раствором. Оголовки трубы выполняются из конических полуколец. Проект не исключает изготовления фундаментной плиты из монолитного бетона той же толщины, глубина заложения фундамента принимается 0,3 м. Фундаменты этого типа применяются при наличии на месте товарного бетона. Требования к бетону по ГОСТ 26633-91; В25;F 300 ;W6. Фундаментные плиты укладываются на уплотненную гравийно-песчаную или щебеночную подготовку толщиной не менее 10 см. Необходимость замены грунта под телом трубы решается в каждом конкретном случае при привязке проекта в соответствии с расчетами по проверке устойчивости насыпи и ее основания в пределах трубы при неблагоприятных геологических условиях. Заполнение пазух в многоочковых трубах производится дренирующими грунтами, при неблагоприятных геологических условиях пазухи заполняются низкомарочным бетоном.

## 2.5 Гидроизоляция труб

Гидроизоляция наружных поверхностей звеньев и оголовков водопропускных труб должна производиться в соответствии с требованиями, изложенными в серии 3.501.1-144 и «Инструкции по устройству гидроизоляции конструкций мостов и труб на железных, автомобильных и городских дорогах (ВСН 32-81). Для труб заводского изготовления, выдержавших испытания на водонепроницаемость и имеющих паспорт установленного образца, устраивают битумную мастичную неармированную гидроизоляцию типа БМ-3.

Боковые поверхности фундаментов и оголовков, соприкасающиеся с грунтом, покрываются битумной мастичной неармированной гидроизоляцией. Шов между,звеньями сверху заделывается паклей, пропитанной битумом, изнутри трубы на глубину 3 см шов заделывается цементно-песчаным раствором. Стыки между звеньями труб перекрываются двухслойно армированной битумной мастичной гидроизоляцией полосами шириной 25 см симметрично относительно оси стыка. Перед устройством гидроизоляции бетонная поверхность должна быть очищена от грязи и обработана грунтовкой, состав которой и способ приготовления принимается по ВСН 32-81. Устройство гидроизоляции

должно производиться с соблюдением требований, изложенных в СНиП 3.06.04-91.

## 2.6 Конструкция оголовков

Конструкция оголовков выполняется из конического полукольца устройство порталов и открылков не требуется. Оголовочное, коническое полукольцо устанавливается на фундаментную плиту, аналогично обычным полукольцам. Длина над входом и выходом трубы устанавливается в зависимости от крутизны откоса, но не менее 0,5 м.

## 2.7 Уклон трубы и строительный подъем

Выполняются как обычно, в соответствии с основными положениями серии 3.501.1-144. Укладка трубы производится одним продольным уклоном, который должен быть не менее 2%. Отметки лотка назначаются с учетом строительного подъема по дуге окружности в зависимости от ожидаемой осадки основания:

-Для грунтов основания из гравия, гальки, песков плотных и средней плотности 1/80Н - при высоте насыпи 8 м и менее.

-Для супесей, суглинков, глин плотных и средней плотности 1/50Н при фундаментах.

При устройстве труб на скальных грунтах и при свайных фундаментах строительный подъем назначать не следует. Отметки лотка входного оголовка (или входного звена) трубы следует назначать так, чтобы они были выше отметок среднего звена трубы как до проявления осадок основания, так и после прекращения этих осадок.

## 2.8 Укрепительные работы

В типовых проектных решениях разработаны три типа укрепления: монолитным бетоном, мощением и сборными бетонными плитами, на основании серии 3.501.1- 156. Материал укрепления - бетон класса В20, водонепроницаемостью W6, морозостойкостью F200-F300. Арматура класса А-1, марки СТ3 по ГОСТ 5781-82*. Объемы укрепительных работ подсчитаны при откосах насыпи 1:1,5.

