

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

(наименование института полностью)

Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

(наименование кафедры)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки)

Водоснабжение городов и промышленных предприятий

(направленность (профиль))

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

на тему «Разработка комплектных береговых колодцев водозаборных  
сооружений из композитных материалов»

Студент

А.С. Фимин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

И.А. Лушкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программ к.т.н., доцент В.М. Филенков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Допустить к защите**

И.о. заведующего кафедрой к.т.н., доцент В.М. Филенков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Тольятти 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	5
1.1 Опыт применение железобетона при строительстве гидротехнических сооружений .....	5
1.2 Опыт применение стали при строительстве гидротехнических сооружений .....	13
1.3 Опыт применение полипропилена при строительстве гидротехнических сооружений .....	14
1.4 Опыт применение композитных материалов при строительстве гидротехнических сооружений .....	15
1.4.1 Общие сведения о композитных материалах .....	15
1.4.2 Опыт применение композитных материалов в строительстве ...	18
1.5 Перспективы развития композитной отрасли .....	35
ГЛАВА 2 ПОДБОР МАТЕРИАЛОВ. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ БЕРЕГОВЫХ КОЛОДЦЕВ. РАСЧЕТ ПРИГРУЗА ОТ ВСПЛЫТИЯ .....	39
2.1 Разработка конструкции водозаборного берегового колодца .....	39
2.1.1 Водозаборные сооружения. Общие сведения, типы, применение .....	39
2.1.2 Водозаборные сооружения берегового и руслового типа .....	41
2.2 Разработка конструкций береговых колодцев .....	43
2.3 Подбор материалов .....	54
2.4 Расчет пригруза от всплытия берегового колодца .....	61
ГЛАВА 3 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ИЗ КОМПОЗИТОВ .....	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	75
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	76

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность работы:**

Разработка и производство комплектных береговых колодцев для применения в водозаборных сооружениях берегового и руслового типа с использованием современных конструкционных материалов. Береговые колодцы традиционно изготавливаются из бетона и железобетона, что в свою очередь имеет ряд явных недостатков: сложность монтажа, герметизация, а также подверженность коррозии. Поэтому разработка сооружений заводского изготовления полностью готовых к монтажу с достижением максимальной герметичности конструкций и сокращением времени и затрат на монтаж, а также увеличением срока их эксплуатации на данный момент является актуальной темой.

**Объект исследования:** Береговые колодцы водозаборных сооружений берегового и руслового типа.

**Предмет исследования:** Применение комплектных береговых колодцев, изготовленных из коррозионностойких материалов, получение повышенных эксплуатационных характеристик при монтаже в обводненных грунтах.

**Целью работы** является разработка конструкций береговых колодцев с применением композитных материалов.

**Для реализации цели поставлены следующие научно-технические задачи:**

1. Анализ опыта применения оборудования из композитных материалов.
2. Подбор материалов. Разработка конструкций береговых колодцев. Расчет пригруза от всплытия.
3. Технико-экономическое обоснование изготовления оборудования из композитов.

**Методы исследования:** в процессе работы были проведен анализ нормативной технической документации, применен аналитический метод.

**Научная новизна заключается в:**

- Теоретическом обосновании конструкции водозаборных береговых колодцев, изготовленных из стеклопластика;
- Разработка конструкции водозаборного берегового колодца из композитных материалов;
- В технико-экономическом обосновании применения композитных материалов, а именно стеклопластика для изготовления береговых водозаборных колодцев.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что предлагаемые композитные материалы позволят улучшить качество, долговечность и ускорить монтаж береговых водозаборных колодцев.

**Личный вклад автора** состоит в обосновании темы, цели, задач и подбору материалов, способу изготовления и обоснования экономической целесообразности производства корпусов береговых колодцев из стеклопластика.

**На защиту выносятся:** применение композитных материалов для изготовления береговых водозаборных колодцев.

**Апробация работы.** Результаты работы представлены в сборниках трудов: А.С. Фимин. Изготовление береговых колодцев водозаборных сооружений из композитных материалов // Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции «Экологические проблемы и здоровье населения»/МНИЦ ПГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – С. 55-60.

А.С. Фимин. Монтаж берегового водозаборного колодца из стеклопластика // Сборник статей VII Международная научно-практическая конференция «Организационно-экономические и инновационно-технологические проблемы модернизации экономики России»/МНИЦ ПГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2018.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 3 глав, 3 выводов, 1 заключения, библиографии из 42 наименований. Общий объем работы 79 стр., включая 31 иллюстрацию и 11 таблиц.

# ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

## 1.1 Опыт применение железобетона при строительстве гидротехнических сооружений

Традиционным материалом, применяемым для изготовления гидротехнических сооружений, в том числе для изготовления береговых колодцев, является железобетон (рис. 1.1). Сооружения из железобетона являются высокопрочными, могут выдерживать значительные перепады температуры, а также они химически инертны. При правильной эксплуатации сооружение из железобетона может исправно функционировать в течение долгого времени, при этом эксплуатационные расходы на его содержание не велики.



Рисунок 1.1 – Гидротехническое сооружение

«Бетон для бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений должен удовлетворять требованиям ГОСТ 26633» [27].

«Для армирования железобетонных конструкций гидротехнических сооружений следует применять арматурную сталь, отвечающую требованиям соответствующих государственных стандартов или утвержденных в установленном порядке технических условий и принадлежащую к одному из следующих видов» [27]:

- «стержневая арматурная сталь: горячекатаная - гладкая класса А-I, периодического профиля классов А-II, А-III, А-IV, А-V; термически и термомеханически упрочненная – периодического профиля классов Ат-IIIС, Ат-IVС, Ат-VСК; упрочненная вытяжкой класса А-IIIв» [27];

- «проволочная арматурная сталь: холоднотянутая проволока обыкновенная - периодического профиля класса Вр-I» [27].

«Для закладных деталей и соединительных накладок следует применять, как правило, прокатную углеродистую сталь» [27].

Гидротехническими бетонами называются бетоны, применяемые для возведения сооружений или их отдельных частей, постоянно или периодически омываемых водой, и обладающие такими свойствами, которые обеспечивают длительную нормальную службу бетонной кладки в указанных условиях [9].

«При проектировании бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений в зависимости от вида и условий работы необходимо устанавливать показатели качества бетона, основными из которых являются следующие» [27]:

- «классы бетона по прочности на сжатие (В5, В7,5, В10, ...)» [27];
- «классы бетона по прочности на осевое растяжение ( $B_t$  0,8,  $B_t$  1,2,  $B_t$  1,6, ...)» [27];
- «марки бетона по морозостойкости (F50 F75, F100 ...)» [27];
- «марки бетона по водонепроницаемости (W2, W4, W6, ...)» [27];

В зависимости от того, где гидротехнический бетон будет эксплуатироваться, его разделяют на виды:

- подводный, который постоянно находится в толще воды;
- пребывающий в зоне с периодическим изменением уровня воды;
- расположенный над водой, периодически омываемый ей [19].

К недостаткам сооружений из железобетона можно отнести следующее:

- сравнительно высокую их стоимость, значительная часть которой обусловлена трудоёмким монтажом.

- специфика материала не позволяет изготовить комплектное изделие удалённо – изготовление ёмкости и монтаж оборудования производится на месте дальнейшей эксплуатации.

- зачастую на месте установки необходимо проводить дополнительные работы, обусловленные защитой конструкций от коррозии.

Урон, который может нанести коррозия бетона и железобетона зависит от нескольких факторов [20]:

- химического состава среды, воздействию которой подвергается бетон;
- температуры, при которой протекают реакции;
- плотности, вида бетона;
- скорости протекания агрессивных сред;
- толщины и физических показателей защитного слоя;
- напряжённого состояния конструкции;
- блуждающие токи [20].

Различные причины, вызывающие те или иные процессы коррозии (рис. 1.2), объединённые основными признаками, разделяют на три вида:

- коррозия первого вида — развивается, когда действие вод имеет небольшую временную жёсткость. При этом вещество, связывающее щебень или гравий бетона, растворяется, а протекающая вода его вымывает;

- коррозия второго вида — протекает на фоне реакций обмена между компонентами бетона и химическими веществами, которые содержат в воде. Вымываются продукты реакций, что приводит к образованию пор в бетоне. Поры частично заполняются теми же продуктами реакций, только в гелеобразном состоянии. Такое состояние вещества не имеет вяжущих свойств. В качестве реагентов со стороны воды выступают, обычно, кислоты и магниезиальные соли;

- коррозия третьего вида — процессы, которые приводят к развитию в капиллярах бетона кристаллов труднорастворимых солей. Росту кристаллов



препятствуют стенкам капилляров, от этого внутри возникает напряжение, которое и ведёт к разрушению бетона изнутри. К образованию кристаллов склонны сульфаты [20].



Рисунок 1.2 – Коррозия железобетона

Различные виды коррозии сочетают в себе физические и химические факторы, а процессы протекают со значительно большими разрушениями если добавляются внешние механические воздействия [20].

В более широком смысле классифицируют такие типы коррозии: химическую, физико-химическую, биологическую. Химическая и физико-химическая являются взаимосвязанными. Биологическая больше связана с внешними факторами [20].

В результате жизнедеятельности бактерий, морских водорослей, грибов, лишайников выделяются продукты, которые вступают с бетонным камнем в химические реакции. Сами микроорганизмы могут воздействовать с внешней



части конструкций, а также попадать в поры и капилляры бетона при обмывании их водой, а там выделять неорганические и органические кислоты, аммиак [20].

Биологической атаке бетон подвергается как при непосредственном соприкосновении с микроорганизмами, так и при их развитии на расстоянии. Во втором случае агрессивные химические продукты насыщают газовую или водную среду на расстоянии, ещё до её контакта с бетонным камнем [20].

Среда микроорганизмов особо опасных для бетонированных конструкций выделяют тионовые, нитрифицирующие, углеводородокисляющие, сульфатредуцирующие, литотрофные бактерии. Они могут окислять такие неорганические вещества как сера, сульфаты, сульфиты, аммиак. В результате таких химических реакций часто образуются серная и азотная кислота [20].

Для физико-химической коррозии определены, перечисленные выше, три вида коррозии. Внешним признаком первого вида коррозии будет налёт в том месте, где вода испаряется или фильтруется. В таких местах из бетона вымывается известь, а процесс называется выщелачиванием [20].

Если скорость потока, омывающего поверхность, невелика, тогда известь не вымывается, а остаётся на бетонном камне. Такой слой не даёт фильтрующей среде проходить через бетон, и коррозия прекращается [20].

Для коррозии второго типа характерны взаимодействия с кислотой (соляной, серной, азотной, уксусной, молочной) и щелочами. так же агрессивными являются вещества, разрушающие известь (соли магния, аммония) [20].

Третий вид коррозии может протекать не только под действие химических процессов, но и за счёт частого замерзания и оттаивания бетонных открытых конструкций. Особенно если бетон находится в водонасыщенном состоянии. Разрушение происходит под действием кристаллов льда, его линейного расширения [20].

Бетон в чистом виде для строительства применяют не очень часто, обычно, его армируют с помощью металлических стержней. В результате

получаются железобетонные конструкции. Именно они подвергаются электрохимической коррозии (рис. 1.3). Способствуют электрохимической коррозии железобетона процессы в растворах электролитов, во влажных газах, в расплавах солей и щелочей [20].



