

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»  
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

УДК 521.643

В. Н. Лозовой, А. П. Васильченко

**ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ТИПОВ  
ВОДОВОДОВ (ОТКРЫТЫХ И ЗАКРЫТЫХ) С ЦЕЛЬЮ  
СНИЖЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ ВОДЫ**

Научный обзор

Новочеркасск 2012

## Содержание

Введение .....	3
1 Общие положения и определения .....	4
2 Типы водоводов .....	6
2.1 Открытые водоводы (каналы) .....	9
2.1.1 Стадии фильтрации из каналов .....	9
2.1.2 Основные типы одежд мелиоративных каналов .....	11
2.2 Закрытые водоводы (трубопроводы) .....	14
2.2.1 Виды стеклопластиковых труб .....	15
2.2.1.1 Стеклопластиковые трубы на полиэфирном связующем (GRP) .....	17
2.2.1.2 Стеклопластиковые трубы на эпоксидном связующем (GRE) .....	20
2.2.2 Типы соединений стеклопластиковых труб .....	21
2.2.3 Номенклатура продукции «Superlit» .....	23
2.2.4 Спецификация продукции «Superlit» .....	23
3 Расчет экономической эффективности от применения стекло- пластиковых труб .....	24
Заключение .....	26
Список использованной литературы .....	27

## Введение

В последнее время в России одним из крупных потребителей воды является орошаемое земледелие. В орошаемом земледелии до 95 % используют воды поверхностного стока с последующей доставкой воды посредством открытых каналов различного порядка и закрытых водоводов различного диаметра к орошаемым массивам.

Большая часть открытых оросительных каналов и в настоящее время остается в земляном русле, что обуславливает большие потери на фильтрацию и низкий КПД, составляющий в современных условиях эксплуатации в среднем 0,7-0,8 [1, 2].

Одним из главных критериев выбора конструкции противофильтрационной защиты (ПФЗ) является КПД канала, который зависит от конструкции, гидравлических и фильтрационных характеристик, технического состояния канала, грунтов и гидрогеологических условий водопроницаемого основания. При выборе конструкции ПФЗ также должны учитываться технико-экономические показатели, основанные на оптимальном уровне надежности ПФЗ. При этом оптимальный уровень надежности противофильтрационных облицовок определяется из условия минимизации суммы затрат и риска, связанного с возможными повреждениями противофильтрационного элемента [3].

При этом следует отметить, что наиболее высокие КПД (0,98-0,99) обеспечивают предлагаемые ФГБНУ «РосНИИПМ» новые конструкции облицовок открытых водоводов (каналов) с применением геомембран и полимерных материалов. В настоящей работе рассматриваются варианты использования комбинированных типов водоводов (открытых и закрытых) с целью снижения фильтрационных потерь на мелиоративных системах. Делается основной упор на использование напорных и безнапорных полиэфирных труб «Superlit» армированных стекловолокном GRP, изготавливаемых в соответствии с международными стандартами на современном заводе, оснащенном новейшими машинами и оборудованием.

## 1 Общие положения и определения

*Водовод* – водопропускное гидротехническое сооружение (ГТС), осуществляющее подвод, транзитное транспортирование и отвод воды в заданном направлении. Различают безнапорные (если поток движется в них безнапорно, т.е. со свободной поверхностью) и напорные водоводы. В зависимости от конструкции проточной части водоводы делятся на искусственные открытые русла, устроенные в грунте – *каналы*; открытые русла, выполненные из различных материалов (бетона, камня, стали, синтетической ткани или пленки и т.п.) – *лотки*; закрытые выполненные из различных материалов – *трубы и трубопроводы*; закрытые (замкнутые) русла, устроенные в земной коре без вскрытия лежащей над ними массы грунта (гидротехнические *туннели*) [4, 5].

*Комбинированный водовод* на мелиоративных системах в зависимости от рельефа местности и пропускаемого расхода воды выполняют в виде рационального протрассированного канала со спокойным или бурным режимом потока и напорного или безнапорного трубопровода.

Водовод выбирают на основе технико-экономического расчета, исходя из рельефа местности, гидравлических параметров, стоимости электроэнергии, строительно-монтажных работ, строительных материалов и изделий.

Практика эксплуатации мелиоративных систем в различных природно-экономических зонах позволит определить область оптимального использования различных типов водоводов с целью снижения потерь воды на этих системах.

Если на открытых водоводах (каналах) уже нашли применение новые противofильтрационные конструкции облицовок каналов и водоводов с применением геомембран и других композитных материалов, то на закрытых водоводах (трубопроводах) до сих пор применяют трубы из стали, бетона, полиэтилена и других материалов.

Недостатки таких труб – это большой вес, подверженность абразивному износу, отсутствие надежной антикоррозийной защиты, большой объем капитальных и текущих ремонтов и т.п.

В настоящее время с точки зрения экономической эффективности и снижения потерь воды на мелиоративных системах одним из наиболее перспективных вариантов решения данной проблемы, на наш взгляд, является применение композитных стеклопластиковых труб «Superlit».

Основные преимущества этих труб следующие:

- продолжительный срок службы – более 50 лет;
- значительно меньший вес, чем у труб из других материалов (по сравнению со стальными в 4 раза, по сравнению с бетонными в 10 раз);
- простота монтажа труб (раструбный монтаж);
- высокая коррозионная стойкость;
- высокие экологические и санитарно-гигиенические характеристики.

Высокая механическая прочность (до 40 бар), гибкость труб по отношению к пиковым нагрузкам, их коррозионная устойчивость, малая шероховатость внутренней поверхности делают водоводы из труб «Superlit», армированных стекловолокном GRP, наиболее предпочтительными при решении проблем потерь воды на мелиоративных системах при использовании комбинированных водоводов.

