Министерство образования Украины

Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры

На правах рукописи

Кострюков Константин Борисович

Совершенствование технологии и разработка формующего устройства для изготовления безнапорных бетонных труб

05.23.05 Строительные материалы и изделия

05.05.02 Машины и агрегаты производства строительных материалов, изделий и конструкций

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Харьков 1996

Работа выполнена на кафедре "Строительные материалы и изделия" Харьковского государственного технического университета строительства и архитектуры (ХГТУСА)

Научный руководитель: Лауреат Государственной премии Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, академик ИА Украины, доктор технических наук, профессор **БАБУШКИН В.И.**

Научный консультант: доктор технических наук, **ВАНДОЛОВСКИЙ А.Г.**

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор **ЕМЕЛЬЯНОВА И.А.,**

кандидат технических наук, старший научный сотрудник **БАБИЧЕНКО В.Я.**

Ведущая организация: Проектный и научно-исследовательский институт "Харьковский ПромстройНИИПроект"

Защита состоится "11" июня 1996 года в 12 часов на заседании специализированного Совета Д 02.07.03 при Харьковском государственном техническом университете строительства и архитектуры по адресу: 310002, г.Харьков, ул. Сумская, 40.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан "11" мая 1996 г.

Ученый секретарь специализированного Совета, доктор технических наук, проф. **ЕМЕЛЬЯНОВА И.А.**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы: Несмотря на некоторое общее уменьшение объемов капитального строительства в Украине в последние годы, потребность в бетонных трубах различных диаметров остается значительной и покрывается производством всего на 30%.

Потребность в бетонных трубах будет возрастать не только в связи со строительством новых трубопроводов промышленных объектов, городских инженерных сетей коммунального назначения, объектов сельскохозяйственных районов, но и с необходимостью замены аварийных на более эффективные по прочности, пропускной способности и по устойчивости бетона против агрессивного воздействия хозбытовых и промышленных сточных, а также грунтовых вод.

Поэтому совершенствование технологии изготовления безнапорных бетонных труб для систем водоснабжения и канализации является важной и актуальной задачей. Разработка таких технологий должна предусматривать одновременно и снижение стоимости строительства трубопроводов за счет уменьшения энергоемкости, трудоемкости и материалоемкости труб при обеспечении требуемой несущей способности и коррозионной стойкости..

Цель работы: Совершенствование технологии и создание нового формующего устройства для изготовления безнапорных бетонных труб рационального поперечного сечения повышенной плотности, прочности и коррозионной стойкости.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

1. Разработать новое формующее устройство для изготовления бетонных безнапорных труб способом прессования с осевой и радиальной направленностью усилий.
2. Определить зависимость между величиной прессующего давления и других параметров процесса прессования и реологическими свойствами бетонной смеси.

3. Выбрать форму поперечного сечения бетонных труб, рациональную по материалоемкости, энергоемкости и трудоемкости процесса их изготовления.
4. Определить влияние технологических параметров процесса прессования на прочностные показатели формуемых труб.
5. Разработать рациональные составы бетонной смеси на основе портландцемента и жидкостекольно-шлакового вяжущего (ЖСШВ) применительно к условиям радиально-осевого прессования труб.
6. Изучить поведения бетонов разных составов в изделиях при условиях pH<6.
7. Выполнить опытно-промышленное внедрение результатов исследований и разработанных рекомендаций и установить и технико-экономическую эффективность.

Научная новизна:

- Разработано формующее устройство для уплотнения мелкозернистых жестких бетонных смесей и способ изготовления безнапорных бетонных труб средних диаметров методом радиально-осевого прессования.
- Найдена зависимость для определения суммарного прессующего усилия при радиально-осевом прессовании.
- Найдена зависимость для определения скорости подъема рабочего органа (скорости формования) установки радиально-осевого прессования.
- Установлены зависимости прочностных показателей бетонных труб от основных технологических параметров процесса формования.
- Предложена методика расчета формующих устройств для изготовления труб с постоянной или переменной толщиной стенки.
- Изучено поведения бетонов на фрагментах труб, изготовленных радиально-осевым способом на обычном портландцементе и на основе модифицированного ЖСШВ в натурных условиях коллектора Орджоникидзевского района г. Харькова.

Практическая ценность работы:

- Разработаны устройство и основы технологии изготовления безнапорных бетонных труб средних диаметров рациональной формы поперечного сечения при использовании способов радиально-осевого прессования и

вибропрессования для труб некругового очертания, эквивалентных круглым по пропускной способности.

- Предложена методика расчета формующих головок для изготовления радиально-осевым прессованием бетонных труб разного поперечного сечения.

На "Головку для прессования трубчатых изделий из бетонных смесей" получено авторское свидетельство № 1754460.