Рисунок 1.3 – Коррозия стальной арматуры в железобетоне

Неравномерное смачивание металлической арматуры приведёт к образованию анодных и катодных участков. При этом анод будет растворяться, а катод, наоборот, станет накопителем восстановленного водорода [20].

Коррозия арматуры в бетоне не всегда совпадают по причинам с коррозией самого бетона. Обычно это высокая влажность и присутствие в атмосфере хлора, сероводорода, сернистых газов [20].

Стойкость бетона повышается в следствии карбонизации, но при этом арматура подвергнется коррозии [20].

Защита железобетонных конструкций от коррозии сводится в защите бетона и самой арматуры. Для арматуры станет защитой плотный слой бетона без добавок хлористого кальция. Введение нитрата натрия в основной состав,

позволит получить окисную плёнку на металле, которая и защитит арматуру [20].

«Защиту строительных конструкций от коррозии следует обеспечивать методами первичной и вторичной защиты и специальными мерами» [5].

«Первичная защита: Защита строительных конструкций от коррозии, реализуемая на стадии проектирования и изготовления (возведения) конструкции» [5].

«Первичная защита строительных конструкций от коррозии должна осуществляться в процессе проектирования и изготовления конструкций и включать в себя выбор конструктивных решений, снижающих агрессивное воздействие, и материалов, стойких в среде эксплуатации» [5].

«Вторичная защита» [5]: «Защита строительной конструкции от коррозии, реализуемая после изготовления (возведения) конструкции. Выполняется при недостаточности первичной защиты» [5].

«Вторичная защита строительных конструкций включает в себя мероприятия, обеспечивающие защиту от коррозии в случаях, когда меры первичной защиты недостаточны. Меры вторичной защиты включают в себя применение защитных покрытий, пропиток и другие способы изоляции конструкций от агрессивного воздействия среды» [5].

«К мерам первичной защиты бетонных и железобетонных конструкций относятся» [5]:

- «применение бетонов, стойких к воздействию агрессивной среды, что обеспечивается выбором цемента и заполнителей, подбором состава бетона, снижением проницаемости бетона, применением уплотняющих, воздухововлекающих и других добавок, повышающих стойкость бетона в агрессивной среде и защитное действие бетона по отношению к стальной арматуре, стальным закладным деталям и соединительным элементам» [5];
- «выбор и применение арматуры, соответствующей по коррозионным характеристикам условиям эксплуатации» [5];

- «защита от коррозии закладных деталей и связей на стадии изготовления и монтажа сборных железобетонных конструкций, защита предварительно напряженной арматуры в каналах конструкций, изготавливаемых с последующим натяжением арматуры на бетон» [5];

- «соблюдение дополнительных расчетных и конструктивных требований при проектировании бетонных и железобетонных конструкций, в том числе обеспечение проектной толщины защитного слоя бетона и ограничение ширины раскрытия трещин и др» [5].

«К мерам вторичной защиты относится защита поверхности бетонных и железобетонных конструкций» [5]:

- «лакокрасочными, в том числе толстослойными (мастичными), покрытиями» [5];

- «оклеечной изоляцией» [5];

- «обмазочными и штукатурными покрытиями» [5];

- «облицовкой штучными или блочными изделиями» [5];

- «уплотняющей пропиткой поверхностного слоя конструкций химически стойкими материалами» [5];

- «обработкой поверхности бетона составами проникающего действия с уплотнением пористой структуры бетона кристаллизующимися новообразованиями» [5];

- «обработкой гидрофобизирующими составами» [5];

- «обработкой препаратами - биоцидами, антисептиками и так далее» [5].

«При проектировании подземных и наземных сооружений, располагаемых в зоне действия блуждающих токов, должны предусматриваться меры защиты железобетонных конструкций от электрохимической коррозии» [5].

«Для бетонной смеси без добавок-регуляторов схватывания время транспортирования смеси от момента ее приготовления до момента подачи в

блоки сооружения ориентировочно не должно превышать» [27] следующих значений: предельно допустимая продолжительность транспортирования смеси, до 1,5 часа при температуре наружного воздуха 5-10 °С.

## **1.2 Опыт применение стали при строительстве гидротехнических сооружений**

Гидротехнические сооружения, такие как канализационные насосные станции, водоочистные сооружения из стали (рис. 1.4) также находят широкое применение благодаря своей низкой стоимости и хорошим прочностным характеристикам. Кроме того, важными преимуществами стали (и рассмотренного выше железобетона) для проектировщиков является широкая нормативная база по проектированию и множество типовых проектов водоочистных сооружений из данного материала.



Рисунок 1.4 – Канализационная насосная станция из стали

Преимуществом изготовления сооружений из стали в сравнении с железобетоном является возможность изготовления комплектного сооружения заводского исполнения.

К сожалению, изделия из стали недолговечны и подвержены коррозии. В течение же своего срока службы они требуют значительных расходов на проведение всех противокоррозионных мероприятий и поддержание работоспособности сооружения. Так же стоит учитывать, что применение стальных водоочистных сооружений ограничено рядом природоохранных правовых документов, в связи с вышеописанными рисками их разрушения.

### **1.3 Опыт применение полипропилена при строительстве гидротехнических сооружений**

В конце двадцатого века для изготовления водоочистных сооружений и сетей канализации стали активно применять полимерные материалы (полипропилен, поливинилхлорид) (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Оборудование из полипропилена



При сравнительно низкой стоимости, сооружения из полимеров обладают вполне удовлетворительными характеристиками – длительным сроком эксплуатации при низких эксплуатационных расходах, химической устойчивостью, низкой электрической проницаемостью.

К сожалению, ряд недостатков значительно снижает область их применения. Так, по прочности сооружения из полимеров, значительно уступают традиционным конструкционным материалам, особенно в устойчивости к ударным и динамическим нагрузкам. Рабочий температурный диапазон у полимеров также значительно хуже. Так, рабочая температура составляет 65 °С у полипропилена и 45 °С у ПВХ. При этом при повышении температуры прочностные характеристики полимерных изделий ухудшаются. Так же данные полимеры неустойчивы к воздействию ультрафиолета и ряда органических растворителей.

## **1.4 Опыт применение композитных материалов при строительстве гидротехнических сооружений**

### **1.4.1 Общие сведения о композитных материалах**

«Композиционные материалы (рис. 1.6) – это материалы, состоящие из двух или более компонентов (армирующих элементов и скрепляющей их матрицы) и обладающие свойствами, отличными от суммарных свойств компонентов. При этом предполагается, что компоненты, входящие в состав композита, должны быть хорошо совместимыми и не растворяться или иным способом поглощать друг друга» [25].

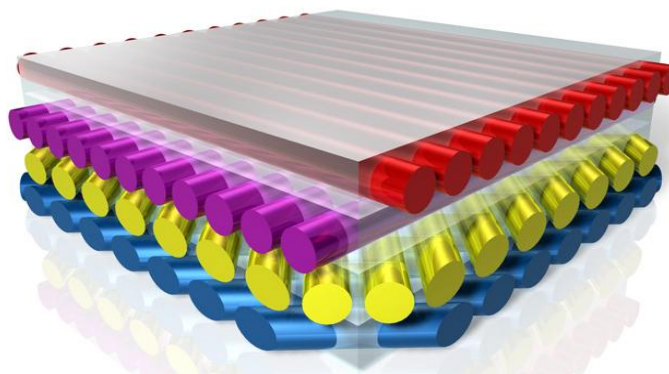


Рисунок 1.6 – Структура композитного материала



«В широком смысле композиционный материал – это любой материал с гетерогенной структурой, т. е. со структурой, состоящей минимум из двух фаз» [25].

Для того чтобы выделить композиционные материалы (КМ) искусственного происхождения, подчеркнуть их характерные особенности наиболее полным считается определение, согласно которому: к композитам относятся материалы, обладающие рядом признаков [25]:

1. состав, форма и распределение компонентов материала «запроектированы заранее»;
2. материал не встречается в природе, а создан человеком;
3. материал состоит из двух или более компонентов, различающихся по химическому составу и разделенных выраженной границей;
4. свойства материала определяются каждым из его компонентов, которые должны присутствовать в материале в достаточно больших количествах (больше некоторого критического содержания);
5. материал обладает такими свойствами, которых не имеют его компоненты, взятые в отдельности;
6. материал неоднороден в микромасштабе и однороден в макромасштабе [25].

В состав композиционного материала входит два типа элементов: связующее и армирующее вещество. Компонент связующего окружает и фиксирует армирующий компонент, тем самым придает изделию форму. Армирующий материал передает изделию свои физико-механические свойства, и, усиливает свойства матрицы.

Наиболее распространены связующие, используемые в армированных пластиках: полиэферы, эпоксиды и фенолы. Связующие можно разделить на термопласты (способные размягчаться и затвердевать в зависимости от температуры) и реактопласты, терморезактивные смолы (связующие, затвердевают в процессе формования изделия). В настоящее время наибольшее распространение получили терморезактивные связующие.

Композиционные материалы разрабатывают со специальными свойствами, такими как:

- 1) радиопрозрачными;
- 2) радиопоглощающими;
- 3) для орбитальных космических аппаратов с тепловой защитой;
- 4) с незначительным коэффициентом линейного термического расширения;
- 5) с высоким удельным модулем упругости;
- 6) для защиты от ультрафиолетового излучения.

В технике волокнистые композитные материалы получили широкое распространение, армированные высокопрочными и высокомодульными непрерывными волокнами, в которых несут основную нагрузку армирующие элементы, в то время как матрица передаёт напряжения волокнам. Волокнистые композитные материалы, чаще всего, анизотропны.

Классификация композитных материалов [26]:

1. По природе матрицы:

а) «терморезактивная матрица – матрица, полученная отверждением эпоксидных, эфирных, кремнийорганических и других олигомеров в процессе изготовления композитов» [26];

б) «термопластичная матрица – матрица, которая расплавляется для пропитки наполнителя, а затем охлаждается. Это ПЭ, ПП, полиарилсульфоны, сульфиды, кетоны» [26];

в) гибридная матрица может сочетать терморезактивные и термопластичные компоненты.

2. «По природе и форме наполнителя» [26]:

а) «органические и неорганические вещества природного или искусственного происхождения» [26];

б) «дисперсно-наполненные композиты (материалы на основе коротких и непрерывных волокон)» [26];

в) «виды армирующих волокон – стеклянные, органические, углеродные

и др» [26].

3. По структуре полимерных композитов:

а) матричная;

б) двухмерная и объемная;

в) «градиентные материалы с переменной структурой» [26].

4. «По степени ориентации наполнителя, анизотропии материала» [26]:

а) «композиты с хаотическим расположением частиц и волокон, с изотропной структурой» [26];

б) «композиты с однонаправленной ориентацией волокон, с резко выраженной анизотропией» [26];

в) «композиты с перекрестной, ортотропной ориентацией» [26];

г) «композиты с веерной структурой, состоящей из слоев с различной ориентацией волокон» [26].

5. По количеству компонентов:

а) двухкомпонентные;

б) многокомпонентные [26].

#### **1.4.2 Опыт применение композитных материалов в строительстве**

Рассмотрим Стеклопластик как один из основных композиционных материалов, используемых в строительстве.

Стеклопластик (рис. 1.7) представляет собой композитный материал, который состоит из стеклянного наполнителя и синтетического полимерного связующего (смолы). Стекловолокно - это армирующий компонент, обеспечивающий требуемые прочностные характеристики, представлено в виде нитей (ровингов), стеклотканей, рубленых нитей, стекломатов. Связующее вещество - это полиэфирные, эпоксидные, винилэфирные, фенолоформальдегидные и другие смолы, предназначенные для равномерного распределения усилия между волокнами и обеспечивающие их защиту от воздействий окружающей среды.