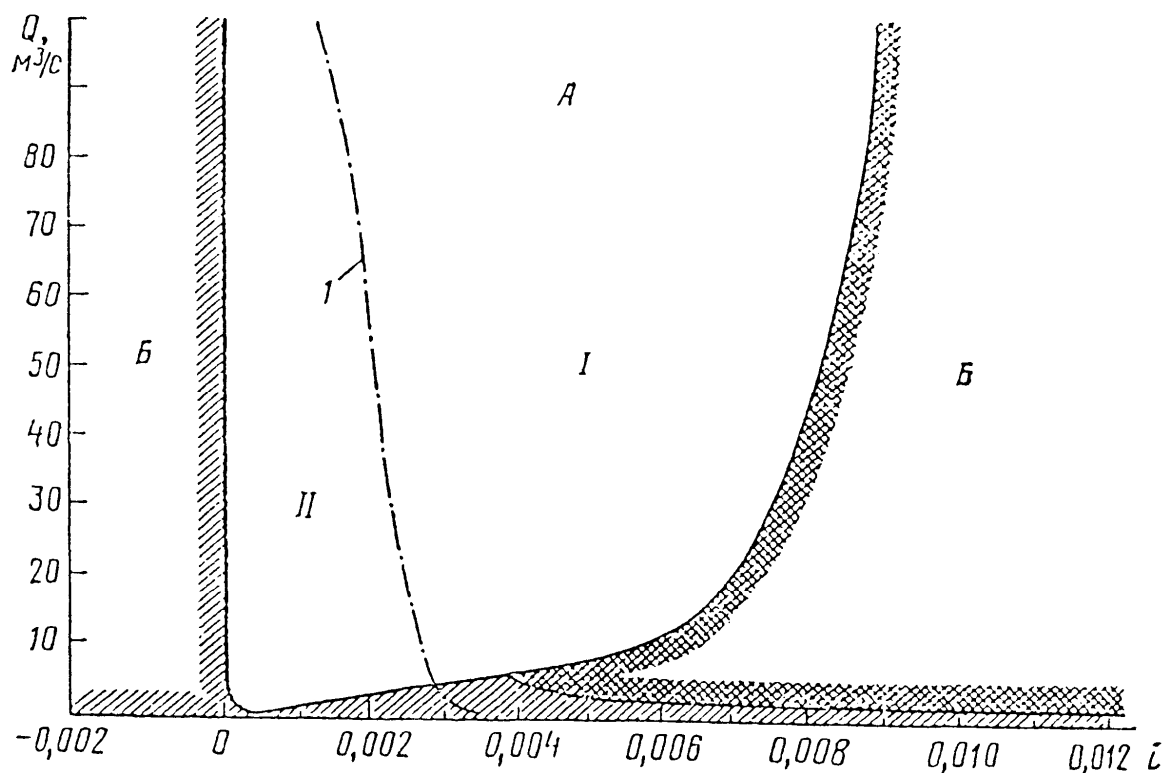
Современный рынок стеклопластиковых труб характеризуется периодом становления устойчивого спроса и интенсивного роста. В этих условиях производителями и потребителям стеклопластиковых труб будет небезынтересно узнать о положении дел в России с производством труб, оценить перспективные и сдерживающие факторы развития рынка. Информация о деятельности отечественных и зарубежных производителей позволит специалистам выявить конкурентные преимущества и недостатки основных производителей этих труб.

## 2 Типы водоводов

*Водовод* – искусственное сооружение (канал, лоток, трубопровод, туннель), служащие для подвода, распределения и отвода воды.

Мелиоративные водоводы классифицируются по различным признакам (таблица 1).

Практика проектирования мелиоративных систем в различных природно-экономических зонах позволила определить области оптимального использования различных видов водоводов (рисунок 1). Для конкретных условий границы этих областей могут несколько смещаться [6].



I – граница спокойного и бурного состояния потока в каналах; I – каналы с бурным состоянием потока; II – каналы со спокойным состоянием потока; А – область применения каналов; Б – область применения напорных трубопроводов

**Рисунок 1 – Ориентировочные области применения каналов и трубопроводов**

**Таблица 1 – Классификация мелиоративных водоводов**

Признак классификации	Тип водовода	Выполняемые функции и особенности работы
1	2	3
1 По мелиоративному назначению	Каналы и трубопроводы: - оросительные - водосборно-сбросные  - осушительные (дренажные) - обводнительные  - оросительно-обводнительные, осушительно-увлажнительные и т.д.	Подвод воды от источника до поливной техники и орошаемых участков Сбор и отвод с территории оросительной системы ливневых и талых вод; воды из распределителей и оросит елей при технологических сбросах, опорожнении, авариях; сбросной воды с полей при поверхностном поливе и дождевании Сбор и отвод дренажных вод в водоприемники Подвод воды от источника до места водопотребления в безводных и маловодных районах Совмещение нескольких функций
2 По способу подачи воды: - каналы  - трубопроводы	Самотечные Машинные (с механическим подъемом воды) Безнапорные Самонапорные Напорные: - низконапорные - высоконапорные	Режим потока определяется уклоном местности и пропускаемым расходом Режим потока регулируют насосные агрегаты  Труба работает не полным сечением Движение воды под напором, создаваемым уклоном местности Напор создается насосом Напор в трубах до 0,5 МПа Напор в трубах свыше 0,5 МПа
3 По взаимодействию в мелиоративной сети: - оросительные	Магистральный канал (трубопровод) и его ветви	Подвод воды от водозабора к следующему звену оросительной сети – межхозяйственным распределителям

Продолжение таблицы 1

1	2	3
<p>∞</p> <p>- осушительные (дренажные)</p> <p>- оградительные</p>	<p>Распределители различных порядков:</p> <p>- межхозяйственные</p> <p>- внутрихозяйственные оросители</p> <p>Водосбросные каналы</p> <p>Сбросные каналы, лотки, трубопроводы</p> <p>Проводящий (магистральный) канал</p> <p>Коллекторы различных порядков (открытые и закрытые)</p> <p>Собиратели</p> <p>Осушители (дрены открытые или закрытые)</p> <p>Нагорные каналы</p> <p>Ловчие каналы</p>	<p>Подвод воды от МК во внутрихозяйственные распределители к группам водопользователей</p> <p>Подвод воды к отдельным хозяйствам или внутри хозяйства к оросителям.</p> <p>Оросительный канал или трубопровод (переносной, стационарный) для подвода воды на орошаемое поле в поливные борозды или полосы, к дождевальным машинам и установкам</p> <p>Прием поверхностных и сбрасываемых вод с территории оросительных систем</p> <p>Прием и отвод воды из водосбросных каналов, распределителей и оросителей</p> <p>Прием и отвод воды в водоприемник из впадающих в него коллекторов</p> <p>Прием и отвод воды из впадающих в них собирателей и осушителей (дрен)</p> <p>Своевременный отвод избыточных поверхностных вод</p> <p>Понижение УГВ в требуемые сроки</p> <p>Перехват поверхностных вод, стекающих с водосбора</p> <p>Перехват подземных вод, поступающих с водосбора</p>