По заявке на "Устройство для изготовления трубчатых изделий из бетонных смесей" получено решение Госпатента Украины № 1969 от 17.07.95 г. о выдаче патента.

- Разработан эффективный метод управления процессом радиально-осевого прессования труб, обеспечивающий стабильные показатели качества изделий;
- Разработаны оптимальные составы бетонов из доступных материалов для труб, повышающие их прочность и коррозионную стойкость.

На защиту выносятся:

- Конструктивные и технологические параметры бетонных трубчатых изделий с рациональной формой поперечного сечения и увеличенной полезной длинной.
- Формующее устройство и технология изготовления безнапорных бетонных труб средних диаметров рациональной формы поперечного сечения с уплотнением бетонной смеси радиально-осевым прессованием.
- Результаты исследований по оптимизации процессов формования бетонных труб рациональной формы поперечного сечения.
- Составы бетонных смесей для труб, эксплуатируемых в условиях различной степени агрессивности применительно к радиально-осевому способу их уплотнения.

Апробация работы: Основные результаты работы и материалы исследований докладывались на научно-технических конференциях ХГТУСА: 44-й - 1989г., 48-й- 1993 г., 49-й - 1994 г., 51-й - 1996г., Международной научно-технической конференции "Материалы для конструкций XXI века" г.Днепропетровск, 1992 г.

Публикации: Основные положения работы изложены в одиннадцати публикациях. По работе получено одно авторское свидетельство на изобретение и одно положительное решение Госпатента Украины на выдачу патента.

Реализация результатов работы: Основные положения работы внедрены на Харьковском заводе железобетонных конструкций №5 в виде опытно-промышленной установки для изготовления бетонных труб ⌀ 800-1200 мм длинной 3,0 м с подошвой и переменной толщиной стенки.

Подтверждена работоспособность технологического оборудования, эффективность способа управления процессом формования по обеспечению требуемого качества изделий при изготовлении опытной партии бетонных труб. Испытания опытной партии бетонных труб подтвердили рациональность их конструкции по несущей способности и расходу материалов, что обеспечивает значительный экономический эффект по сравнению с таковыми из железобетона.

Структура и объем работы: работа состоит из введения, шести разделов, выводов, списка литературы из 130 наименований и трех приложений. Работа изложена 127 страницах основного текста, включает 28 рисунков и 20 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В настоящее время в Украине в эксплуатации находятся десятки тысяч километров канализационных коллекторов и сетей выполненных из железобетона.

Учитывая, что в городах с населением превышающим 300 тысяч человек необходимы очистные сооружения, то для их возведения по Украине потребуется дополнительно столько же километров коллекторов и сетей.

В результате обследования состояния коллекторов и трубопроводов (Дрозд Г.Я., Бабушкин В.И.) установлено, что частота аварий составляет около одной аварии на 10 км их длины в год.

Причиной преждевременного разрушения железобетонных труб и коллекторов является микробиологическая коррозия, возникающая в результате жизнедеятельности сульфатредуцирующих и тионовых бактерий.

Поэтому в настоящее время остро стоит задача изготовления коррозионностойких труб для монтажа вновь строящихся и для ремонта вышедших из строя коллекторов и трубопроводов.

В последнее время в мировой практике вместо железобетонных безнапорных труб широкое применение стали находить бетонные неармированные трубы, имеющие значительные преимущества не только перед железобетонными, но и перед другими видами труб.

В основу технологии их производства положены способы вибропрессования, радиального и осевого послойного прессования.

Вместе с тем экспериментальные исследования влияния структурно-механических свойств бетонной смеси и технологических параметров изготовления труб способами радиального и осевого прессования на физико-механические характеристики изделий (В.Н.Широков, С.К.Казарин, А.А.Чече, А.Г.Вандоловский, Ю.А.Гоголев и др.) подтвердили известные недостатки этих способов. Модернизация прессующих элементов и изменение режимов прессования на основе этих исследований не позволили полностью устранить такие недостатки как

- существенное падение величины прессующего давления по мере удаления от зоны контакта прессующих роликов с уплотняемой бетонной смесью;
- повышенный износ уплотняющих элементов;
- отсутствие возможности изменять технологические параметры прессования в процессе изготовления труб (прессующее давление, скорость подъема рабочего органа) в зависимости от изменений реологических свойств бетонной смеси.