Рисунок 1.7 – Листовой стеклопластик

Стеклопластик - это одна из разновидностей композиционных материалов. Материалы нового поколения, композиционные, дают возможность получить практически любые физические свойства конечного продукта, так как стеклопластик - это материал с проектируемыми свойствами. Зная условия эксплуатации готового изделия, можно таким образом подобрать компоненты композиционного материала (тип армирующего материала на основе стекловолокна, тип связующего), чтобы получить готовое изделие с изначально заданными индивидуальными характеристиками.

Наиболее универсальным и дешёвым композитным материалом является стеклопластик. Технология производства изделий из стеклопластика даёт возможность изготавливать конструкции любой сложности. Стеклопластики производят различными методами, такими как: пропитки, намотки, протяжки и прямого прессования [26].

От ряда других материалов композиционного состава отличают стеклопластик свойства, среди которых наиболее важными являются следующие:

- небольшой удельный вес;
- высокие показатели механической прочности;
- коррозионная стойкость;
- температурная стойкость;
- низкая теплопроводность;
- высокие диэлектрические показатели;
- относительно низкая стоимость производства.

Абсолютные значения предела прочности у стеклопластика ниже, чем у стали, но при этом стеклопластик показывает большую удельную прочность. Удельный вес стеклопластика в 3,5 раза меньше, а вес двух равнопрочных конструкций, изготовленных из стеклопластика и из стали, будет отличаться более чем в 2 раза.

Отрицательными считаются такие характеристики стеклопластика как: хрупкость; подверженность абразивному износу (требуется нанесение на поверхность изделия защитного покрытия); образование канцерогенной пыли при механической обработке (при работе со стеклопластиком необходимо предусматривать соответствующие защитные мероприятия).

На сегодняшний день стеклопластик считается композитным материалом, удачно сочетающим в себе необходимые качества и сравнительно не высокую цену. Материал хорошо поддается для нанесения различных покрытий, окрашиванию, а также механической обработке. Технические характеристики стеклопластика обуславливают его востребованность в различных видах производства.

Рассмотрим несколько примеров применения стеклопластика в строительстве:

- емкостное оборудование;
- стеклопластиковые трубы;
- композитная арматура;
- полимерные профили;

- шпунты;
- усиление железобетонных конструкций.

Стеклопластик, в качестве конструкционного материала для **водоочистных сооружений** и емкостного оборудования получил широкое распространение относительно недавно. Изделия из стеклопластика обладают хорошими прочностными характеристиками (полимерное связующие может выдерживать значительные сжимающие нагрузки, а армирующие волокна растягивающие нагрузки) в сочетании с долговечность и небольшим весом (в отличии от традиционных материалов) конечного изделия, при этом не требуют значительных эксплуатационных расходов и химически инертны.

На данный момент емкости из стеклопластика (рис. 1.8) повсеместно применяются для различных целей: хранения различных жидких и сыпучих сред, в том числе и агрессивных, используются в виде корпусов различных установок для очистки и перекачки загрязненных вод и т.д. [17].



Рисунок 1.8 – Водоочистное оборудование из стеклопластика

Хранение химических реагентов из химически стойкого стеклопластика нашли большое применение в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отрасли. Многослойность стеклопластиковых резервуаров позволяет изготавливать емкости с утеплением, где в междуслойное пространство двухстенной конструкции закладывается утеплитель. Технологический процесс изготовления регулирует толщину теплоизоляционного материала. Производство резервуаров из стеклопластика с утеплением, позволяет эффективно экономить электроэнергию для обогрева емкостей в зимний период. Обогрев емкостей требуется для поддержания заданной температуры агрессивных сред: дизельное топливо, масло для агрегатов и т.п. Металлические емкости проигрывают в этом отношении, так как обладают высокой теплопроводностью.

Так как стеклопластик является сложным композиционным материалом, то применение смол сложных виниловых эфиров или эпоксидных смол для хранения химических соединений в емкости увеличивает ее стойкость к их воздействию. В зависимости от концентраций, температуры, среды (щелочь, кислота, нефтепродукты) используются различные эпоксидные смолы. Для перекачивания агрессивных сред на большие расстояния, применяют стеклопластиковые трубы изготавливают из химически стойких смол и стеклоткани. Выбор стеклоткани так же зависит от качества требуемого изделия. Качественная емкость обладает малым весом и высокой прочностью [24].

Резервуары из стеклопластика позволяет осуществлять монтаж на открытых площадках, под проезжей частью на автострадах, дорогах. Резервуары из стеклопластика для сейсмичных районов изготавливаются филаментной намоткой с двухстенной конструкцией. Купить стеклопластик для данных изделий является ответственной задачей, так как стекловолокно должно отвечать определенным требованиям. Продажа емкости несет под собой большую ответственность.



Высокая прочность материала позволяет создавать сооружения большой вместимости при относительно небольших толщинах стенок и добиваться стоимости, сопоставимой со стоимостью традиционной технологии изготовления емкостей из водонепроницаемого железобетона. Учитывая, что композиционный материал более долговечен, не требует ухода и ежегодного ремонта, выбор в его пользу очевиден [№22].

Стеклопластик получил большое распространение в производстве **трубопроводов** (рис. 1.9), в том числе высокого давления и ливневых коллекторов больших диаметров благодаря удобству монтажа из-за своего малого веса, возможности прокладываться под автомобильными проездами без дополнительных защитных гильз (они сами могут исполнять функции гильз для других трубопроводов), не подвержены коррозии и не требуют установки станций катодной защиты [22].



Рисунок 1.9 – Стеклопластиковые трубы

Стеклопластиковые трубы могут производиться больших размеров — вплоть до 3700 мм в диаметре. Их изготавливают по технологии намотки стекловолокна по современным международным стандартам качества. Необходимость прокладки трубопроводов больших диаметров, которые не сделать из пластмассовых труб, ведет к тому, что изготовление стеклопластиковых трубопроводов будет возрастать [32].

Опыт прокладки и строительства таких трубопроводов, например, на участках горячего водоснабжения, позволяет заключить, что они способны

выдерживать температуру до 150 °С, при этом вес стеклопластиковых труб в четыре раза меньше стальных (они легко устанавливаются с помощью небольшого подъемного оборудования) [32].

Конструкционные особенности стеклопластиковых трубопроводов и их соединительных элементов позволяют снизить затраты на восстановительные работы, которые не требуют сложного и специального оборудования [32].

Необходимо отметить, что применение стеклопластиковых труб позволяет снизить издержки на эксплуатацию сети, так как эти трубы не подвержены коррозии, а также зарастаниям внутренней поверхности, так как имеют низкий уровень шероховатости, который, например, для стали составляет 0,013, а для стеклопластиков — 0,01. Таким образом, не нужно наносить защитные антикоррозионные покрытия и обеспечивать дорогую защиту от электрохимической коррозии [32].

Трубопроводы из стеклопластиковых труб могут проектироваться подземными, наземными с отсыпкой насыпи или надземными на опорах. Можно комбинировать данные варианты [32].

Полезным свойством такого типа труб является пониженный расход теплоизоляционного материала, так как стеклопластик обладает низкой теплопроводностью [32].

Стеклопластиковые трубопроводы способны обеспечить длительную эксплуатацию в различных климатических условиях, поскольку обеспечивают долгую атмосферостойкость [32].

Таким образом, заявленный нормативный срок службы (ресурс) стеклопластиковых трубопроводов должен составлять не менее 50 лет.

Стеклопластиковые трубопроводы хорошо себя зарекомендовали также в химической и нефтяной промышленности, а также при эксплуатации систем орошения [32].

Стеклопластиковые трубы соединяются между собой с помощью муфты, что обеспечивает простоту монтажа. Не нужны сварка и конечный контроль. Это дает значительную экономию затрат на монтажные работы. Также

возможны и другие виды соединений, например, муфтово-клеевые, раструбно-клеевые и др [32].

Трубопроводы из стеклопластика применяются для санации бетонных канализационных коллекторов и переходов под железными и автомобильными дорогами. Стеклопластиковая труба используется также при прокладке в футляре под автомобильными дорогами путем центрирования «труба в трубе» (например, на скользящих или лотковых опорах) и под железными дорогами путем полной цементации межтрубного пространства. При прокладке стеклопластиковых труб в стальных футлярах или санации необходимо разрабатывать проект крепления труб для каждого проекта индивидуально [32].

**«Композитная арматура** (рис. 10) – неметаллические стержни из стеклянных, базальтовых, углеродных или арамидных волокон, пропитанных термореактивным или термопластичным полимерным связующим и отвержденных» [33]. «Из всего разнообразия композитной арматуры выделяют три типа: стеклопластиковую изготавливают с применением стеклянных волокон; базальтопластиковую – с применением базальтовых волокон; углепластиковая – изготовленная из углеродных волокон» [33].

Благодаря своим физико-механическим характеристикам и техническим преимуществам композитная арматура может являться альтернативой арматуре из металла, как обладающая сочетанием высокой прочности и коррозионной стойкости [33]. Но композитная арматура в сравнении со стальной обладает рядом существенных недостатков: модуль упругости примерно в 3...4 раза ниже, чем у стальной (для базальтопластиковой и стеклопластиковой арматуры).

Композитная арматура значительно снижает свои прочностные свойства при нагреве. У композитной арматуры отсутствует площадка текучести и разрушение при растяжении носит хрупкий характер [33]. Так же невозможно изготовления гнутых арматурных изделий из арматуры в состоянии поставки. И композитная арматура имеет более высокую стоимость в отличие от традиционного материала [33].



Рисунок 1.10 – Стеклопластиковая арматура

Стеклопластиковая арматура (АСП) – композитная арматура, изготавливаемая из стекловолокна, придающего прочность, и термореактивных смол, выступающих в качестве связующего (рис. 2). Одними из преимуществ стеклопластиковой арматуры являются малый вес и высокая прочность. Инертность к электричеству полностью исключает распространение блуждающих токов и накапливание статического напряжения. Незначительный вес армирующих стержней облегчает выполнение любых видов работ. Они безопасны для частного строительства, поскольку не выделяют вредоносных и токсичных веществ. Срок эксплуатации составляет 80 лет [33].

«Традиционные способы усиления и восстановления железобетонных конструкций достаточно трудоемки и часто требуют продолжительной остановки производства. В случае агрессивной среды после ремонта требуется создать защиту сооружения от коррозии. Высокая технологичность, малые сроки твердения полимерного связующего, высокая прочность и коррозионная стойкость внешнего стеклопластикового армирования предопределили

целесообразность его использования для усиления и восстановления несущих элементов сооружений. Применяемые для этих целей способы зависят от конструктивных особенностей ремонтируемых элементов» [33].

**Полимерный профиль** (рис. 11) в последние годы становится все более популярным и составляет серьезную конкуренцию традиционному профилю металлическому, выпускается в широком ассортименте и в немалых количествах на самом современном технологическом оборудовании. Профиль из полимерных материалов имеет немало преимуществ, что позволяет ему завоевывать все большую долю рынка [23].