## 2.9 Гидравлические характеристики и назначение отверстия

Отверстия труб из полуколец назначаются в соответствии с расходом и зависят от величины напора и типа входного оголовка. При малых напорах H/R= 0,3 расход через круглую трубу примерно в два раза меньше, чем из полуколец этого радиуса. При увеличении напора перед трубой расход через водопропускное сооружение из полуколец больше на 15-20% по сравнению с круглыми трубами. Лишь при отношении H/R=0,75 расход через круглые трубы становится на 5-10% больше по сравнению с

сооружением из полуколец. Расход при малых напорах H/R=0,6 практически не зависит от типа оголовка; при больших отношениях H/R, влияние типа оголовков на расход возрастает. Эксперименты СибАди показали, что при портальном оголовке, при любых величинах напора, сооружение из полуколец, не работает полным сечением, величина ее максимального заполнения составляла не более 0,6. Труба с обтекаемыми оголовками начинала работать полным сечением лишь при H/R=1,3Тип выходного оголовка существенно влияет и на величину скорости на выходе. При расходе Q=4 м3/с скорость на выходе при портальном оголовке на 30-35 % больше по сравнению с трубой с обтекаемыми оголовками. Настоящим проектом предусмотрено устройство труб только с эффективными коническими обтекаемыми полукольцами для оголовков. Соотношение подпора перед трубой и расхода при обтекаемых оголовках и безнапорном режиме протекания смотри в таблице № 1.

График для определения пропускной способности труб из полуколец. Цифры на кривой - радиус трубы.