Для формования труб рациональной формы поперечного сечения автором предложен способ радиально-осевого прессования, реализуемый на установке (рис.1). Установка состоит из вертикальной рамы 1, по направляющим которой перемещается формующее устройство 2 с бетонораздаточной воронкой 3, состоящее из поддерживающего цилиндра 4, над которым расположены

конусные прессующие ролики 5 с горизонтальной образующей и ролики 6 с наклонной образующей. Установка снабжена приводами вращения формующего устройства 7 и бетонораздаточной воронки 8. Подъем - опускание формующего устройства 2 происходит с помощью гидроцилиндров 9. Формование трубы осуществляется за счет прессующего давления роликов вращающегося формующего устройства 2. По мере послойного уплотнения бетонной смеси, находящейся между формой 10 и поддерживающим цилиндром 4, происходит самопроизвольный подъем формующего устройства .

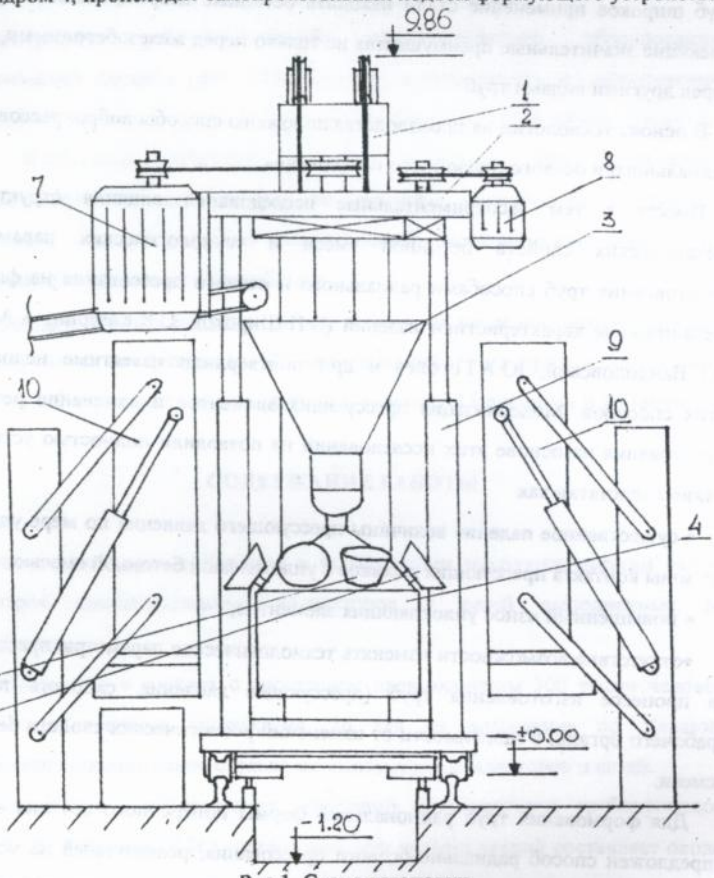

Рис.1. Схема установки радиально-осевого прессования

Особенностью конструкции формующей головки 2 является то, что она оснащается конусными роликами 5-6 , образующие которых имеют различный угол наклона к горизонтали. Конструкция роликов, расположенных в зоне уплотняемой стенки трубы, исключает их проскальзывание по уплотняемой поверхности или их заклинивание, так как образующие и оси вращения роликов пересекаются на оси вращения приводного вала. При послойном уплотнении по мере вертикального перемещения формующей головки, бетонная смесь испытывает прессующее давление одновременно как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях (рис.2).

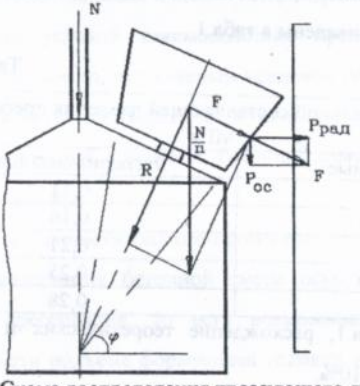

Рис.2. Схема распределения прессующего давления

N - суммарное вертикальное усилие прессования; N/n - усилие N распределенное на n роликов с образующей, наклоненной под углом φ; F и R - составляющие N/n; $P_{рад}$ и $P_{ос}$ - радиальная и осевая составляющие F

Результирующее давление, передаваемое роликами формующей головки на уплотняемую бетонную смесь может быть представлена зависимостью

$$P = \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n}\cos\varphi\right)\sqrt{E_б \frac{N \cdot c}{D \cdot L}}, \text{ Мпа} \qquad (1)$$

где *m*- количество роликов с горизонтальной образующей; *n* - количество роликов с образующей наклоненной к горизонтали под углом *φ*; $E_б$ - модуль начальной структурной прочности бетонной смеси, Мпа; *N* - приведенное

вертикальное усилие, Н; c- коэффициент, учитывающий фактическую площадь контакта ролика с бетонной смесью; D - средний диаметр ролика, м.