Среди преимуществ нужно отметить, прежде всего, то, что он совершенно не подвержен коррозии. Стеклопластик, из которого его выпускают», является химически инертным материалом, невосприимчивым к воздействию влаги. Профиль полимерный прямоугольный и любого другого сечения отлично переносит температурные колебания, воздействие ультрафиолетового излучения. Что касается такого важного параметра, как механическая прочность, то ее значение совсем немногим уступает тому, что имеет профиль металлический [23].

На полимерный профиль цена существенно ниже, чем на близкий по всем своим характеристикам металлический, а срок его службы в большинстве случаев существенно больше. Он имеет меньший удельный вес, его легко монтировать [23].

Процесс производства полимерных профилей из стеклопластика, основывается на технологии пултрузии. Ее суть заключается в том, что через разогретую до определенной температуры фильеру проходит стекломатериал, пропитанный полимерной смолой. В результате этого формируется требуемая конфигурация поперечного сечения готового изделия, а также происходит полимеризация. Длина погонажа, выпускаемого таким способом, технически и технологически никак не ограничена, а на практике ни выпускается именно такого размера, который необходим заказчику. Таким образом, можно купить стеклопластиковые полимерные профили любой конфигурации и любой длины,

причем их цена практически гарантировано будет ниже, чем у металлических аналогов [23].

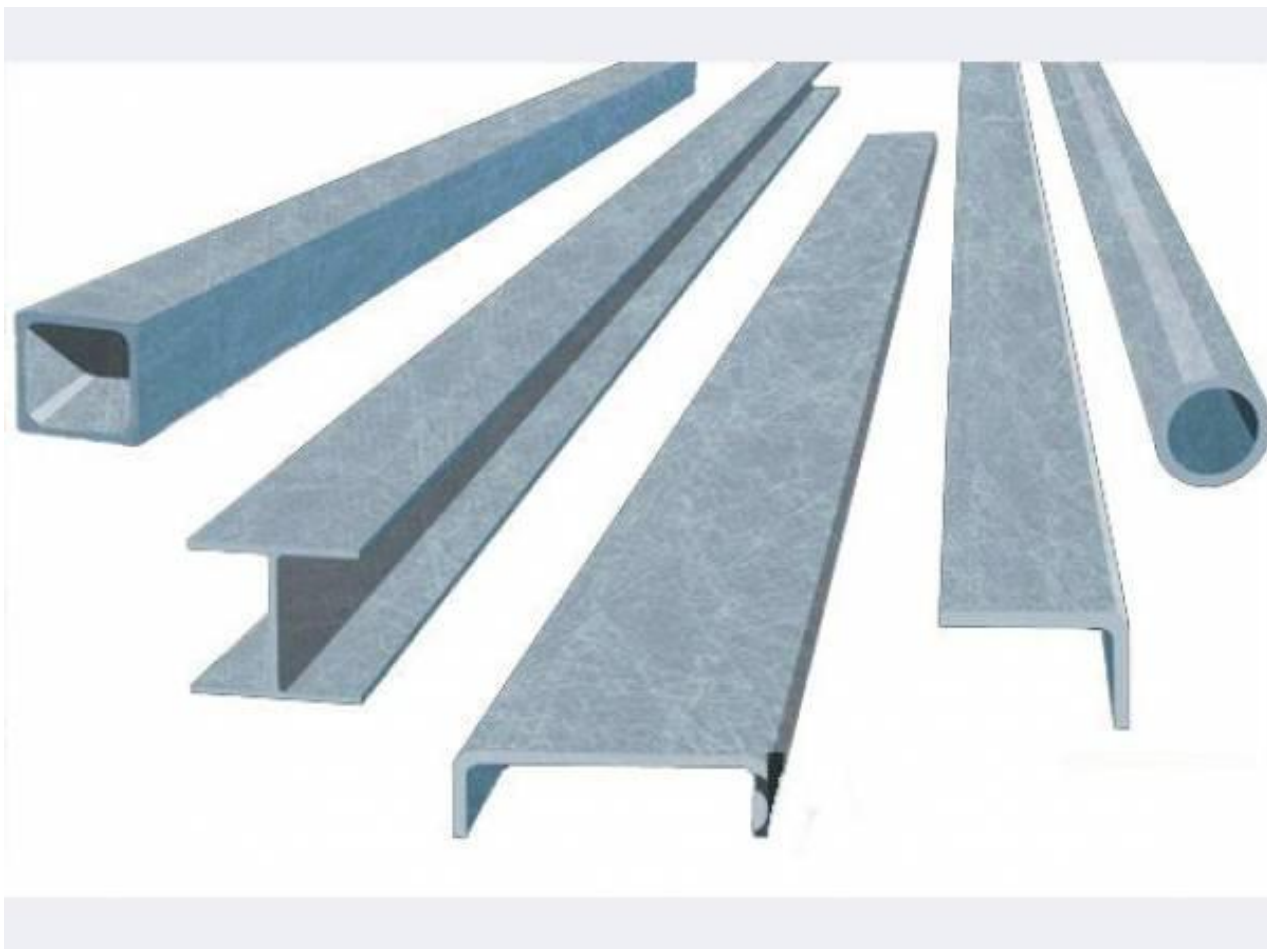


Рисунок 1.11 – Стеклопластиковый профиль

Стеклопластиковый профиль трудногорючий и не выделяет при пожаре сильнодействующий газ диоксин. Вначале пултрузию рассматривали как метод получения простых сплошных профилей, армированных однонаправленным волокном. В настоящее время пултрузия является универсальным методом производства большого количества изделий с различным профилем. Одновременно появилась возможность получать изделия, свойства которых удовлетворяют широкому диапазону технологических и конструкционных требований. Теперь, когда производство сложных профильных изделий уже не вызывает проблем, в работах по усовершенствованию процесса основное внимание уделяется обеспечению точной ориентации армирующего волокна, что позволит оптимизировать свойства изделий в соответствии с их конкретным назначением.

**Шпунт** изготовленный из стеклопластика (рис. 1.12) широко и эффективно применяется для предотвращения проблем, связанных с обвалами пород.

Если строительные работы ведутся на берегу водоемов, то обязательным этапом предварительных работ является укрепление берегов, что защитит будущее сооружение от эрозии грунта. Благодаря данному материалу, можно существенно снизить затраты на работы по сооружению укреплений, будущему строительству, – потому он пользуется огромной популярностью в России и мире.

Если говорить об общих положительных моментах, которые присутствуют в работе с полимерным шпунтом, то это, в первую очередь, надежность, долговечность, относительно невысокая стоимость, прочие незначительные преимущества. Его высокие прочностные характеристики демонстрирует и тот факт, что в Соединенных Штатах Америки многие береговые линии были укреплены с помощью композитного шпунта и именно дома, находящиеся на этих отрезках, выстояли после мощнейшего урагана Катрин.

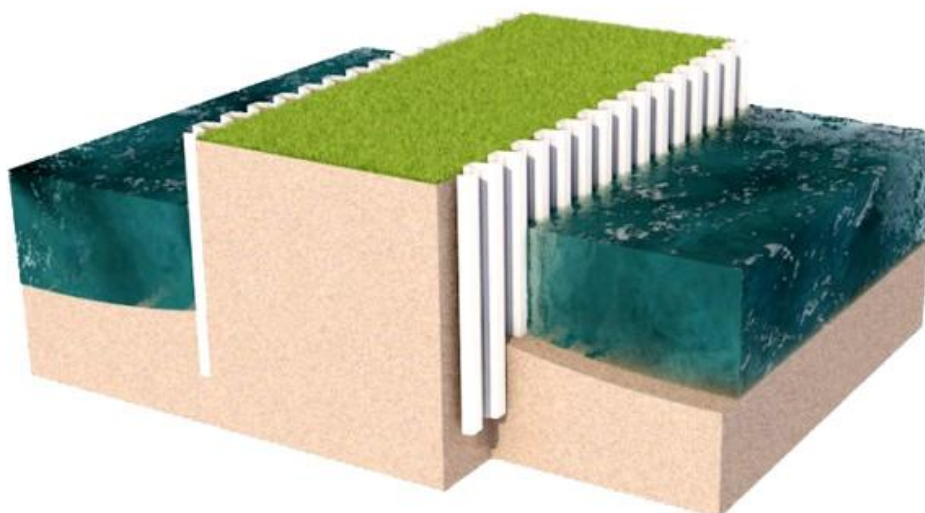


Рисунок 1.12 – Стеклопластиковый шпунт



Данный материал можно использовать в любой, даже самой агрессивной среде. Благодаря своим свойствам, он считается одним из самых перспективных материалов в строительном сегменте. Приведем только некоторые сферы, где современный, качественный шпунт бывает задействован:

- Подкрепление берегов различных водоемов, возле которых будут проводиться строительные работы – это поможет обеспечить защиту от эрозии грунта.

- Закрепление стен котлованов при постройке жилых домов, сооружений на участках с высоким уровнем грунтовых вод.

- Укрепление фундаментных траншей.

- Строительство ограждений, которые находятся по пути дорог.

- При строительстве основания фундамента для предотвращения «подтекания» грунтовых вод в районах, подверженных обильным осадкам или с предельным УГВ.

- При построении жилых домов.

- Композитный шпунт, также, используется для укрепления элементов шлюзов дорог, анкерных стен, для крепления траншей.

- При строительстве плотин.

- При возведении подземных гаражей, парковок.

Таким образом, следует резюмировать, что описанное приспособление имеет широкую сферу применения, а потому его популярность и востребованность на сегодняшний день вполне объяснима.

Вот еще некоторые плюсы, которые имеет шпунт:

- Укрепление берегов, а также прочих строительных элементов может проводиться в любое время года, при любой погоде.

- Общее время проведения строительных работ значительно сокращается.

- Композитная конструкция может гарантировать высокий уровень коррозионной стойкости к любой природной среде.

- Обслуживание во время строительных работ тоже значительно упрощается.
- Происходит повышение уровня безопасности, надежности сооружения.
- Использовать данный материал рекомендуется при ландшафтном строительстве.
- С помощью шпунта можно защитить здание от наводнения или паводка.
- Шпунт является полностью экологичным и безопасным материалом.
- Эстетичный внешний вид.

**Усиление и восстановление** железобетонных конструкций композитными материалами.

Система внешнего армирования предназначена для выполнения работ по усилению или восстановлению (ремонту) железобетонных (бетонных) конструкций зданий и сооружений различного функционального назначения путем устройства системы внешнего армирования композитными материалами из термореактивных адгезивов, армированных углеродными волокнами. Эти материалы изготовлены из специальных стекло- и углеродных волокон, обладающих высокими прочностными свойствами (близкими или превышающими прочность стальной высокопрочной арматуры). Наклейка их осуществляется на отремонтированную поверхность конструкций (при необходимости) специальными эпоксидными составами, обеспечивающими надежное сцепление с бетоном с сохранением физико-механических характеристик длительное время в различных условиях окружающей среды (переменное замораживание-оттаивание, воздействие ультрафиолета, различных агрессивных сред) [34].

Эффективность усиления конструкций с использованием композитных лент и полос со стекло- или углеродными волокнами очень высока. В зависимости от вида этих лент и количества слоев увеличивается или восстанавливается несущая способность, трещиностойкость, жесткость, усталостная прочность при циклических нагрузках, коррозионная стойкость

конструкций, обеспечивается сейсмостойкость и может быть значительно увеличена стойкость при взрывных и прочих экстремальных воздействиях [34].