## 2.1 Открытые водоводы (каналы)

*Канал* – искусственный водовод в земляном русле или из сборных элементов, уложенных на поверхности земли или на опорах (лоток). Каналы классифицируются по назначению (таблица 1), по особенностям конструкции и условиям работы (таблица 2). Оросительные каналы прокладывают на отметках, позволяющих командовать над возможно большей площадью, с учетом иерархической взаимосвязи их работы, то есть должно обеспечиваться командование временных или поливных оросителей над орошаемой площадью (на 0,5-0,1 м), участковых – над поливными (на 0,05-0,1 м) и над переносными трубопроводами (на 0,15-0,2 м).

В связи с тем, что целью работы является разработка вариантов использования комбинированных типов водоводов (открытых (каналы) и закрытых (трубопроводы) с целью снижения фильтрационных потерь представляется целесообразным рассмотреть современные методы борьбы с этими потерями.

### 2.1.1 Стадии фильтрации из каналов

*Фильтрация* – движение воды сквозь пористую среду в естественных пластах грунта под поверхностью земли.

Длительная фильтрация воды из оросительных каналов протекает в двух основных, качественно отличающихся стадиях: без подпора – свободная фильтрация и фильтрация с подпором.

*Фильтрация без подпора* – грунты зоны аэрации смачиваются в условиях неполного насыщения пор грунта водой без взаимодействия с естественным грунтовым потоком.

*Фильтрация с подпором* – фильтрационный поток из канала соединяется и взаимодействует с грунтовым потоком.

**Таблица 2 – Классификация каналов по конструкциям и условиям работы**

Принцип классификации	Тип канала	Условия и особенности применения
Конструкция	Грунтовые необлицованные	Каналы в прочных и слабофильтрующих грунтах; каналы оросительных систем при КПД не ниже 0,9. Устойчивости русла достигают назначением неразмывающих скоростей; противофильтрационная защита – естественное экранирование
	Грунтовые облицованные	До 70 % строящихся мелиоративных каналов. Допускают повышение скорости потока; противофильтрационная защита – искусственные и комбинированные облицовки и экраны
	Лотковые	При неблагоприятных топографических и геологических условиях, на участках в насыпи, с фильтрующими и просадочными грунтами; на оползающих косогорах со скальными грунтами
Условия использования	Постоянные: - основные - второстепенные	Магистральные (оросительные и осушительные) и их ветви Внутрихозяйственные оросительные, коллекторы и др.
	Временные	Временные оросители и дрены
Технология работы	С непрерывным циклом	Магистральные и межхозяйственные каналы (последние не всегда)
	С прерывистым циклом	Внутрихозяйственные оросители, коллекторы и дрены
Условия трассировки	В выемке	При обеспечении командования (или без подпорного отвода) по условиям местности; каналы в косогорах
	В насыпи	Для обеспечения самотечной водоподачи; при пересечении трассы с понижениями рельефа; на рисовых системах
	В полувыемке-полунасыпи	Большинство каналов: русло в выемке, дамбы из вынутого грунта. Каналы на косогоре с устройством дамбы, сопряженной с основанием ступенями

Для каналов в грунтовом русле при небольшой мощности зоны аэрации фильтрация без подпора переходит в подпертую с момента смыкания фронта смачивания с УГВ. Продолжительность ее обычно составляет несколько суток или недель. Фильтрационный поток в этом случае неустановившийся. Потери воды уменьшаются с течением времени. Для каналов с малопроницаемой одеждой или экраном фильтрация без подпора состоит из двух фаз: смачивания грунтов зоны аэрации и подъема УГВ под каналом. Свободная фильтрация переходит в подпертую лишь после подъема УГВ до дна канала. Ее продолжительность может достигать нескольких лет. Величина потерь воды зависит в этом случае в основном от проницаемости одежды, поэтому поток быстро стабилизируется и его расход практически не изменяется.

### **2.1.2 Основные типы одежд мелиоративных каналов**

*Одежда* – искусственное крепление дна и откосов грунтовых каналов более прочными материалами с целью защиты от размыва течением, от волновых и механических воздействий, борьбы с фильтрационными потерями и улучшения условий пропуска расчетных расходов воды. Типы одежды выбирают на основе технико-экономического сравнения вариантов в зависимости от назначения канала, геологических условий, скорости течения, условий эксплуатации и наличия местных материалов.

*Одежды оросительных каналов*, работающих при резких колебаниях уровня воды в русле и залегания УГВ ниже его дна, предназначены для защиты откосов от размывов и эрозии, сокращения и предотвращения фильтрации. Для этой цели используются естественные экранированные русла, искусственные облицовки и экраны.

Противофильтрационная эффективность различных типов облицовок в сравнении с каналами без облицовок, проложенных в различных грунтах, может быть оценена по таблице 3.