Радиальная составляющая прессующего давления может быть выведена из (1) в виде $P_{рад} = \frac{1}{n}\cos\varphi\sqrt{E_б \frac{P \cdot k}{D \cdot L}}$. (2)

Экспериментальная проверка зависимости (2) проводилась замерами фактических значений радиальной составляющей усилия прессования установленными на наружной поверхности металлоформы датчиками давления АИД-8 конструкции НИИЖБ. Результаты экспериментальных данных радиальной составляющей прессующего давления и ее расчетных значений, определяемых из (2) приведены в табл.1.

Таблица 1

№ п/п	Значения радиальной составляющей давления прессования, МПа	
	Расчетные	Экспериментальные
1	0,1	0,11
2	0,15	0,16
3	0,2	0,21
4	0,25	0,25
5	0,3	0,28

Как видно из табл.1, расхождение теоретических и экспериментальных данных не превышает 10%.

Для определения скорости формования предложена зависимость:

$$V = 60 \cdot \omega \frac{m \cdot E_б}{P \cdot k}, \quad (3)$$

где ω - окружная скорость вращения формующей головки, м/с, k - количество прессующих импульсов -

$k = 20...30$ при $\delta/L = 0,7$;

$k = 30...40$ при $\delta/L = 1,5$;

$k = 45...60$ при $\delta/L = 2,2$;

δ - толщина стенки изделия, м; L - длина образующей ролика, м;.

На опытно-экспериментальной установке с целью установления зависимости прочностных показателей от параметров процесса формования была изготовлена опытная партия фрагментов труб. Математической обработкой

результатов экспериментов получены уравнения зависимости предела прочности бетона на растяжение при изгибе R_{bt} от

- угла наклона роликов φ: $R_{bt}(\varphi) = 5{,}8 - \dfrac{1}{0{,}067\varphi - 1{,}48}$;
- количества прессующих импульсов k: $R_{bt}(k) = 6{,}0 - \dfrac{1}{0{,}20 + 0{,}04k}$;
- давления прессования P: $R_{bt}(P) = 5{,}6 - \dfrac{1}{4{,}32P - 0{,}97}$;
- жесткости бетонной смеси Ж: $R_{bt}(Ж) = 5{,}9 - \dfrac{1}{0{,}029Ж - 1{,}22}$;
- соотношения количества песка и щебня П/Щ: $R_{bt}(П/Щ) = ax^2+bx+c\pm2\sigma Ж$.

При рассмотрении условий взаимодействия прессующих элементов с бетонной смесью установлено, что главным условием осуществления процесса уплотнения смеси является соответствие величины прессующего давления $P_{упл}$ показателям структурной прочности бетонной смеси $R_{стр}$ в завершающей стадии уплотнения $P_{упл} \leq R_{стр}$.

Конструктивные особенности опытно-промышленной установки позволяют с учетом этих характеристик бетонной смеси осуществить выбор режима радиально-осевого прессования, то есть возможности изменения усилия прессования и скорости подъема формующей головки в процессе формования (рис.3).

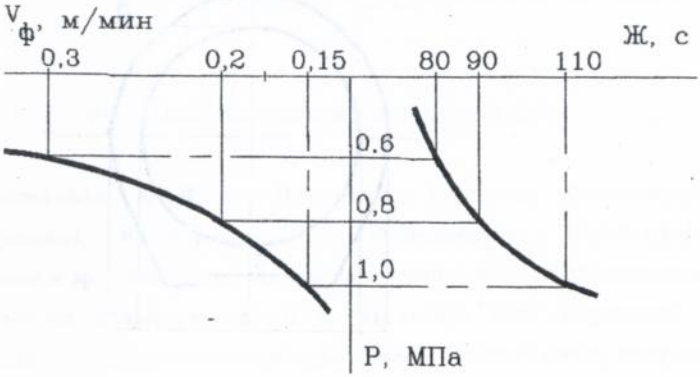

Рис.3. График зависимости скорости формования от прессующего давления и жесткости бетонной смеси

Исследованиями установлена зависимость между удельным прессующим давлением, степенью уплотнения бетонных смесей различных составов и скоростью подъема формующей головки, на основании чего установлены следующие оптимальные значения структурно-механических характеристик бетонной смеси и технологических параметров прессования:

- величина прессующего давления 0,6 - 0,8 Мпа;
- влажность смеси 5 - 7 %;
- количество прессующих импульсов, передаваемых на единицу уплотняемой площади 30 - 40.

Эффект эрозии (активации) цемента и инертных за счет интенсивного принудительного перемешивания смеси в процессе формования проявляется за счет передачи роликами разнонаправленных усилий. При этом за оптимальный принят состав бетонной смеси с соотношением П/Щ = 0,9–1,1, обеспечивающий требуемую структурную прочность бетонной смеси. Бетон в возрасте 28 суток имеет прочность 50 МПа при расходе цемента 480 кг/м^3.