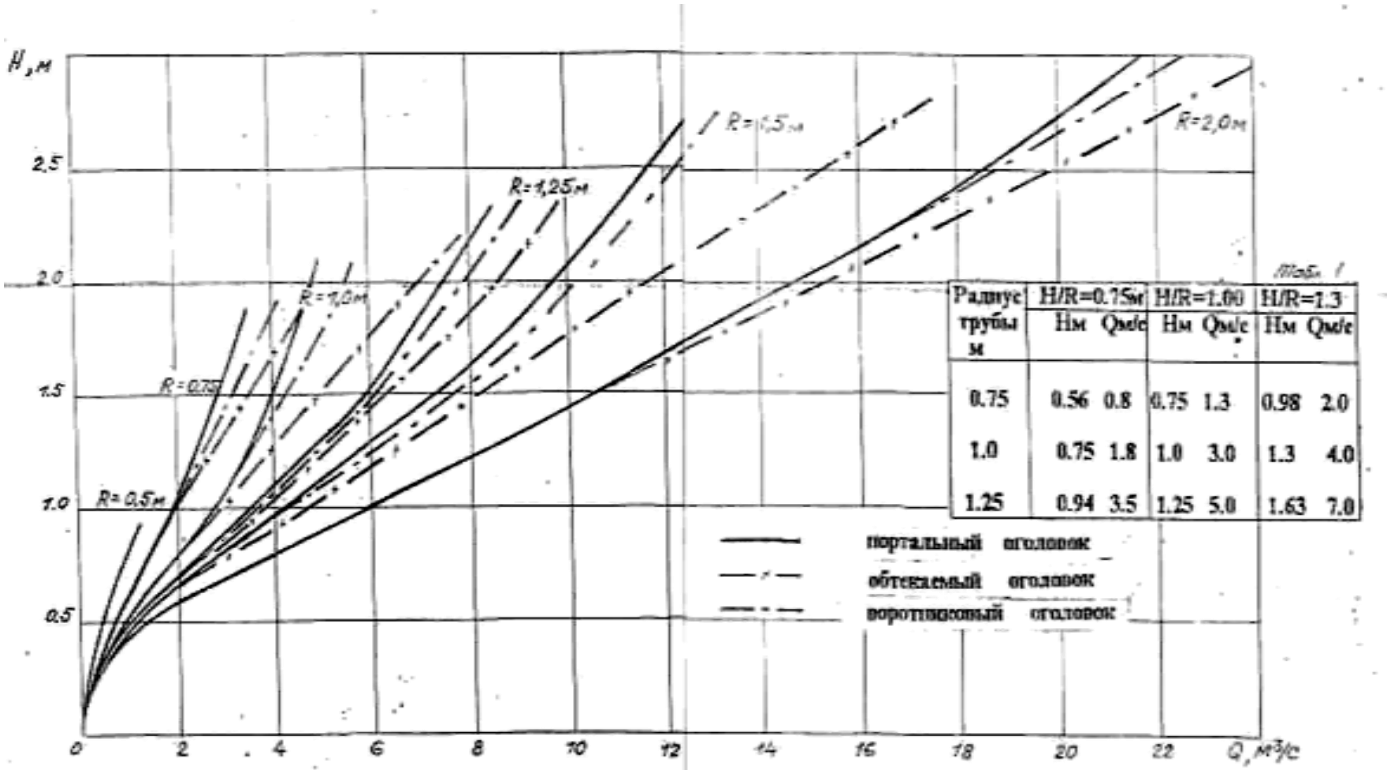


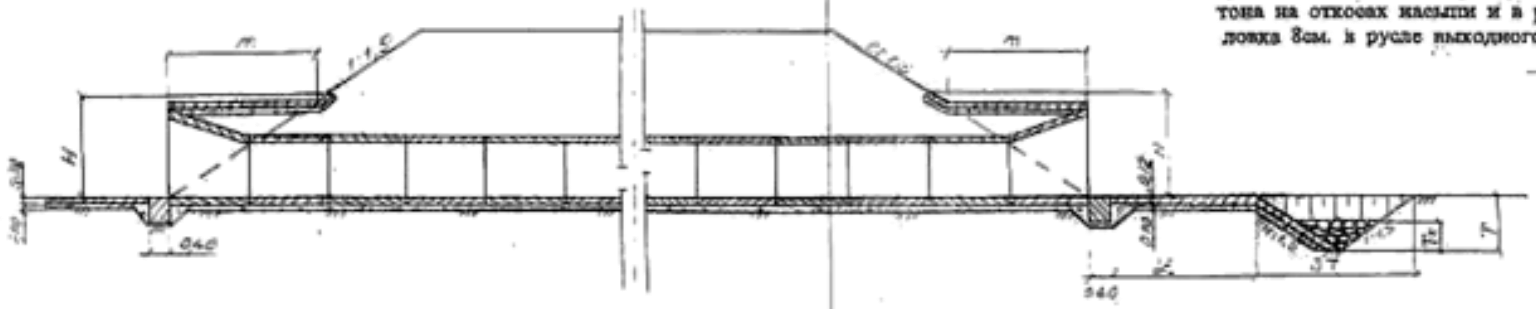

Табл. 1

| Радиус трубы м | H/R=0.75м | | H/R=1.00 | | H/R=1.3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Нм | Qм/с | Нм | Qм/с | Нм | Qм/с |
| 0.75 | 0.56 | 0.8 | 0.75 | 1.3 | 0.98 | 2.0 |
| 1.0 | 0.75 | 1.8 | 1.0 | 3.0 | 1.3 | 4.0 |
| 1.25 | 0.94 | 3.5 | 1.25 | 5.0 | 1.63 | 7.0 |