**Таблица 3 – Основные типы одежд оросительных каналов**

Тип одежды	Конструкция и материалы	Область применения
1	2	3
<i>Естественное экранирование русла</i>		
Кольматирование	Крепление дна и откосов бетоном или химическими веществами проникающими в грунт и закупоривающими его поры	Противофильтрационная защита русла
Механическое уплотнение дна и откосов	Глубокое уплотнение (до 1 м) грунтов русла канала	То же
Рыхление с последующим заглаживанием русла	Рыхление поверхности, слоя на глубину 0,4 м с последующим уплотнением	Противофильтрационная защита дна и откосов, сложенных глинами или суглинками с повышенной водопроницаемостью
Глинистые экраны	Экран из хорошо уплотняемых глин или суглинков толщиной 0,4-0,6 м на дне и 0,6-1 м на откосах. Сверху экран защищают слоем щебня в 0,1-0,15 м на дне и необходимой одеждой по подготовке на откосах	Противофильтрационная защита дна и откосов, сложенных сильнопроницаемыми несвязными грунтами
Крепление каменными материалами	Отсыпка гравия или щебня; каменная наброска (камня непосредственно или в ящиках из железобетона, металлических сеток и др.). В суффозионных грунтах, при высоком стоянии грунтовых вод требуется подготовка в виде обратного фильтра	Крупные каналы для защиты от размыва и волнового воздействия
<i>Искусственная облицовка и экраны</i>		
Монолитные: - бетонные (реже железобетонные)	Бетонные русла слоем толщиной 0,1-0,25 м (железобетонные – 0,06-0,15 м), в зоне льдообразования на 50-70 % толще. На пучинистых грунтах устраивают подготовку из непучинистых грунтов	Каналы на прочных устойчивых грунтах. Эффективны для борьбы с потерями воды на фильтрацию и уменьшение потерь энергии благодаря меньшей шероховатости. Недостаток – высокая стоимость, отсутствие высокопроизводительной техники

Продолжение таблицы 3

1	2	3
- асфальтобетонные  - глинобетонные	Однослойные или многослойные покрытия из асфальта (толщина 2-2,5 см) или асфальтобетона (4-6 см). Основание предварительно обрабатывают гербицидами. На сильно деформируемых грунтах асфальтобетон армируют металлической сеткой Слой механической смеси глины (24 %), песка (36 %) и гравия или щебня (40 %)	Эффективные облицовки каналов с заложением откосов $m \geq 2$ . Стоимость на 30-40 % ниже бетона. Высокие противofильтрационные свойства, отказ от швов. Однако повышается шероховатость канала, усиливается сцепление с наносами Противofильтрационная защита русла канала
Сборные железобетонные (реже бетонные)	Железобетонные (бетонные) плиты, предварительно напряженные плиты типа ВПК 6×1×0,06 м, 6×1,5×0,06 м или ПК 3×2×0,1 м. Укладываются на слой гравийной подготовки. Толщина облицовки 6-10 см	Прямые участки каналов. Высокое качество плит заводского изготовления, скорости строительства. недостаток – большое число швов, повышающих водопроницаемость
<i>Комбинированные</i>		
Грунтопленочные	Экран из полимерной пленки по выровненному основанию, предварительно обработанному гербицидами. Швы сваривают или склеивают. Экран покрывают слоем уплотненного грунта толщиной не менее 0,5 м	Каналы в мягких грунтах с заложением откосов $m \geq 3$ при повышенных требованиях к противofильтрационной защите
Бетонные или железобетонные на полимерном экране	Стабилизированная полиэтиленовая пленка толщиной 0,4-0,6 мм по выровненному основанию, швы сварены или склеены. Сверху – монолитный бетон с песчаным заполнителем	При повышенных требованиях к противofильтрационным покрытиям на просадочных и суффозионно-неустойчивых грунтах
Многослойные	Нижний слой – монолитный бетон или сборные железобетонные плиты; слой – гидроизоляции из полимерных пленок или битумных мастик; верхний слой – монолитный бетон	Ответственные участки каналов (закругления и др.), при повышенных противofильтрационных требованиях

Практика эксплуатации мелиоративных систем, повышение эффективности существующих оросительных систем неразрывно связаны с выполнением мероприятий по снижению потерь воды из каналов на фильтрацию. Применяемые традиционно грунтовые противofильтрационные экраны, получаемые методами поверхностного послойного уплотнения, как показывают исследования, не эффективны и разуплотняются через 2-3 года и требуют первоначального конструктивно-технологического восстановления, что ограничивает их использование в последние 40-50 лет [7-11].

Как в зарубежной, так и в отечественной практике мелиоративного строительства в процессе накопления опыта осуществлялся переход от использования в строительстве пленочных противofильтрационных материалов к использованию листовых материалов, а в последствии – и геомембран.

С началом применения полимерных пленок, а в последствии – листовых полимерных материалов и геомембран, гидротехническое строительство открытых оросительных водоводов (каналов) в нашей стране и за рубежом шагнуло на более высокую ступень в вопросе защиты от негативного воздействия фильтрации на прилегающие мелиоративные территории.

## **2.2 Закрытые водоводы (трубопроводы)**

*Трубопровод* – водовод из труб. Трубы являются главной дорогостоящей частью проектов по орошению. Эксплуатационный срок труб, проложенных под или над землей, важен для эффективного использования вложенных инвестиций. Производство труб и затраты на их эксплуатацию, образующие во всем мире важный аспект стоимости проектов по орошению, стали весьма актуальными. Для орошения особенно предпочтительны трубные системы, т.к. они предотвращают потери воды. Как композиционный материал стеклопластиковые трубы все более широко используются

для проектов орошения и трубы производства компании «Superlit» все больше заменяют традиционные металлические и бетонные, а также общепринятые открытые каналы (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Монтаж трубопровода из стеклопластиковых труб**

### **2.2.1 Виды стеклопластиковых труб**

Под трубами (водоводами) из полимерных композитных материалов (ПКМ) понимаются стеклопластиковые, базальтопластиковые, органопластиковые или иные трубы в зависимости от типа армирующего наполнителя с полимерным связующим из термореактивного материала. Для композиционных труб применяют, как правило, эпоксидные или полиэфирные связующие.

Трубы из стеклопластика классифицируются по жесткости, номинальному давлению и внутреннему диаметру.

Жесткость трубы определяется ее способностью сопротивляться нагрузкам от окружающего грунта и движения транспорта, а также отрицательным внутренним давлением. Чем толще стенка, тем выше жесткость и

способность к сопротивлению нагрузкам. По жесткости в разных системах стандартизации трубы делятся на классы (таблица 4).