Исходя из результатов статических расчетов на прочность труб формуемых радиально-осевым прессованием, выбраны трубы круглого сечения диаметром 800 - 1200 мм, длиной 3,0 м с дифференцированной толщиной стенки с подошвой ступенчатого типа, стык раструбный (рис.4).

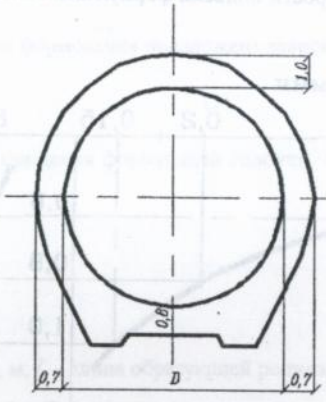

Рис.4. Поперечное сечение круглой трубы

Кроме радиально-осевого прессования в работе рассмотрен вариант формования труб методом вибропрессования. На основании статических расчетов для этого способа формования наиболее эффективными оказались бетонные трубы эллиптического сечения, эквивалентные по пропускной способности круглым диаметром 800 - 1200 мм, длиной 5,0 м с толщиной стенки дифференцированной в соответствии с величиной изгибающих моментов в расчетных сечениях, с подошвой ступенчатого типа (рис.5), соотношение горизонтального (В) и вертикального (Н) диаметров эллипса В/Н принимается 1:1,6; соотношение толщины стенки в расчетных сечениях $\delta_A:\delta_Б:\delta_В$ рассматривается как 1:0,6:0,8. Отношение радиуса кривизны боковых стенок к горизонтальному радиусу отверстия $R_{кр} / R_{вн}$ принимается 2,65.

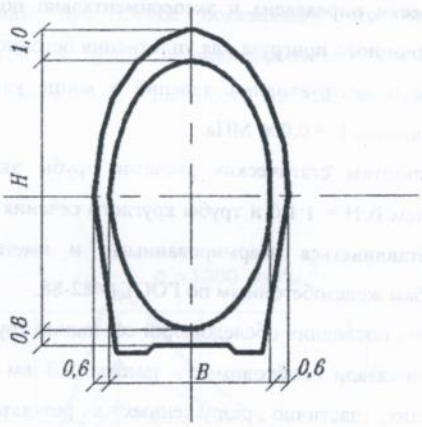

Рис.5. Поперечное сечение эллиптической трубы

Исследованиями А.Е.Десова, И.Ф.Руденко, Б.В.Гусева, О.А.Савинова, Е.В.Лавринович, В.И.Шмигальского, П.Ф.Овчинникова, Ю.Г.Фридман, В.Г.Зазимко и др. установлено, что высота изделий при их виброформовании ограничивается затуханием прямых и отраженных волн напряжений и деформаций в прямоугольном столбе уплотняемой бетонной смеси, наличием нулевых зон.

Установлены наиболее благоприятные величины слоев для виброуплотнения:

- при частоте 50 Гц предельная высота 28 - 30 см;
- при частоте 15 Гц предельная высота 130 - 140 см.

Исследованиями влияния параметров виброуплотнения (частота **f**, амплитуда **A**) на физико-механические характеристики бетона для формования неармированных труб с расстоянием от вибровозбудителя до верха изделия 177 см с криволинейным очертанием уплотняемой стенки $\mathbf{R_{кр}}$ = 1100 мм установлено, что уплотнение бетонной смеси осуществляется эффективно при частоте колебаний **f** = 10 Гц, амплитуде **A** = 6 мм, скорости укладки 0,5 м/мин при жесткости 40 с и 0,8 м/мин при жесткости 20 с.

Теоретически определена и экспериментально подтверждена оптимальная масса инерционного пригруза для уплотнения бетонной смеси без отрыва от ее поверхности и деструктивных явлений в конце уплотнения: **Q** = 1850 кг, удельное давление **P** = 0,006 МПа.

По результатам статических расчетов трубы эллиптического сечения с соотношением В:Н = 1:1,6 и трубы круглого сечения при $\mathbf{R_{пр}}$ = 50 МПа (Р-40) могут изготавливаться неармированными и иметь несущую способность равную трубам железобетонным по ГОСТ 6482-88.

Результаты последних обследований состояния трубопроводов в г.Харькове и области показали необходимость замены 503 км коллекторов из 1710 км существующих, частично разрушенных в результате микробиологической кислотной агрессии.