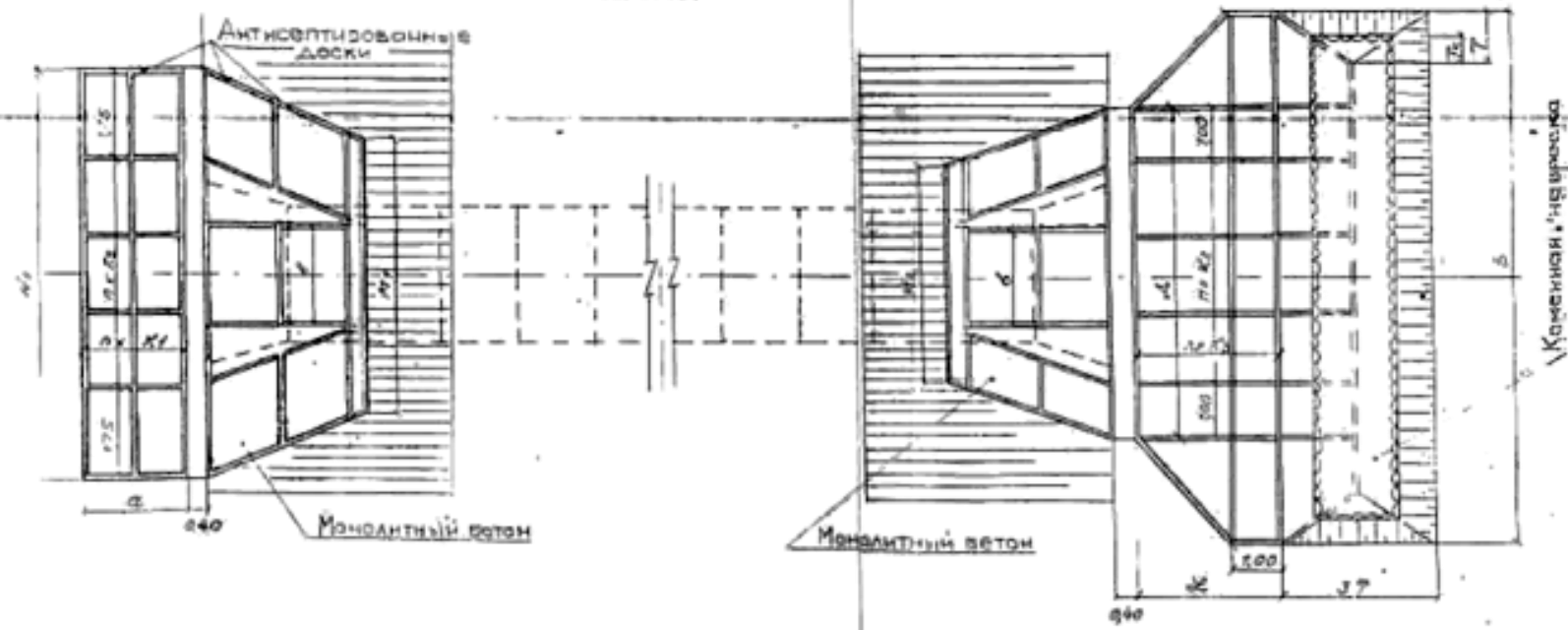
## Примечание

1. Укрепляемая поверхность делится на карты антисептированными досками размером 3х6х50см. Доски закрепляются металлическими штырями Ф16-18мм длиной 25-30 см. На нижние ряды досок укладывается арматурная сетка с ячейками 20х20см из арматуры АI Ф6мм. На нижние ряды досок устанавливаются такие же верхние доски. Карты заполняются бетоном В20F300. Бетон уплотняется трамбованием или вибраторами. Толщина слоя бетона на откосах насыпи и в русле входного оголовка 8см. в русле выходного оголовка - 12 см.