**Таблица 4 – Показатели жесткости труб в различных системах стандартизации**

Система стандартизации	Обозначение	Единица измерения	Класс жесткости		
			SN 2500	SN 5000	SN 10000
ISO	$S_p$	Н/м <sup>2</sup> (Па)	2500	5000	10000
DIN	$S_2$	Н мм (МПа)	0,02	0,04	0,08
ASTM	F/Δy	Psi	20	40	80

Трубы также классифицируются по номинальному давлению (PN), под которым подразумевается величина безопасного давления воды в МПа при температуре 20 °С в течение нормального срока службы (обычно 50 лет).

Технологические процессы производства стеклопластиковых труб позволяют изготавливать трубы с внутренним покровным слоем, стойким к воздействию разных сред (таблица 5).

**Таблица 5 – Типы внутреннего слоя труб и их влияние на технические характеристики**

Обозначения типа внутреннего слоя трубы	Максимальная рабочая температура, °С	Предельное значение рН при максимальной температуре
VA	35	1,0-9
DA	50	0,8-10
DS	75	0,5-13
HP	90	0,2-14

В России стеклопластиковые трубы и детали в зависимости от температуры, содержания твердых компонентов, химического состава транспортируемого вещества изготавливают с различными защитными внутренними покрытиями [12]. Их подразделяют на следующие виды:

- для жидкостей с абразивными компонентами;
- для химически агрессивных сред;
- для питьевой холодной воды;
- для горячей (до 75 °С) воды хозяйственно питьевого водоснабжения;
- для других сред.



Толщина слоя внутреннего защитного покрытия составляет от 0,5 до 3 мм в зависимости от всего покрытия и транспортируемой среды.

Доля стеклянных волокон в материале трубы может составлять от 65 до 85 %. Физико-механические характеристики стеклопластиковых труб зависят от закона армирования (направления укладки стеклянных волокон) и для каждого типа трубы различаются расположением этих волокон вдоль оси и в окружном направлении (таблица 6).

**Таблица 6 – Зависимость физико-химических свойств труб от типа намотки**

Наименование показателя	Трубы спиральной намотки с углом намотки 55°	Трубы непрерывной намотки армированные 2:1
Предел прочности при растяжении в тангенциальном направлении, МПа, не менее	240	180
Предел прочности при растяжении в осевом направлении, МПа, не менее	120	80
Модуль упругости в тангенциальном направлении, МПа, не менее	25000	19000
Модуль упругости в осевом направлении, МПа, не менее	12000	8000
Коэффициент линейного теплового расширения (осевой) 1 °С, не более	$18 \times 10^{-5}$	$21 \times 10^{-5}$
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1800-1900	1600-1700
Весовое соотношение стеклонаполнитель / связующее	65-72/35-28	50-55/50-40
Тангенциальные напряжения при растяжении, МПа, не более	50	35
Осевые напряжения при растяжении, МПа, не более	24	16
Деформация при растяжении, мм/м, не более	0,2	0,2

Как правило, все производители стеклопластиковых труб стремятся к тому, чтобы прочность в окружном направлении трубы была в два раза выше прочности вдоль оси.

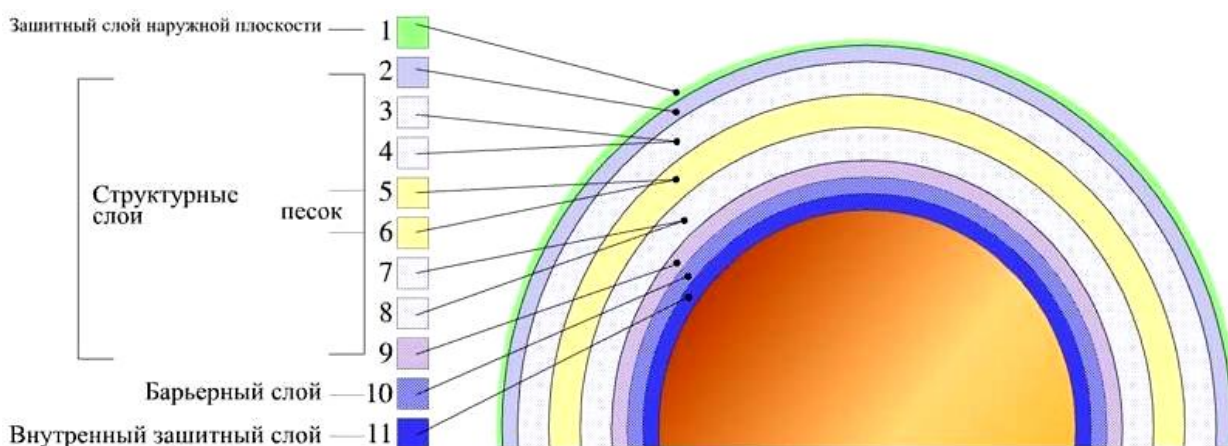
### **2.2.1.1 Стеклопластиковые трубы на полиэфирном связующем (GRP)**

Конструкция стенки трубы формируется на основе армированных стекловолокном термореактивных полиэфирных смол и песчаного наполни-

теля. Применяемая технология позволяет создать структуру стенки трубы с использованием характерных свойств основных сырьевых материалов:

- непрерывная стекловолокнистая нить и рубленое стекловолокно вводятся для создания стягивающего усилия и осевой прочности;
- наполнитель (кварцевый песок) используется в центральной части стенки трубы для создания необходимой жесткости;
- стеклоткани используются для придания необходимых свойств наружному слою трубы.

Таким образом, стенка трубы образуется из связующих и армированных компонентов, наполнителя, поверхностных усилителей и дополнительных компонентов (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Сечение стеклопластиковой трубы (GRP)**

В качестве связующих компонентов для создания матрицы композита используются полимеры – ненасыщенные термореактивные полиэфирные смолы. Они обладают важными для производства труб свойствами: отверждением при комнатной температуре, низкой степенью токсичности, химической инертностью, прочностью сцепки со стекловолокном.