Выявлен ряд агрессивных для бетонных труб агентов - как содержащихся в транспортируемых жидкостях (органические кислоты, аммиак и др.), так и продуцируемых бактериями в хозбытовых и промышленных стоках (H^+, SO_4^{2-}, NO_3^-, H_2S). В результате комплексного воздействия отмеченных факторов, водородный показатель среды может снижаться до pH = 1.

КГТУСА были разработаны и совместно с нами уточнены применительно к технологии радиально-осевого прессования труб из бетонов на основе модифицированных жидкостекольно-шлаковых вяжущих (ЖСШВ). Преимущества этих бетонов по сравнению с тяжелыми цементными бетонами:

- водонепроницаемость (W10 - W20);
- R_{bt} до 10,0 МПа;
- эффективный радиус замкнутых пор 7 - 90 нм,

делают их предпочтительными для изготовления бетонных труб, эксплуатируемых в условиях повышенной агрессивности среды.

Исследована зависимость сроков схватывания ЖСШВ от плотности жидкого стекла и установлено, что бетонные смеси с использованием в качестве затворителя водорастворимого силиката натрия с силикатным модулем M_c = 2,0 и 2,7 не технологичны. Снижение силикатного модуля до 1,5 и 1,0 увеличивает технологическую жизнестойкость этих составов в 2 и 2,8 раза соответственно. Результаты оценки влияния силикатного модуля и плотности затворителя на сопротивление растяжению при изгибе показывают, что максимальное значение R_{bt} достигается (см. рис.6) при значении силикатного модуля M_c = 1,5, растворошлакового отношения - 0,45 и плотности водорастворимого силиката натрия ρ = 1300 кг/м^3.

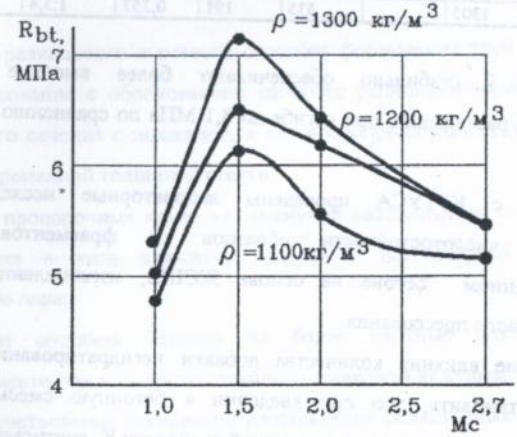

Рис.6. Зависимость прочности бетона на растяжение при изгибе от характеристик затворителя

Отклонения в меньшую или большую сторону значений силикатного модуля приводят к снижению R_{bt} соответственно от 6,1 - 7, 1 до 4,8 - 5,5 Мпа.

В табл. 2 приведены результаты испытаний фрагментов труб ⌀ 150 мм, отформованных методом радиально-осевого прессования из бетонных смесей, гранулометрический состав которых подбирался: 1 - 2 - по ГОСТ 26633, 3 - 5 - с учетом коэффициента раздвижки α и μ.

Таблица 2.

Результаты подбора гранулометрических составов

№ п/п	Расход материалов					Раство-рошла-ковое отноше-ние	Соотнош ение массы шлака и суммар-ной массы запол-нителей	Сопро-тивле-ние рас-тяже-нию при изгибе, $R_{вт}$, МПа
	Песок, кг	Гранот-сев, кг	Смесь: песок + гранот-сев, кг	Шлак, кг	Жидкое стекло л			
1			1468	734	262	0,357	1:2	6,1
2			1525	763	221	0,29	1:2	5,3
3	502	1305		535	209	0,39	1:3,4	8,1
4	502	1305		535	200	0,374	1:3,4	7,4
5	502	1305		535	191	0,357	1:3,4	7,9

Составы 3...5 стабильно обеспечивают более высокие показатели сопротивления растяжению при изгибе до 8,1 МПа по сравнению с 6,9 МПа у составов 1...2.

Совместно с КГТУСА проведены лабораторные исследования по определению кислотостойкости образцов из фрагментов труб на модифицированном бетоне на основе ЖСШВ, изготовленных методом радиально-осевого прессования.

Исследование влияния количества добавки негидратированного цеолита позволило установить, что при введении в бетонную смесь 10% этого модификатора, коэффициент коррозионной стойкости K_c достигает 0,96.

Замена недегидратированного цеолита на дегидратированный цеолит увеличивает K_c до 1,28.

Высокие значения K_c объясняются низкой скоростью растворения в кислоте таких новообразований шлакощелочных бетонов, как натриевые гидроалюмосиликаты, сходные по своему составу с природными цеолитами.

Исследования коррозионной стойкости фрагментов труб, изготовленных из бетонов на основе модифицированного жидкостекольно - шлакового вяжущего в сточных водах, транспортируемых Орджоникидзевским коллектором г.Харькова, проводившиеся в течение полутора лет, показали, что после окончания эксперимента зафиксирован коэффициент стойкости 0,98.