Разрез по оси трубы



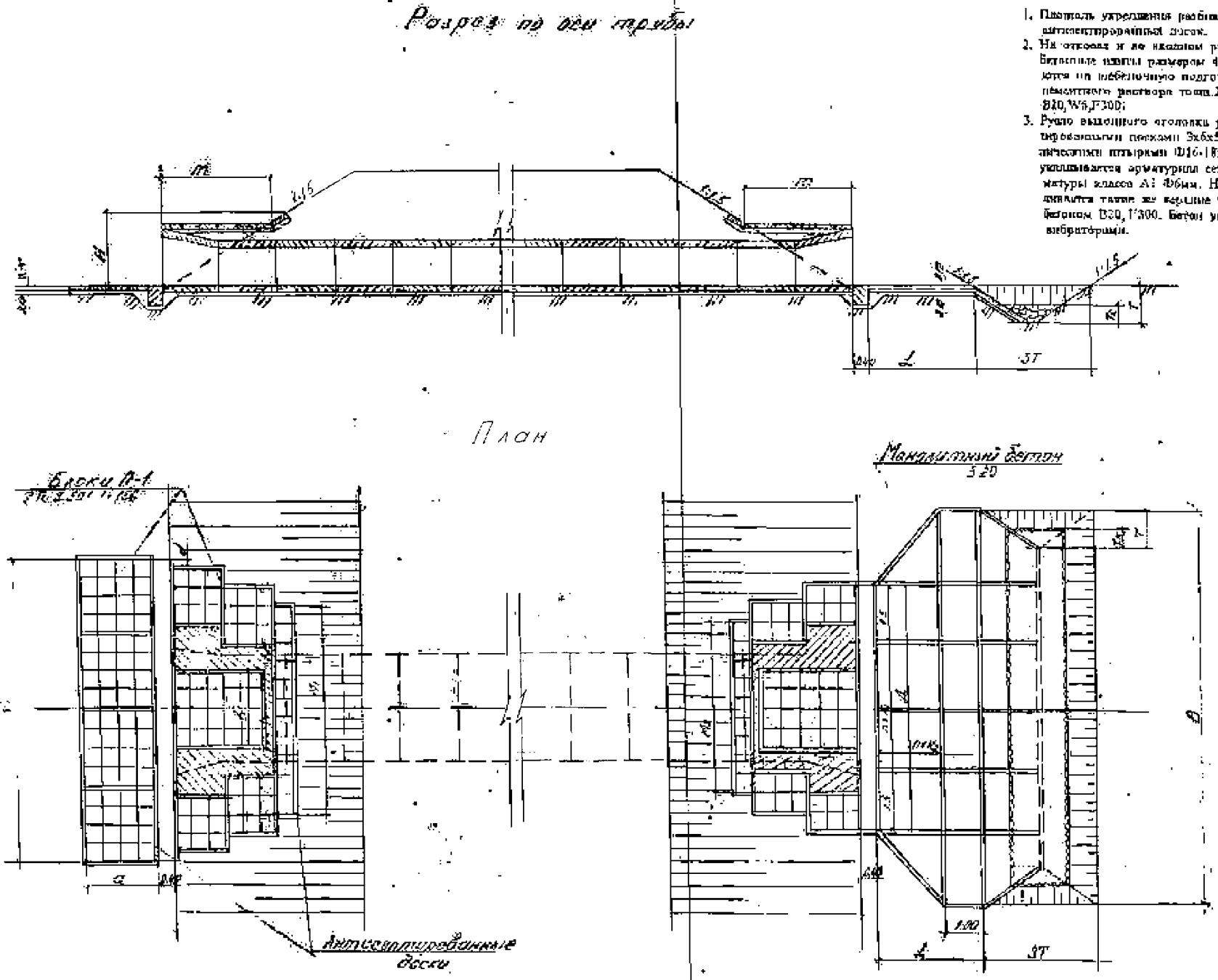

План




| | | |

## Примечание

1. Площадь укрепления разбивается на карты с помощью антисептированных досок.
2. На откосах и на нижнем ряде размер досок 3х12х50см. Битумные плиты размером 49х49см толщ. 10см укладываются на щебеночную подготовку толщ. 10см по слою цементного раствора толщ. 2см. Плиты из бетона класса В20,W6,F300;
3. Русло выходного оголовка разбивается на карты антисептированными досками 3х6х50см. Доски укрепляются металлическими штырями Ф16-18мм длиной 25-30см. На дном укладывается арматурная сетка с ячейками 20х20см из арматуры класса А1 Ф6мм. На нижнем ряду досок устанавливаются такие же крепкие плиты. Карты заполняются бетоном В20, F300. Бетон уплотняется трамбованием или вибраторами.




| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 37-368-АТ |
| | | | | | | | | Типовые решения |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | №док. | Подп. | Дата | | | Трубы из полуколец R=0.75м, R=1.0м, R=1.25м |
| Составил | | Дорошова | | | 02.98 | Стадия | Лист | Листов |
| Проверил | | Ефремова | | | 02.98 | Р | 41 | 45 |
| Рук. группы | | Белоусова | | | 02.98 | ОАО ГИПРОДОРНИИ Барнаульский филиал | | |
| ГИП | | Пожарулова | | | 02.98 | Укрепление блоками П-1. Общий вид. | | |
| Нач.отдела | | Перемитина | | | 02.98 | | | |

Примечания
Одиночное мощение принято из камня размером 20 см на слое щебня толщ. 10 см. Поверхность укрепления на карты не разбивается.
Разрез по оси трубы
План
Каменная наброска
Трубы из полуокружн. R=0,75м, R=1,0м, R=1,25м.
Укрепление мощением на щебне.
ОАО ЦНИИОМТП
Дорожно-транспортное управление
Типовые решения
Стадия
Лист
Листов
Р
4-5
4-7
Инж. Кольцов
Гл. инж. проекта
Гл. специалист
Нач. отдела
Нач. отд.
Гл. инж. проект.
Гл. архитектор
Гл. конструктор
Гл. технолог
Гл. эксперт
Подпись
Дата
02.98
59-366-АДП