Применение композитных материалов имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами усиления:

- высокая прочность на растяжение;
- коррозионная стойкость;
- чрезвычайно высокая усталостная прочность;
- простота применения;
- отсутствие размерных ограничений;
- не изменяет геометрические размеры и архитектурный вид конструкций, постоянные нагрузки, сохраняет объемно- планировочные решения зданий и сооружений;
- метод может использоваться для усиления железобетонных, кирпичных, деревянных и стальных конструкций.

Такие системы усиления нашли широкое применение за рубежом и применяются более 12 лет в России при ремонте (рис. 1.13) каркасов зданий и реконструкции мостов, путепроводов, морских причалов, плит перекрытий, балок, опорных стен, резервуаров, пространственных и других конструкций общественных, жилых и производственных зданий.

Дополнительным преимуществом является возможность ремонта и усиления конструкций без остановки производства. Для выполнения работ не требуется сложная техника, грузоподъемные механизмы. По сути метод является экспрессным, не требует больших трудозатрат, значительно увеличивает межремонтный период.

В России уже выполнено усиление по такой технологии более тысячи объектов различного назначения на основе зарубежного и отечественного опыта. Совершенно очевидно, что такой метод усиления конструкций становится основным за рубежом.



Рисунок 1.13 – Восстановление железобетонных конструкций композитными материалами

Экономическая эффективность применения технологии усиления композиционными материалами.

Во многих случаях применение этого метода обеспечивает значительный экономический эффект за счет:

- значительного снижения сроков, трудоемкости выполнения ремонта и затрат на эксплуатацию;
- усиление конструкций производится без увеличения массы строительных элементов и без уменьшения строительных габаритов;
- сокращения или исключения затрат на использование специальной строительной техники (рис. 1.14);
- увеличение долговечности конструкций и межремонтного периода;
- перевода сооружения в повышенный класс по грузоподъемности и надежности;

- исключения сопутствующих затрат на вывод сооружений из эксплуатации, создания объездных путей (в основном для мостовых конструкций) [34].



Рисунок 1.14 – Процесс усиление железобетонных конструкций композитными материалами

Исследования воздействия окружающей среды на композиты необходимо провести на самых ранних стадиях проектирования конструкций. Неудачное выполнение этой работы может потребовать повторения расчетов на последующих этапах проектирования, что влечет дополнительные затраты. При проектировании учитываются все факторы среды (естественные и искусственные), которые влияют на свойства материалов. Анализируя эти факторы, необходимо учесть всю совокупность воздействия условий на материал, при которых ему предстоит работать. При проектировании по нормам Еврокодов эти нюансы учитываются обширным перечнем коэффициентов. При этом необходимо также учитывать положения Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [34].

Под термином «усталость» имеют ввиду многократное приложение небольших нагрузок, вызывающее локальные пластические деформации,



которые в свою очередь могут послужить причиной разрушения структуры материала. Усталость развивается под действием акустических колебаний и механических нагрузок. Современные композитные материалы обладают высоким сопротивлением обычным усталостным воздействиям и могут применяться вместо традиционных материалов (таких как металлы, железобетоны и т.д.) в условиях высоких усталостных нагрузок.

Ударная прочность композитных материалов напрямую зависит от выбора армирующих и связующих элементов. Свойства матриц можно варьировать введением пластификаторов, которые увеличивают ее деформацию до разрушения. Как правило, с ростом ударной прочности жесткость снижается.

Несмотря на множество преимуществ композиционных материалов, в странах СНГ существует ряд проблем, связанных с их применением:

- снятие административных барьеров на использование инновационных технических решений;
- создание единой нормативно-технической базы (классификация и терминология, требования к объекту стандартизации, методы испытания);
- инвестиции в перспективные научно-исследовательские проекты и поддержка инжиниринговой деятельности;
- современная система подготовки кадров. [12]

Наряду с этим, **композитные материалы имеют ряд недостатков**, которые на современном этапе сдерживают их распространение. Высокая стоимость композиционных материалов обусловлена высокой наукоёмкостью производства, необходимостью применения специального дорогостоящего оборудования и сырья, а следовательно, развитого промышленного производства и научной базы страны.

### **1.5 Перспективы развития композитной отрасли**

Приказ Министерства регионального развития РФ от 24 июля 2013 г. № 306 "Об утверждении отраслевой программы внедрения композиционных

материалов, конструкций и изделий из них в строительном комплексе Российской Федерации" [35].

«В соответствии с подпунктом «ж» пункта 7 перечня поручений Президента Российской Федерации В.В. Путина от 12 ноября 2012 г. № Пр-3028 по итогам заседания Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России 24 октября 2012 г [35]:

«Утвердить отраслевую программу внедрения композитных материалов, конструкций и изделий из них в строительстве Российской Федерации согласно приложению, к настоящему приказу» [35].

**«Цель программы:** Создание условий наибольшего благоприятствования для широкого применения современных и эффективных композитов, конструкций и изделий из них в строительном комплексе России» [35].

**Задачи программы:**

1. «Увеличение спроса на продукцию из композитных материалов для широкого применения в строительстве» [35];

2. «Увеличение объемов производства и потребления инновационной продукции композитной отрасли, обеспечивающей снижение стоимости владения и увеличение сроков безремонтной эксплуатации зданий и сооружений, конструкций и изделий, построенных, отремонтированных или произведенных с применением композитов» [35];

3. «Повышение эффективности и инновационности государственных закупок, осуществляемых Минрегионом России (в том числе в рамках государственных программ, ФЦП, ВЦП и др. целевых программ) за счет применения композитов, конструкций и изделий из них» [35];

4. «Повышение эффективной деятельности государственных и частных организаций и отраслей, курируемых Минрегионом России, за счет применения композиционных материалов, а также конструкций и изделий из них» [35].

«Характеристика сферы реализации программы» [35].



Современные полимерные композиты, а также конструкции и изделия из них находят во всем мире широкое применение в строительном комплексе, благодаря таким качествам, как высокая прочность, коррозионная стойкость и низкий удельный вес. Около 30% мирового объема производства полимерных композитов составляет продукция для строительного комплекса.

Наиболее широко полимерные композиты применяются при строительстве объектов транспортной инфраструктуры и жилищно-коммунального хозяйства, а также в гражданском и промышленном строительстве. Ниже приведен краткий перечень продукции композитной отрасли, наиболее широко применяемой в строительном комплексе в мировой практике.

В России в соответствии с общемировой практикой наибольший потенциальный объем потребления полимерных композитов, конструкций и изделий из них находится в строительном комплексе, а российские компании производят весь спектр продукции из полимерных композитов, пригодных для применения в строительстве. Однако объем потребления продукции российской композитной отрасли в строительстве составляет доли процентов от аналогичного мирового потребления [7].

## **ВЫВОД ПО ГЛАВЕ 1**

В настоящее время можно заметить тенденцию, согласно которой материалы, применявшиеся ранее только в одной области, модифицируются и начинают использоваться в других областях.

Современный уровень развития конструкций и материалов диктует свои условия по части качества оборудования, сроков его изготовления и монтажа. Быстро возводимые конструкции являются одним из устойчиво развивающихся направлений в строительстве. Материалы, применяемые ранее на протяжении длительного времени такие как бетон и железобетон, являются на данный момент морально устаревшими, в связи с невозможностью получения

оборудования из них соответствующего современным требованиям, таким как повышенный срок службы, герметичность, стоимости и срока монтажа.

На основании выше сказанного актуальным является вопрос изготовления оборудования, в том числе береговых колодцев из таких материалов как композиты. Ниже рассмотрим наиболее подходящие для изготовления береговых колодцев материалы.

## **ГЛАВА 2 ПОДБОР МАТЕРИАЛОВ. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ БЕРЕГОВЫХ КОЛОДЦЕВ. РАСЧЕТ ПРИГРУЗА ОТ ВСПЛЫТИЯ**

### **2.1 Разработка конструкции водозаборного берегового колодца**

#### **2.1.1 Водозаборные сооружения. Общие сведения, типы, применение**

«Выбор типа и конструкции водоприемных сооружений зависит от местных природных условий в значительно большей степени, чем у всех остальных сооружений системы водоснабжения. Основное влияние на устройство водоприемников оказывает характер используемых природных источников воды» [1].

«В практике водоснабжения наиболее часто используемыми поверхностными источниками являются реки. На выбор типа речных водоприемников влияют: амплитуда колебаний уровня воды, ледовые условия, топография берега и дна реки в месте водозабора, характер грунтов и др. Разнообразие местных природных условий — гидрологических, геологических, топографических — в сочетании с различными количествами забираемой воды обуславливает и весьма большое разнообразие типов и конструкций водоприёмных сооружений» [1].

«Речные водоприемники должны быть запроектированы так, чтобы их расположение и форма обеспечивали плавное обтекание сооружений и наименьшее стеснение русла реки: они не должны вызывать переформирования русла. Специфические особенности имеются в проектировании и устройстве водоприемников на реках с зарегулированным стоком. Весьма ответственной задачей является выбор места расположения водоприемника, которое должно удовлетворять следующим основным условиям» [1]:

а) «обеспечивать возможность применения наиболее простого и дешевого способа забора воды из источника» [1];

б) «гарантировать бесперебойность получения требуемых количеств воды» [1];

в) «обеспечивать прием возможно более чистой воды» [1];

г) «находиться как можно ближе к снабжаемому водой объекту (для уменьшения стоимости водоводов и подачи воды)» [1].

«Водозаборы из поверхностных источников различают по» [2]:

- «виду водоисточника - из водотоков (равнинных, предгорных и горных рек и каналов), из водоемов (морей, озер, водохранилищ и водохранилищ-охладителей)» [2];
- «назначению - хозяйственно-питьевые, промышленные, ирригационные, теплоэнергетические и др» [2].
- «категории обеспеченности подачи воды» [2];
- «компоновке его основных элементов - совмещенные (компонуются в одном сооружении) и отдельные (комплекс сооружений)» [2];
- «месту расположения водоприемника - береговые, русловые, выносные (на водоемах)» [2];
- «типу или схеме водозабора - береговая насосная станция с самотечными или сифонными водоводами и водоприемниками, вынесенными в водоисточник (криб), с водопремным ковшом (ковшовые), с открытым или огражденным подводным каналом, фильтрующие, инфильтрационные, комбинированные и др.» [2];
- «способу приема воды в водоприемник - с верхним, боковым, нижним, лобовым и низовым приемом воды» [2];
- «условиям приема воды в водоприемник - поверхностный, глубинный или селективный (послойный) и донный» [2];
- «положению водоприемника - незатопленный, временно затопляемый и затопленный» [2];
- «материалу, из которого изготавливаются, водоприемники - железобетонные, бетонные, металлические, деревянные и др.» [2];
- «конструктивным особенностям водоприемника - с вихревой камерой, щелевые, ряжевые, раструбные, трубчатые, зонтичные и др.» [2];

- «степени воздействия на природные условия водоисточника - активные и пассивные» [2];
- «характеру подвижности - стационарные, плавучие и фуникулерные» [2];
- «сроку эксплуатации - постоянные и временные» [2].