В результате внедрения разработанных рекомендаций на Харьковском заводе ЖБК-5 изготовлена и смонтирована опытно-промышленная установка, на которой отформована опытная партия бетонных труб диаметром 1200 мм, длиной **L** = 3м. Испытания труб на прочность показали удовлетворительную сходимость полученных результатов с расчетными данными. При незначительном снижении расхода цемента обеспечено получение бетона с $R_м$ = 5,1 МПа, $R_{пр}$ = 50 МПа, **W**=6 на 28-е сутки без ТВО.

Таким образом, в результате проведенных исследований осуществлено усовершенствование технологии изготовления безнапорных бетонных труб в части

- замены радиального и осевого способов формования труб на радиально-осевое прессование с обоснованием наиболее рациональных сечений труб в виде круглого сечения с подошвой, а для вибропрессованных эллиптического сечения с переменной толщиной стенки;
- замены пропарочных камер на замкнутый напольный конвейер с подачей теплоносителя в виде влажного воздуха с температурой 65°С вместо насыщенного пара;
- замены составов бетонов на более плотные как на обычном портландцементе, так и на жидкостекольно-шлаковом вяжущем;

Усовершенствование технологии изготовления безнапорных бетонных труб позволило исключить армирование изделий при обеспечении требуемой несущей способности, уменьшить расход теплоносителя и энергозатрат на изготовление, что обеспечило снижение стоимости изделий более чем на 45%.

при этом расчетный годовой экономический эффект для технологической линии производительностью 30 тыс. $м^3$ в год составит 71,5 млрд. крб. в ценах января 1996 года.

Выводы

1. Выбрана форма поперечного сечения бетонных труб рациональная по материалоемкости, энергоемкости и трудоемкости их изготовления.

2. Разработаны устройства (а.с. № 1754460 и положительное решение Госпатента Украины № 1969) и способ изготовления бетонных труб рациональной формы поперечного сечения.

3. Найдены зависимости прочностных характеристик бетона ($R_м$) от параметров процесса прессования:

- угла наклона прессующих роликов $R_м = f(\varphi)$;
- давления прессования $R_м = f(P)$;
- количества прессующих импульсов $R_м = f(k)$;
- соотношения количества песка и щебня в составе смеси $R_м = f(П/Щ)$;
- жесткости бетонной смеси $R_м = f(Ж)$.

Максимальные значения $R_м$ получены при $\varphi = 60^o$; P = 0,6 - 0,8 МПа; k = 30 - 40; П/Щ = 1,1; Ж = 80 - 90 с.

4. Найдены аналитические зависимости для определения основных параметров режима прессования - скорости подъема рабочего органа и давления прессования.

5. Разработана и изготовлена опытно-промышленная установка для изготовления бетонных труб ∅ 800 - 1200 мм длиной 3 м способом радиально-осевого прессования.

6. На основе уточнения аналитической зависимости между структурно-механическими характеристиками бетонной смеси и технологическими параметрами радиально-осевого прессования бетонных труб, разработан и внедрен эффективный способ управления процессом формования,

позволяющий изготавливать трубы с изменением усилия прессования и скорости подъема рабочего органа непосредственно в процессе формования.

7. Определены технологические параметры изготовления бетонных труб эллиптического сечения 800 х 1260 мм l=5 м методом виброуплотнения с подпрессовкой:

- частота f = 10 Гц;
- амплитуда А = 6 мм;
- масса инерционного пригруза для передачи давления 0,008 МПа;
- скорость укладки бетонной смеси 20 см/мин.

8. Разработаны составы бетонов для условий радиально-осевого прессования с полной распалубкой, обеспечивающих структурно-механические характеристики на 28 сут без ТВО $R_{пр}$ = 50 МПа; R_{bt} = 5,1 МПа; *W*6.

9. Исследованы и уточнены составы бетонов для изготовления труб радиально-осевым прессованием, обеспечивающих R_{bt}=8,1 МПа и показатель коррозионной стойкости K_c = 1,28.

10. Установлена технологическая возможность изготовления радиально-осевым прессованием кислотостойких труб из бетонов на основе жидкостекольно-шлаковых вяжущих повышенной прочности и плотности.

11. Изготовлена опытная партия бетонных труб рационального очертания:

- ∅1200 мм l = 3,0 м и эллиптической формы эквивалентных диаметру 1000мм l = 5,0 м. Испытания показали соответствие их прочности железобетонным трубам.

12. Изучено поведение жидкостекольно-шлаковых бетонов на фрагментах труб в натурных условиях эксплуатации Орджоникидзевского коллектора г.Харькова. K_c через 1,5 года испытаний составил 0,98.