В зависимости от сферы применения труб используются разные типы полимерных и других смол.

Высокие качественные стандарты – очень важный фактор для трубопроводных систем «Superlit». Все производственные предприятия перио-

дически проходят сертификацию и имеют официальный сертификат, например, ISO 9001. В зависимости от страны, трубопроводные системы сертифицируются согласно AVWV, CEN, ASTM, DIN, BSI, ISO, TSE и другим международным или местным стандартам и разрешениям.

Армирующими компонентами являются различные виды стеклопластика, обеспечивающие необходимую прочность, а также коррозионную стойкость трубы. Применяются комбинации непрерывного (нити и жгуты) и рубленого стекловолокна. Ориентация и количество стекловолокна обеспечивает разные механические характеристики труб [13].

В качестве поверхностных усилителей используются легкие стеклопластиковые покрытия для того, чтобы усилить слои с высоким содержанием смолы. Поверхностные оболочки из стекломатов обеспечивают высокую устойчивость поверхностей трубы к воздействию внутренней и внешней среды.

Толщина стенки трубы определяется ее структурой, включающей в себя несколько слоев.

Внутренний слой – лайнер (толщиной 0,8-1,2 мм) обеспечивает герметичность, максимальную устойчивость к химической коррозии, к абразивному истиранию, гладкость внутренней поверхности исключает отложения на стенках трубы. Лайнер выполняется из специальной смолы.

Структурный (несущий) слой, задающий механические свойства, гарантирует устойчивость всей трубы к внешнему или внутреннему давлению, к наружной нагрузке в результате транспортировки и установки, к нагрузке почвы, нагрузке потока, к термическим нагрузкам и т.п. Структурный слой образуется путем нанесения и намотки на частично отвердевший нижний слой термореактивного полимера (полиэфирной смолы), непрерывной намотки стекловолокна, рубленых стекловолокон и кварцевого песка.

Наружный слой имеет толщину 0,2-0,3 мм или более и служит для защиты трубы от воздействия солнечного света, агрессивной почвы

или коррозионной среды. Обычно он состоит из чистого полимера с добавлением (при наземной укладке водовода) ультрафиолетового ингибитора для защиты трубы от воздействия солнечного света.

Трубы «Superlit» на основе полиэфирных смол устойчивы к коррозии и к не очень агрессивным средам. Они более дешевы, а потому имеют широкую область применения (таблица 7).

**Таблица 7 – Сфера применения стеклопластиковых труб на полиэфирном связующем**

Сельское хозяйство	Трубопроводные системы для мелиорации
	Дренажные трубопроводы и колодцы
ЖКХ	Трубопроводы систем холодного водоснабжения
	Напорные и безнапорные системы бытовой и промышленной канализации
	Системы ливневой канализации
	Колодцы
Другие сферы	Технологические трубопроводы для промышленных установок
	Водозаборы
	Коммуникации очистных сооружений

Трубы из полиэфирных смол не могут применяться при высоких температурах транспортируемой среды (свыше 90 °С) и в условиях высокого давления – свыше 32 атмосфер.

### **2.2.1.2 Стеклопластиковые трубы на эпоксидном связующем (GRE)**

Для применения в условиях высокого давления, высоких температур и при контакте с агрессивными средами в мире применяются стеклопластиковые трубы на эпоксидном связующем. Они способны выдерживать давление до 204 атм. Максимальная температура эксплуатации этих труб достигает 130 °С.

Стеклопластиковые трубы на основе эпоксидных смол имеют множество преимуществ. Стекловолокно, пропитанное эпоксидной смолой, не подвержено коррозии и поэтому не требует изоляции (внутренней и внешней), химических ингибиторов, катодной и анодной защиты и защиты от коррозии. Еще одним из преимуществ является увеличение срока службы насосов и другого встроенного в трубопровод оборудования из-за пол-

ного отсутствия в потоке частиц ржавчины. Низкая теплопроводность GRE труб уменьшает потери тепла из системы трубопроводов, вследствие чего во многих случаях исчезает необходимость в изоляции.

Отличительной особенностью GRP труб от труб GRE являются габаритные размеры. Как правило, стеклопластиковые трубы на основе полиэфирных смол имеют большой диаметр по сравнению со стеклопластиковыми трубами на эпоксидном связующем. Диаметр GRP труб составляет от 30 до 4500 мм, диаметр GRE труб – от 5 до 600 мм.

### **2.2.2 Типы соединения стеклопластиковых труб**

Трубы и соединительные детали из стеклопластика изготавливаются под стыковые соединения следующих типов: фланцевый (Ф), бугельный (Б), муфтовый (М), муфтовый клеевой (МК), раструбный (Р), специальный (С).