### **2.1.2 Водозаборные сооружения берегового и руслового типа**

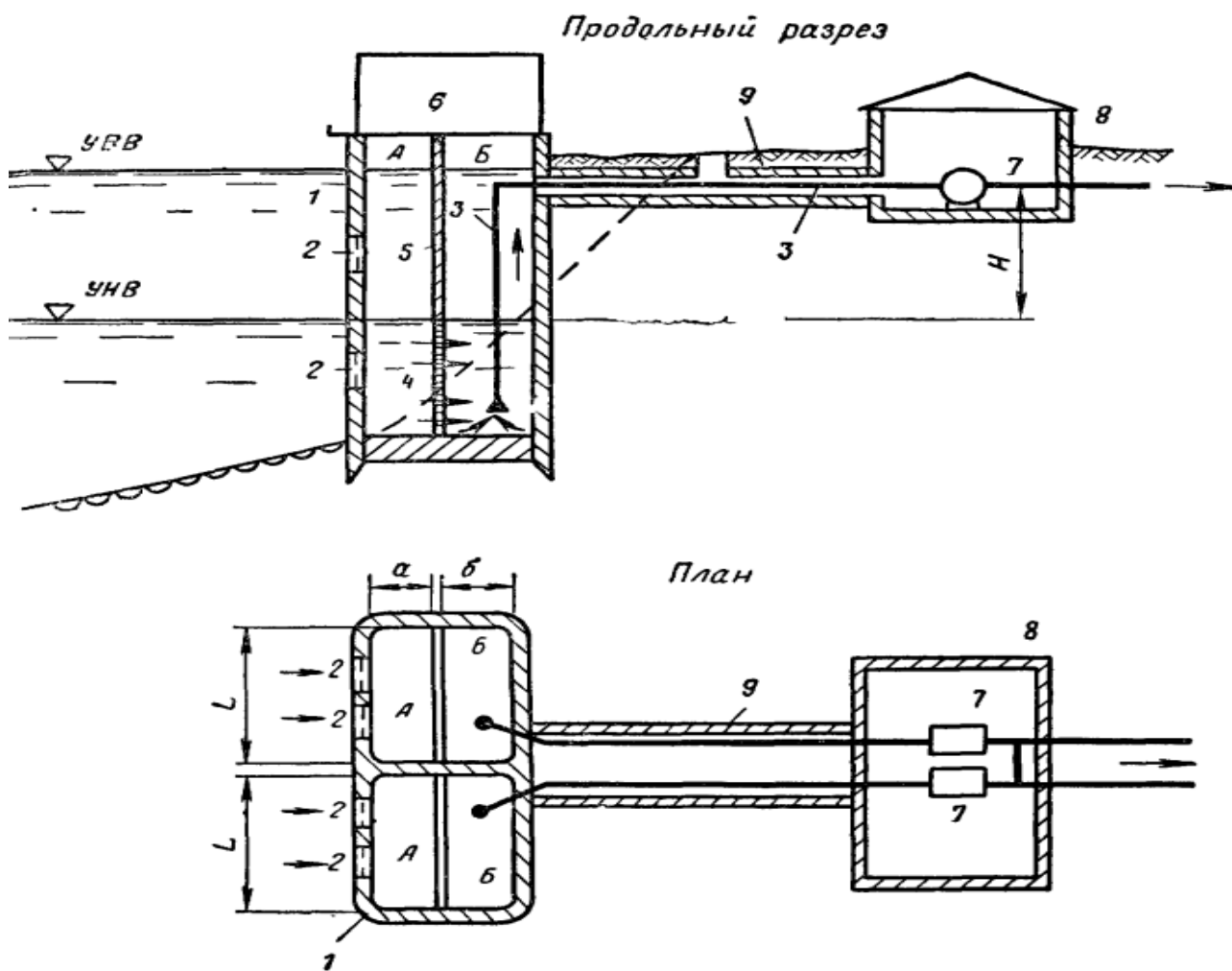
«При наличии вблизи берега глубин, обеспечивающих требуемые условия забора воды, и при относительно крутом берегу применяются водоприемники берегового типа. Их располагают на склоне берега с приемом воды непосредственно из русла реки. При этом насосы первого подъема могут быть расположены в отдельном здании насосной станции или в самом водоприемнике. Этим определяются соответственно два вида водоприемников берегового типа — раздельный и совмещенный» [1].

«Водоприемники берегового типа (рис. 2.1) могут иметь в плане круглую, эллипсоидальную или прямоугольную форму, выбираемую в зависимости от места расположения водоприемника, условий обтекания его водами реки, условий производства работ по его сооружению и от используемого оборудования насосной станции» [1].

«Размеры водоприемника, его основных элементов и оборудования (сеток, решеток, труб и т.д.) определяют частично путем гидравлического расчета и частично по соображениям конструктивного и эксплуатационного характера. Кроме того, водоприемник должен быть проверен на действие сил давления воды, льда и грунта (на всплывание, на опрокидывание, на сдвиг), а также на прочность при действии заданных нагрузок» [1].

«Водоприемники руслового типа (рис. 2.2) чаще всего применяют при относительно пологом берегу. В этих условиях требуемые для забора воды глубины в реке находятся на относительно большом расстоянии от берега» [36].

«Кроме того, при пологом берегу сезонные колебания уровня воды в реке вызывают значительное перемещение уреза воды (т. е. затопление берега). А поскольку насосная станция, как правило, должна быть расположена вне зоны затопления, длина труб от точки приема воды до насосной станции получается обычно весьма большой» [36].



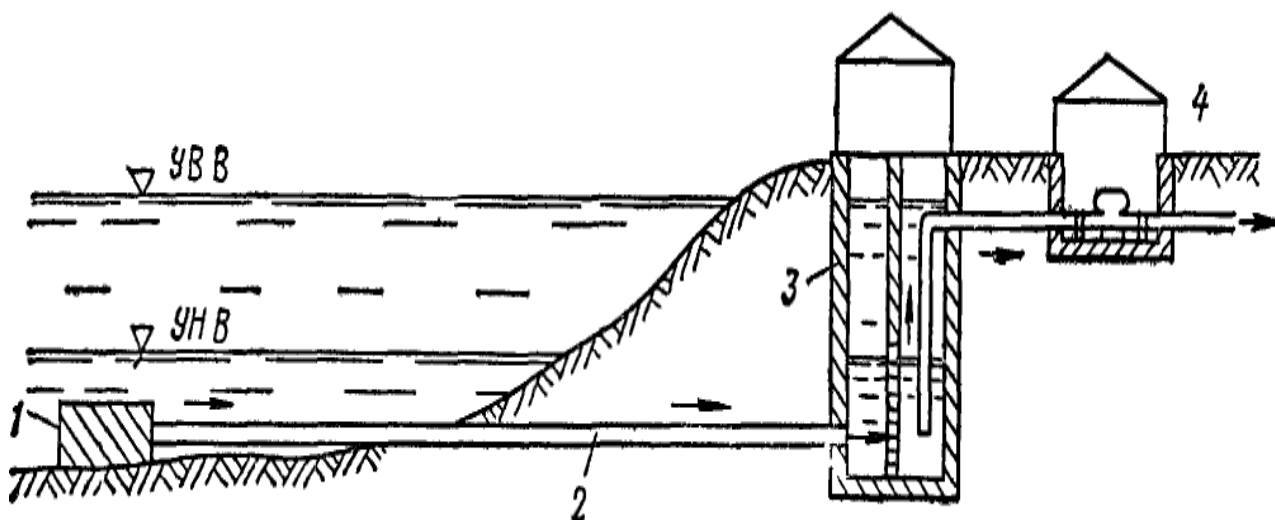
1 - береговой колодец; 2 - входные окна; 3 - всасывающие трубы; 4 - сетки; 5 - перегородка; 6 - служебный павильон; 7 - насосы; 8 - насосная станция.

Рисунок 2.1 – Раздельный водоприемник берегового типа

«Устройство длинных всасывающих линий экономически нецелесообразно и не обеспечивает надежной эксплуатации водоприемника. В связи с этим в водоприемниках руслового типа всасывающие линии заменены (на большей части их длины) самотечными, по которым осуществляется своеобразный глубокий ввод воды в берег с подводом ее возможно ближе к



насосной станции показана принципиальная схема руслового водоприемника» [36].



1 - оголовок; 2 - самотечные линии; 3 - береговой колодец; 4 - насосная станция;

Рисунок 2.2 – Схема руслового водоприемника

«Здесь непосредственный прием воды из реки производится через оголовок конструктивное оформление которого зависит от количества забираемой воды, глубины реки, ее ледовых условий, характера грунта и т. д. От оголовка вода по самотечным линиям 2 подводится к береговому колодецу 3. Его конструкция и оборудование несколько отличаются от обычного водоприемника берегового типа, поскольку вода из источника поступает в него не через входные окна, а по самотечным трубам» [1].

## 2.2 Разработка конструкций береговых колодцев

Береговой колодец можно представить в виде камеры, передняя стенка обращена непосредственно к реке. «В береговых колодцах размещаются водоочистные решетки и сетки. Сетки размещаются ниже минимального уровня воды, поэтому сеточное здание оказывается заглубленным. Строительство берегового колодца при нескальных грунтах наиболее часто осуществляют методом опускного колодца. Поэтому сеточное здание называют береговым сеточным колодцем» [3].

Выбор типа водозаборного колодца зависит от местных, гидрологических, геологических, гидрогеологических и топографических условий.

«Береговые колодцы необходимо располагать на незатопляемых отметках берега. Для уменьшения протяженности самотечных водоводов на участках с наибольшей глубиной их заложения, колодец располагают на пологом берегу, заливаемом в половодье на 1,5...3 м, предусмотрев обсыпку колодца грунтом до отметки, превышающей высоту наката волны при расчетном максимальном уровне воды не менее чем на 0,5 м» [3].

Водозаборные колодцы оборудуются:

- самотечными трубопроводами;
- всасывающими трубопроводами с приемными клапанами;
- промывными трубопроводами для промывки самотечных труб, подключенными к напорным водоводам;
- сетками;
- гидроэлеваторами;
- затворами;
- лестницами.

«В павильонах водоприемников располагают следующее оборудование:

- грузоподъемное,
- для дистанционного управления затворами,
- для промывки сеток,
- для приема и отвода промывной воды» [3].

Береговые колодцы проектируют в основном состоящими из двух секций и круглыми в плане. Каждая секция разделена на две камеры: водоприемная и всасывающая для всасывающих труб насосов I-го подъема. Размеры секции колодца проектируют в зависимости от размеров располагаемого оборудования, а также от размеров сеток, труб и затворов.

«Размеры береговых колодцев зависят от размещения в них перечисленного оборудования. В колодцах так же следует устанавливать указатели уровней воды и лестницы для спуска в колодец. Лестницы-стремянки (с ограждением  $D=0,7$  м) устанавливают перед и после водоочистных сеток во всех секциях сеточных колодцев» [3].

Отметка перекрытия колодца рассчитывается на 0,6...1м выше максимального уровня воды в реке.

Пазы для сеток изготавливаются двойными для того, чтобы на время промывки сеток пользоваться дублирующим их комплектом.

Водоприёмные отверстия в водоприёмно - сеточном колодце располагают по внешней грани и снабжают необходимым оборудованием для опускания и подъема решеток, затворов (пазы, блок, настенная лебедка). Количество секций многосекционных колодцев при установке крупных насосов I-го подъема рекомендуется принимать равным количеству насосов.