13. Расчетный годовой экономический эффект при достижении проектной производительности технологической линии 30 тыс. $м^3$/год составил 71,5 млрд. крб. за год (в ценах января 1996 г.).

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Кострюков К.Б., Зеленский Д.Ю. Бетонные трубы повышенной плотности и кислотостойкости./ Тезисы докладов 48-й научно-технической конференции "Повышение эффективности строительства".- Харьков: ХИСИ.- 1993.- С.118.

2. Бабушкин В.И., Кострюков К.Б. Устройство для эффективного формования безнапорных бетонных и железобетонных труб./ Тезисы докладов 49-й научно-технической конференции "Повышение эффективности строительства".- Харьков: ХИСИ.- 1994.- С.39.

3. Бабушкин В.И., Вандоловский А.Г., Кострюков К.Б. Неармированные трубы и кольца из бетона с использованием отходов промышленности./ Тезисы докладов 1-й международной научно-технической конференции "Материалы для конструкций XXI века".- Днепропетровск: ДИСИ.- 1992.- С.126.

4. Бабушкин В.И., Кострюков К.Б., Бродко О.А. Коррозионностойкие неармированные трубы для строительства канализационных коллекторов.- БТИ "Капитальное строительство".-Министерство обороны УССР.- №3.- 1994.- С.24.

5. Бабушкин В.И., Вандоловский А.Г., Жалкина С.В., Плугин А.А., Зеленский Д.Ю., Кострюков К.Б. Бетонные неармированные трубы плотной и пористой структуры.- Информационный листок.- ХАРПНТЭИ.- №11.-1995.

6. Бабушкин В.И., Кострюков К.Б. Новая конструкция бетонных труб и способ их производства.- Информационный листок.- ХАРПНТЭИ.- №97.- 1995.

7. Кострюков К.Б, Бабушкин В.И. и др. Головка для прессования трубчатых изделий из бетонных смесей.- А.с. № 1754460.- Бюллетень №30.- 1992.- С.72.

8. Кострюков К.Б. и др. Устройство для изготовления трубчатых изделий из бетонных смесей.- Положительное решение Госпатента Украины № 1969 от 17.07.95 г. по заявке № 94051398.

9. Кострюков К.Б., Терехов Б.Ф. Устройство для формования трубчатых изделий./ Тезисы докладов 44-й научно-технической конференции.- Харьков: ХИСИ.- 1989.- С.54.

10. Кострюков К.Б. Эффективный способ активации бетонной смеси.- Информационный листок.- ХАРПНТЭИ.- №155.- 1995.

11. Кострюков К.Б., Зеленский Д.Ю. Проектирование оборудования и оснастки для производства бетонных труб. / Тезисы докладов 51-й научно-технической конференции ХГТУСА.- Харьков: ХГТУСА.- 1996 (в печати).

АНОТАЦІЯ

Кострюков К.Б. "Удосконалення технології та розробка формуючого пристрою для виготовлення безнапірних бетоних труб".

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальностями 05.23.05 і 05.05.02. Харківський Державний технічний університет будівництва та архітектури, Харків, 1996 р.

Розроблені основи технологі виготовлення безнапірних труб раціональної форми поперечного перерізу з використанням радіально-осьового пресування бетонної суміші. Вдосконалені склади бетонних сумішей на основі портландцементу, а також рідкоскляно - шлакового в'яжучого.

Одержані вироби підвищеної міцності, водонепроникнення та корозійної стійкості. Результати дисертації опубліковані в 9 наукових працях і захищені 2 винахідами.

Ключові слова: бетон, труби, пресування, в'яжуче, міцність, корозійна стійкість, ресурсозбереження.

ANNOTATION

Konstantin B. Kostryukov "Improvement of technology and production forming plant for making non-pressure pipes of concrete".

Thesis for "Master of Technical Science" academic degree on specialities 05.23.05 and 05.05.02, Kharkov State Technical University of Building and Archetecture, Kharkov, 1996.

Bases are worked out technology of making non-pressure pipes rational forms of cross cut-out with using radial-axis pressing of concrete mixtures. To improved contents of concrete mixtures to basis of portland cement and liquid-glass-slag binder.

To receive making high strength, small permeability and corrosion resistance. results of tesis were published in 9 scientific articles and protected by 2 inventions.

Key words: concrete, pipes, pressing, binder, strength, corrosion resistance, resourses saving.

Подписано в печать . Формат 30x21.
Тираж 100 экз. Заказ №517
Напечатано ООО КиПи-РИЗО. г.Харьков,
пр. Ленина, 17а, к.405. Тел. (0572) 45-21-33.