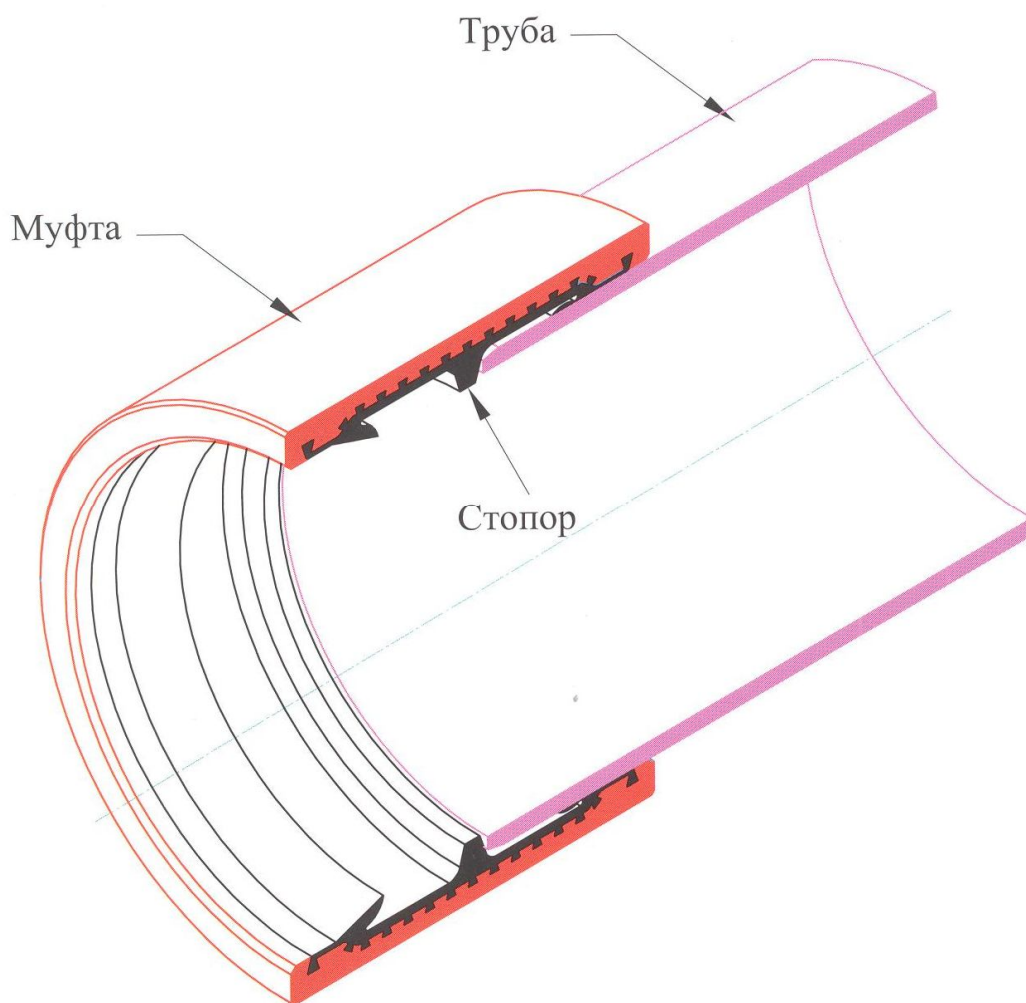
К наиболее распространенным видам относятся:

- *раструбно-шиповое соединение с двойным кольцевым уплотнителем*, которое обеспечивает быструю и надежную сборку труб и фасонных элементов. Два эластичных кольцевых уплотнения круглого сечения, устанавливаемые в параллельные окружные канавки на шиповой законцовке, обеспечивают герметичность стыка в напорных и безнапорных трубопроводах. В зависимости от характеристик транспортируемой по трубопроводу среды применяются кольцевые уплотнения из различных марок резиновых смесей.

- *раструбно-шиповые соединения с двойным кольцевым уплотнением и стопорным элементом*, используемые для компенсации действия на трубопроводах осевых сил (например, в надземных трубопроводах). В этом случае применяется стопорный элемент, который устанавливается через отверстие в раструбе в кольцевые пазы на шиповой и раструбной законцовках и препятствует осевому перемещению элементов трубопровода

относительно друг друга. В зависимости от уровня осевых сил стопорный элемент может быть круглого или прямоугольного сечения и выполняется из различных материалов (полиамид, ПВХ, металлический трос).

Все трубопроводные решения «Superlit» имеют надежную систему соединений, которая обеспечивает функционирование системы на протяжении всего эксплуатационного срока. Система также предлагает решения для присоединения к клапану или другим фасонным изделиям. Трубы «Superlit» обычно соединяются при помощи стеклопластиковых муфт «Superlit». Труба и муфты могут поставляться отдельно, либо труба поставляется с установленной на одном конце муфтой. Муфта «Superlit» снабжена эластомерной уплотнительной прокладкой, которая «вмонтирована» при изготовлении муфты в процессе ее навивки. Она также включает стопор в середине муфты (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Положение трубы в муфте**

Трубы могут прогибаться в месте их соединения на угол между осями труб, как указано в таблице 8.

**Таблица 8 – Угол прогиба труб в соединении**

Диаметр труб, мм	Максимальный угловой прогиб (градусов)
80-150	6,0
200	5,5
250	5,0
300	4,0
350-600	3,0
700-800	2,5
900-1000	2,0
1100-1300	1,5

### **2.2.3 Номенклатура продукции «Superlit»**

Программа продукции «Superlit» предлагает широкий диапазон трубных диаметров и сопровождается широким спектром фитингов и аксессуаров.

Стандартный диапазон диаметров в мм: 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2400, 2600, 2800, 3000. Трубы больших диаметров (4000 мм) поставляются по заказу.

Все трубы поставляются в стандартных классах жесткости SN 2500, SN 5000, SN 10000. В зависимости от диаметров трубы «Superlit» доступны в классах давления от 1 до 32 бар. Трубы поставляются в стандартных длинах до 12 м. Возможно изготовление труб других длин по заказам.

### **2.2.4 Спецификация продукции «Superlit»**

Стеклопластиковые трубопроводные системы «Superlit» представляют решения для областей применения с высокими требованиями к коррозионной устойчивости и сопротивлению высокому давлению. Трубы характеризуются высокой прочностью стекловолокна и высокой коррозионной устойчивостью смолы. Такая комбинация механических и химических свойств делает трубы идеальным решением для оросительных проектов.

### 3 Расчет экономической эффективности от применения стеклопластиковых труб

В качестве объекта анализа выбраны трубы стеклопластиковая и стальная с футеровкой диаметром 200 мм, рабочим давлением 18 МПа для водовода. Гарантийный срок эксплуатации стеклопластиковой трубы – 25 лет, стальной трубы – 3 года.

В основу расчета приняты следующие исходные данные и виды затрат:

I Единовременные капитальные затраты на закупку труб – *З<sub>зак.</sub>*:

- вес 1 п.м. незаизолированной стальной трубы – 115 кг, стоимость 1 п.м. трубы *З<sub>зак. ст.</sub>* – 978 руб. с НДС;

- вес 1 п.м. стеклопластиковой трубы – 27 кг, стоимость 1 п.м. трубы *З<sub>зак. ст./пл.</sub>* – 4725 руб. с НДС.