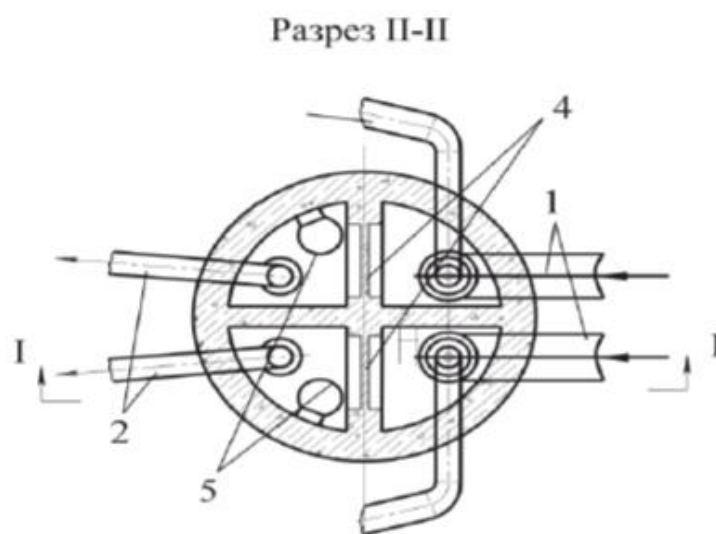
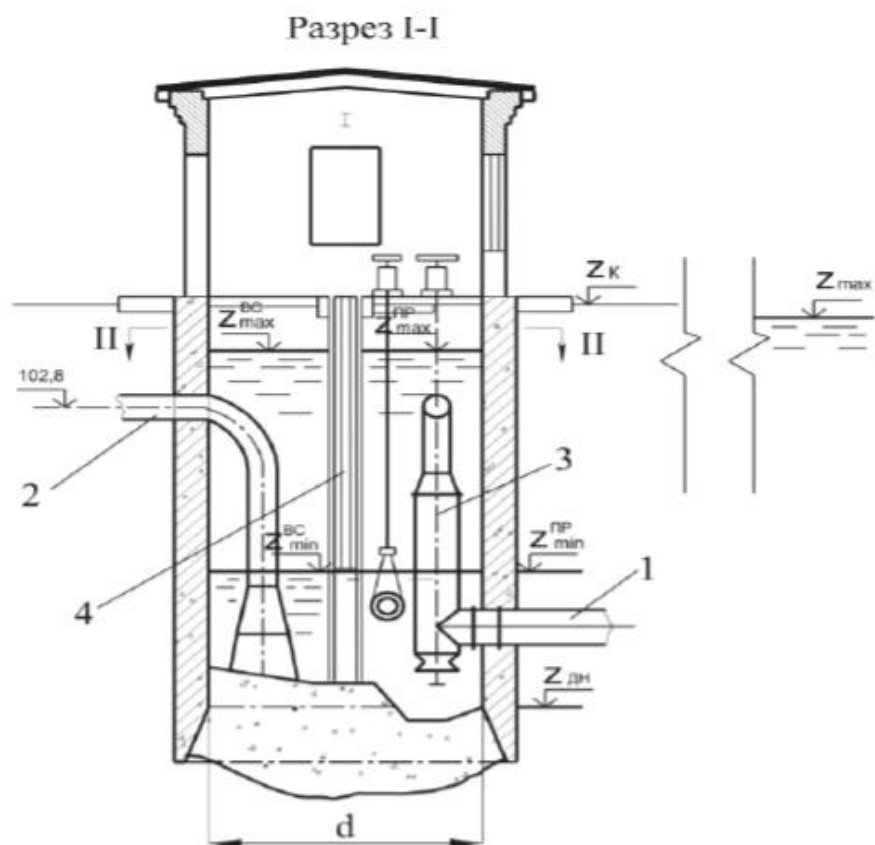
Отметки уровней воды в береговом колодце определяются при двух режимах: нормальном и аварийном (в приемном и всасывающем отделениях).

«При нормальном режиме максимальные и минимальные отметки в приемном отделении берегового сооружения можно определять исходя из максимальных и минимальных уровней воды в реке при заданной обеспеченности и потерях напора на входе» [3].

«Для предотвращения сдвига и подмыва колодцев применяют:

1) дополнительное заглубление основания берегового водоприемника по дну русла, если на практически достигаемой глубине имеются прочные или плотные грунты;

2) шпунтовые коробки, ограждающие основание водоприемного колодца от подмыва и улучшающие условия его работы на сдвиг» [3].



1 — самотечные трубы; 2 — всасывающие трубы; 3 — напорный водовод для обратной промывки самотечных труб; 4 — плоские сетки; 5 — лестницы с ограждением

Рисунок 2.3 – Береговой колодец

Размеры элементов водозаборного сооружения (водоприемных отверстий, сеток, рыб защитных устройств, труб, каналов), а также расчетный минимальный уровень воды в береговом водоприемном сеточном колодце и отметки оси насосов должны определяться гидравлическими расчетами при

минимальных уровнях воды в источнике для нормального эксплуатационного и аварийного режимов работы [3].

Размеры водоприемных отверстий определяются по скорости (среднему значению) втекания воды в отверстия (в свету) сороудерживающих решеток, или в поры фильтров с учетом требований рыб защиты [3].

Низ водоприемных отверстий необходимо проектировать не менее 0,5 м выше дна водоема или водостока, а верх водоприемных отверстий или затопленных сооружений зависит от нижней кромки льда, т.е. расстояние должно быть не менее 0,2 м.

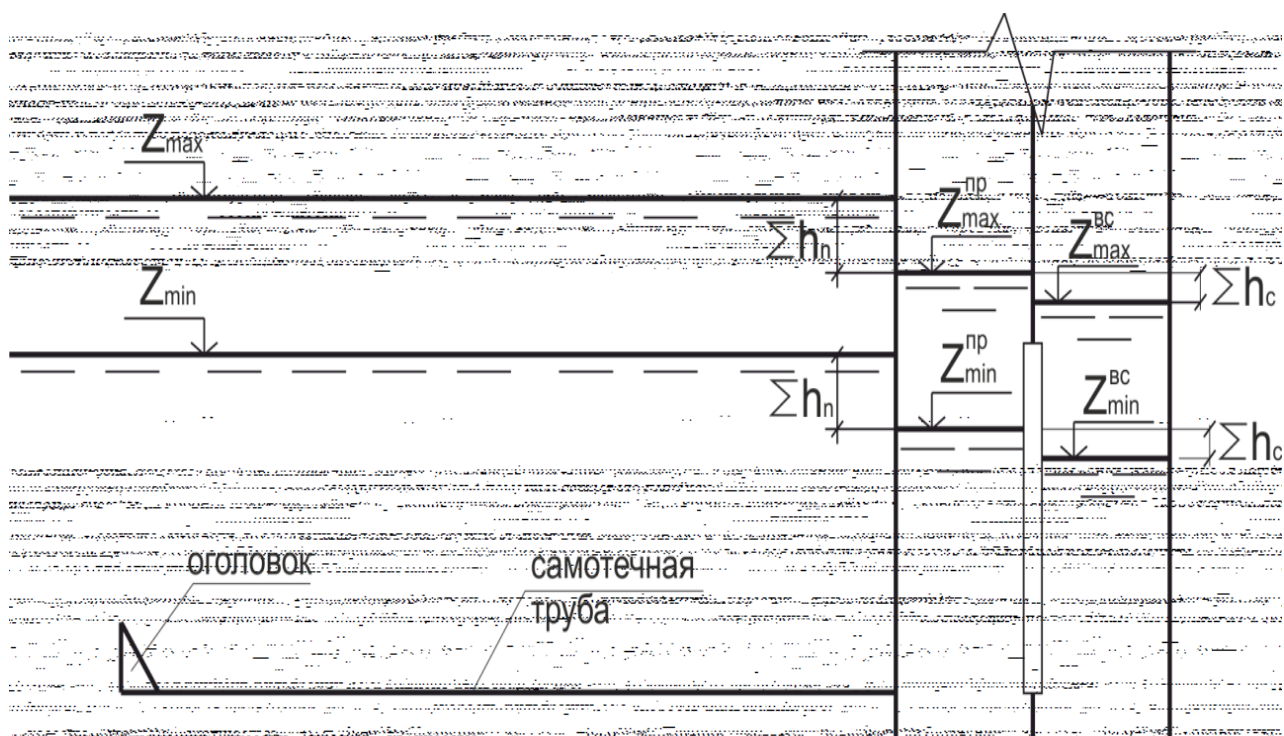


Рисунок 2.4 – Схема к определению отметок расчетных уровней воды

В тяжелых шуголедовых условиях для борьбы с обледенением и закупоркой шугой отверстий следует предусматривать:

- электрообогрев решеток;
- подвод к водоприемным отверстиям теплой воды;
- сжатого воздуха;
- импульсную промывку в сочетании с обратной.

Прутья сороудерживающих решеток следует изготавливать из гидрофобных материалов или они должны быть ими покрыты. Для удаления из

береговых колодцев шуги следует предусматривать соответствующие приспособления. [4]

«Для самотечных водоводов рекомендуется применять метод бестраншейной прокладки, на участке примыкания к подземной части колодцев и насосных станций, выполняемых опускным способом» [3].

При проектировании водозаборных сооружений необходимо предусмотреть приспособления для удаления осадка из водоприемных колодцев.

«При условиях таких как: профиль берега, амплитуда колебаний уровня воды, изготавливают комбинированный водоприемник, забор воды в котором при высоком стоянии уровня осуществляется через входные окна в стенке берегового колодца обращенной к руслу реки, как и в обычном водоприемнике берегового типа» [36].

Компоновка оборудования внутри берегового колодца из стеклопластика не будет отличаться от железобетонного. Также будут соблюдены все правила по изготовлению колодцев согласно проекта.

Есть определённые особенности по изготовлении комплектного водозаборного берегового колодца из стеклопластика, которые необходимо соблюдать и при нарушении которых срок службы колодца сократится в разы, рассмотрим несколько таких основных правил:

- Все поверхности стеклопластика должны быть покрыты смолой, т.е. армирующий материал – волокна стекла не должны быть «оголены».
- Внутри колодца все оборудование и перегородки крепятся к корпусу колодца с помощью болтового соединения. После чего болтовое соединение покрывается стеклопластиком (рис. 2.5).
- Так как стеклопластик подвержен разрушению от ультрафиолета, то наружные поверхности колодца находящиеся выше уровня земли должны быть покрыты гелькоутом.



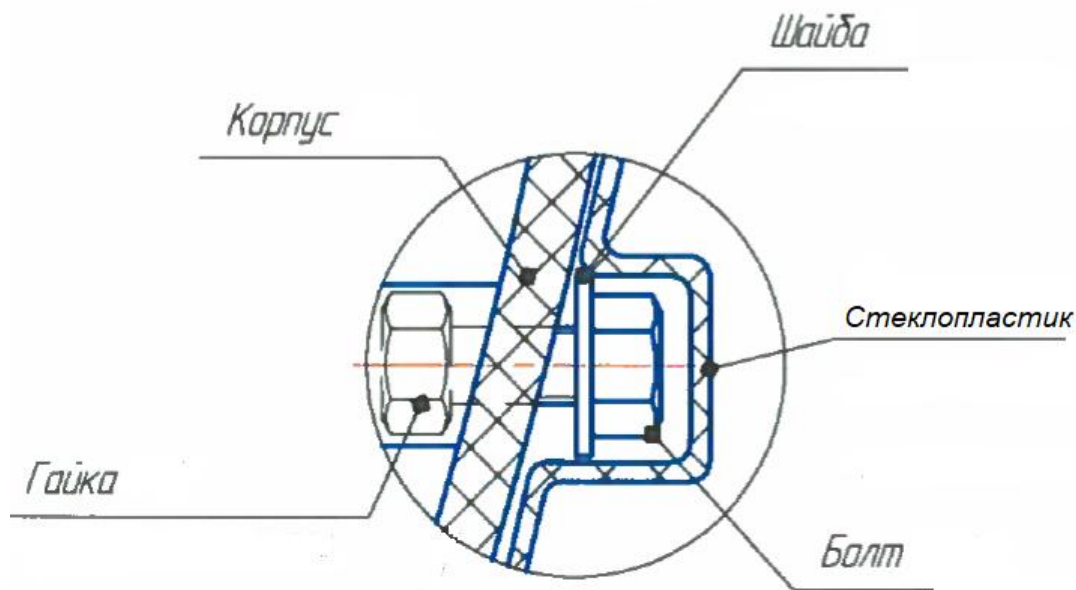


Рисунок 2.5 – Пример покрытия стеклопластиком болтового соединения

До настоящего времени возведение береговых колодцев производили двух типов:

- Из сборных железобетонных колец;
- Опускного типа из монолитного армированного бетона.