II Затраты на проведение строительно-монтажных работ по прокладке трубопровода:

а) текущие затраты по защите от коррозии – *З<sub>тек.</sub>*:

- для стальных труб – 30 % от стоимости *З<sub>тек. ст.</sub>* =  $0,3 \times 3 \text{ зак. ст.} = 0,3 \times 978 \text{ руб.} = 293,4 \text{ руб.}$ ;

- для стеклопластиковых труб *З<sub>тек. ст./пл.</sub>* = 0;

б) затраты на монтаж и внешнюю гидроизоляцию – *З<sub>монт.</sub>*:

- для стальных труб диаметром до 400 мм – 200 % от первоначальной стоимости труб *З<sub>монт. ст.</sub>* =  $3 \text{ зак. ст.} \times 2 = 978 \text{ руб.} \times 2 = 1856 \text{ руб.}$ ;

- для стеклопластиковых труб – затраты на монтаж трубопровода диаметром до 320 мм составляют 30 % от первоначальной стоимости труб *З<sub>монт. ст./пл.</sub>* =  $3 \text{ зак. ст./пл.} \times 0,3 = 4725 \text{ руб.} \times 0,3 = 1417,5 \text{ руб.}$

III Эксплуатационные затраты.

Затраты на ремонт и замену труб –  $З \text{ р.} = N \times K \times 3 \text{ зак.}$ , где *N* – кратность замены труб в течении эксплуатации; *K* – коэффициент на ремонт и замену труб:



- для стальных труб  $N \text{ см.} = 2$ ,  $K \text{ см.} = 5$ , тогда  $3 \text{ р. см.} = 2 \times 5 \times 978 \text{ руб.} = 9780 \text{ руб.}$ ;

- для стеклопластиковых труб  $N \text{ см./мл.} = 0$ ,  $K \text{ см./мл.} = 0$ , тогда  $3 \text{ р. см./мл.} = 0$ .

Преимущества стеклопластиковых труб по сравнению со стальными:

- большой гарантийный срок эксплуатации (25 лет в данном случае);
- не разрушаются при замерзании воды;
- низкая масса (для данного случая стеклопластиковая труба в 4,3 раза легче стальной).

Экономия средств при эксплуатации стеклопластикового трубопровода с учетом вышеприведенных затрат за срок 25 лет по сравнению со стальным трубопроводом составляет 6764,9 тыс. руб. на 1 км трубопровода. В таблице 9 приведены расчетные данные по состоянию цен на 01.06.2001 года.

**Таблица 9 – Расчет экономической эффективности использования стеклопластиковой трубы  $D = 200$  мм, давление 18 МПа (водовод с покрытием)**

№ п/п	Виды затрат	Стальная труба, руб.	Стеклопластиковая труба, руб.	Экономия, руб.
I	Единовременные капитальные затраты: - стоимость трубы (3 зак.)	978,00	4725,00	
II	Затраты на проведение строительно-монтажных работ: - текущие затраты по защите от коррозии ( $0,3 \times 3 \text{ зак.}$ ) - затраты на монтаж ( $2 \times 3 \text{ зак.}$ )	293,4 1856,00	0,00 1417,50	
III	Эксплуатационные затраты: - затраты на ремонт и замену (3 р. = $N \times K \times 3 \text{ зак.}$ ) - суммарные затраты на 1 п.м. - суммарные затраты на 1 км трубопровода	9780,00 12907,40	0,00 6142,50	6764,90 6764900,00

## Заключение

Анализ приведенной в данной работе информации позволяет сделать следующие заключения:

- с применением полимерных пленок, листовых полимерных материалов и геомембран гидротехническое строительство открытых оросительных водоводов (каналов) в нашей стране и за рубежом шагнуло на более высокую ступень в вопросе защиты от негативного воздействия фильтрации на прилегающих мелиоративных территориях;

- КПД открытых водоводов при использовании композитных противофильтрационных материалов может быть повышен до 0,95-0,98;

- для орошения особенно предпочтительны трубные системы, так как они почти полностью предотвращают потери воды;

- как композитный материал стеклопластиковые трубы все более широко используются для проектов орошения, а трубы производства компании «Superlit» все больше заменяют традиционные металлические, бетонные и полиэтиленовые, а также общепринятые открытые каналы.

## Список использованной литературы

- 1 Косиченко, Ю. М. Гидравлические и экологические аспекты эксплуатации каналов / Ю. М. Косиченко. – Новочеркасск, 2000. – 253 с.
- 2 Щедрин, В. Н. Орошение сегодня: проблемы и перспективы / В. Н. Щедрин. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2004. – 255 с.
- 3 Ищенко, А. В. Анализ потерь на фильтрацию и КПД крупных облицованных каналов / А. В. Ищенко // Водное хозяйство. – Екатеринбург. – Т. 1. – 2006. – С. 53-61.
- 4 Румянцев, И. С. Мелиоративная энциклопедия / И. С. Румянцев. – М.: Наука, 2000. – С. 210-211.
- 5 Оводов, В. С. Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение / В. С. Оводов. – М.: Наука, 1984. – 480 с.
- 6 Мелиорация и водное хозяйство: справочник / И. П. Айдаров [и др.]; под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 416 с.
- 7 Ольгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, В. Н. Рыбкин. – Коломна, 2006. – 391 с.
- 8 Ищенко, А. В. Оптимальный уровень надежности противофильтрационных оболочек оросительных каналов / А. В. Ищенко. – Новочеркасск, 2006. – С. 82-89.
- 9 Мелиоративная энциклопедия. – М.: «Росинформагротех», 2004. – Т. 2 (К-П). – 444 с.
- 10 Чуприн, И. А. Борьба с потерями оросительной воды на системах / А. И. Чуприн, Н. Ф. Чередниченко. – М.: Россельхозиздат, 1970. – 360 с.
- 11 Защитное покрытие оросительных каналов / В. С. Алтунин [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с.
- 12 Обзор рынка стеклопластиковых труб в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://market.og-irk.ru/getresearch.php?id=1703&h=market.og-irk.ru>.
- 13 Superlit GRP. Стеклопластиковые трубы и фитинги полиэфирных труб, армированных стекловолокном [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.amiros.ru>.