**Метод возведение колодца из сборных железобетонных колец:**

Колодцы из железобетонных колец собираются в открытых котлованах.

Стены водозаборного колодца запроектированы из железобетонных колец высотой 1 м, два из них имеют отверстия для труб. Сборка колодцев осуществляется по монтажным схемам на объекте строительства.

В верхней и нижней частях колец устраиваются три металлические петли, для монтажа при строительстве и подъема при перевозке.

Днище – круглая железобетонная плита, по периметру плиты проектируется бортик, между бортиком днища и кольцом стены создается зазор, заполняемый цементным раствором.

Колодец перегораживается на две секции железобетонной отдельной стенкой.

Перекрытие над колодцем разработано в виде железобетонной плиты с лазом диаметром 1,0 м, который закрывается стальной крышкой.

В зависимости от гидрогеологических условий понижение уровня грунтовых вод производится водоотливом или применением иглофильтровой установки. В этом случае, строительные работы должны вестись непрерывно в течении суток.

**Метод возведение колодца опускного типа из монолитного армированного бетона:**

Метод изготовления опускных колодцев состоит в том, что конструкцию начинают возводить на поверхности земли, а затем внутри неё подрабатывают грунт в направлении от центра к ножу. Нож, утрачивая опору с внутренней стороны, под действием веса лежащих выше конструкций выдавливает грунт внутрь, и колодец опускается (рис 2.6).

По мере углубления колодца его наращивают по высоте.

Работы выполняют по этапам:

- бетонирование ножа колодца;
- бетонирование первого яруса;
- выдерживание бетона;
- распалубка бетона;
- опускание колодца;
- бетонирование второго яруса, и т.д.

«Изготовление монолитной части колодца начинают с устройства стального ножа, который собирают на деревянных подкладках» [37].

«Опалубка монолитной части колодца - деревянная, сборно- разборная. Щиты опалубки шириной 1,5-2 м изготавливают на полную высоту ножевой секции (2,5 м) и устанавливают на месте при помощи крана. Щиты соединяют болтами» [37].

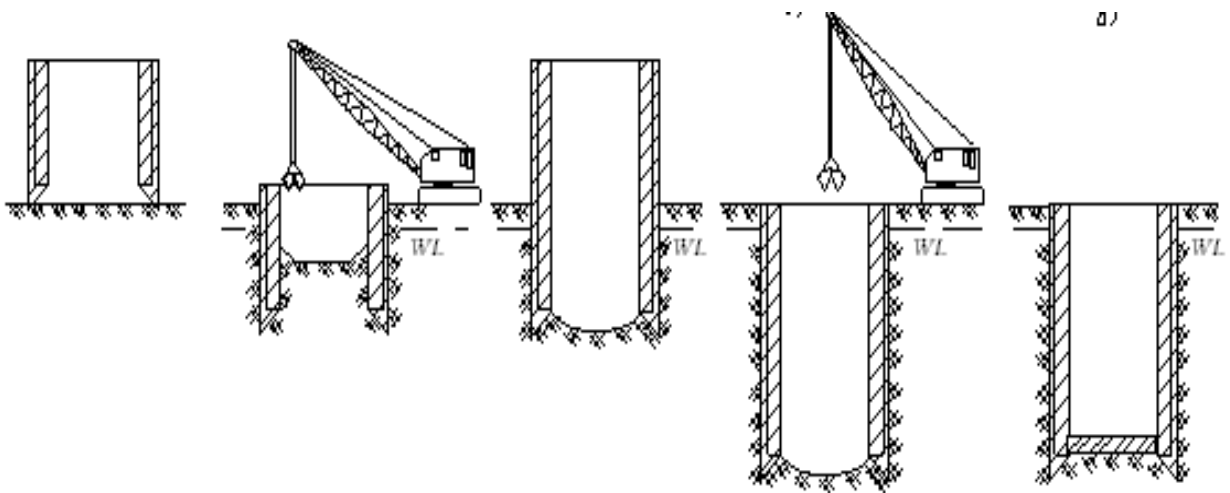


Рисунок 2.6 – Последовательность монтажа опускного колодца

«Защитный слой бетона проектной толщины создают, размещая между стержнями рабочей арматуры и внутренней поверхностью опалубки бетонные прокладки» [37].

«Бетонную смесь укладывают слоями, толщина которых не должна превышать 1,25 длины рабочей части вибраторов, используемых для уплотнения смеси. Продолжительность периода между укладкой одного слоя бетонной смеси и перекрытием ее следующим слоем без образования рабочего шва устанавливается в зависимости от температуры наружного воздуха, свойств применяемого цемента и других факторов. Как правило, последующий слой следует укладывать до начала твердения смеси предыдущего слоя, но не позднее половины срока ее схватывания» [37].

Распалубку ножа и нижней ступени колодца начинают только после достижения бетоном конструкций 100%-ной проектной прочности, у верхних ступеней распалубку можно производить при 70%-ной прочности.

«Увеличение размеров в плане конструкций колодца, погружаемых в грунт, в верхнем уровне по сравнению с размерами колодца на уровне ножа не допускается» [37].

Для успешного погружения колодца его вес должен превосходить общую величину силы бокового трения грунта не менее чем на 25%.

Не рекомендуется использовать метод «опускного колодца» в скальных и полускальных грунтах, а также в грунтах с валунными включениями.

### Метод монтажа колодца из стеклопластика:

1. Корпус монтируется на сборный или монолитный железобетонный фундамент.
2. Грунт под железобетонным фундаментом необходимо трамбовать. Основание под железобетонный фундамент выровнять слоем песчано-гравийной смеси толщиной 100-200 мм. Песчано-гравийную смесь трамбовать.

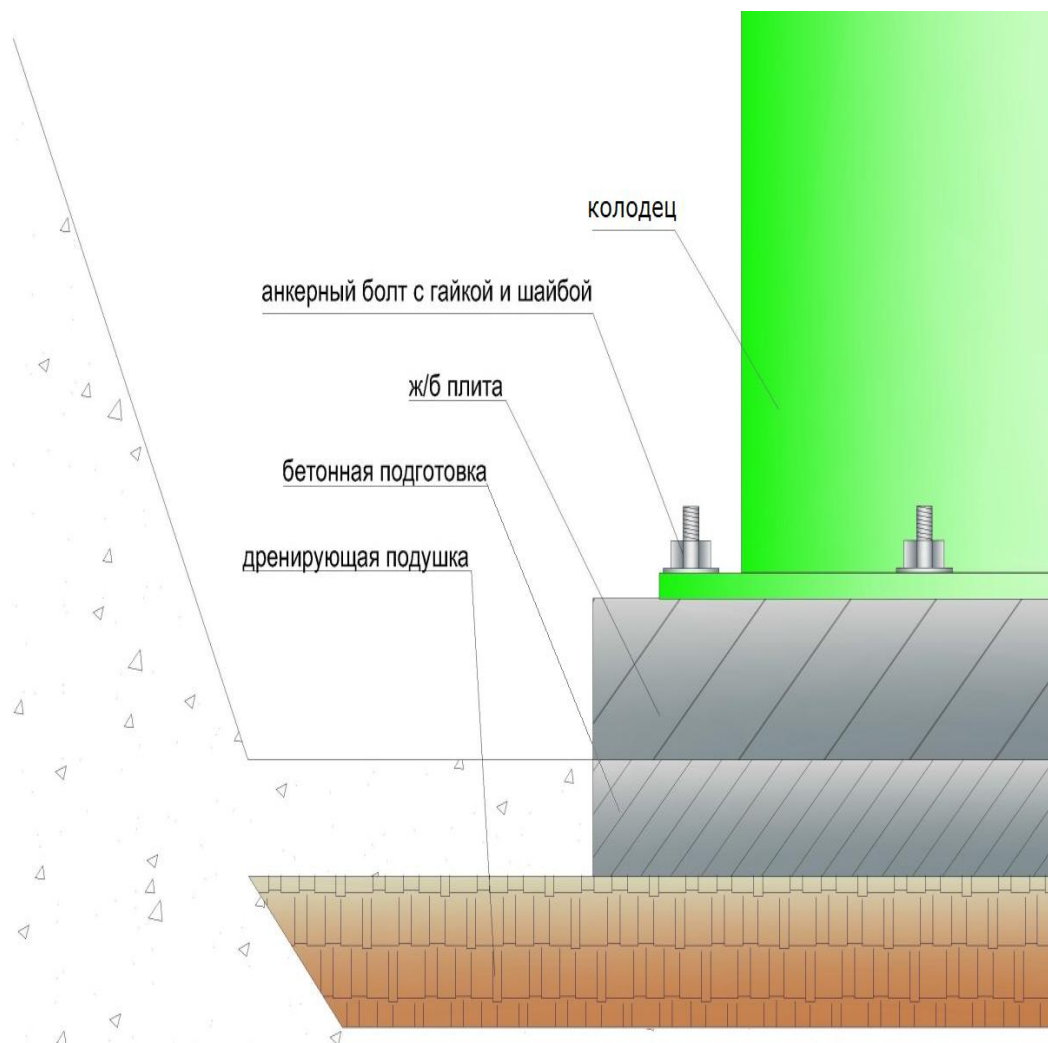


Рисунок 2.7 – Схематичное крепление колодца к бетонной плите.

3. Поверхность железобетонного фундамента выровнять при необходимости слоем цементно-песчаного раствора толщиной 50-100 мм.
4. Перед установкой корпуса фундамент очистить от мусора, щебня, камней, битого кирпича
5. Монтаж и перемещение емкости необходимо осуществлять специализированной техникой (автокраном).

6. Перед началом монтажа необходимо убедиться в целостности конструкции монтажных петель, проверить отсутствие повреждений на ёмкости, а также проследить за состоянием поверхности опорной плиты. На опорной плите не допускается присутствие мусора, камней, грунта.



Рисунок 2.8 – Схема строповки колодца.

7. Закрепить ёмкость с помощью стропов автокрана. При строповке должны быть задействованы все имеющиеся на ёмкости монтажные петли для равномерного распределения веса по ним.

8. Установить колодец на монолитную железобетонную плиту строго в проектном положении.

9. Произвести проверку проектных отметок, убедиться, что корпус не имеет повреждений и установлен строго по осям, проверить горизонтальность колодца.

10. Закрепить корпус на монолитной железобетонной плите цанговыми анкерными болтами. Для этого необходимо через отверстия, расположенные во фланцевом выступе дна просверлить отверстия в фундаменте и забить в них анкерные болты, затем затянуть их.

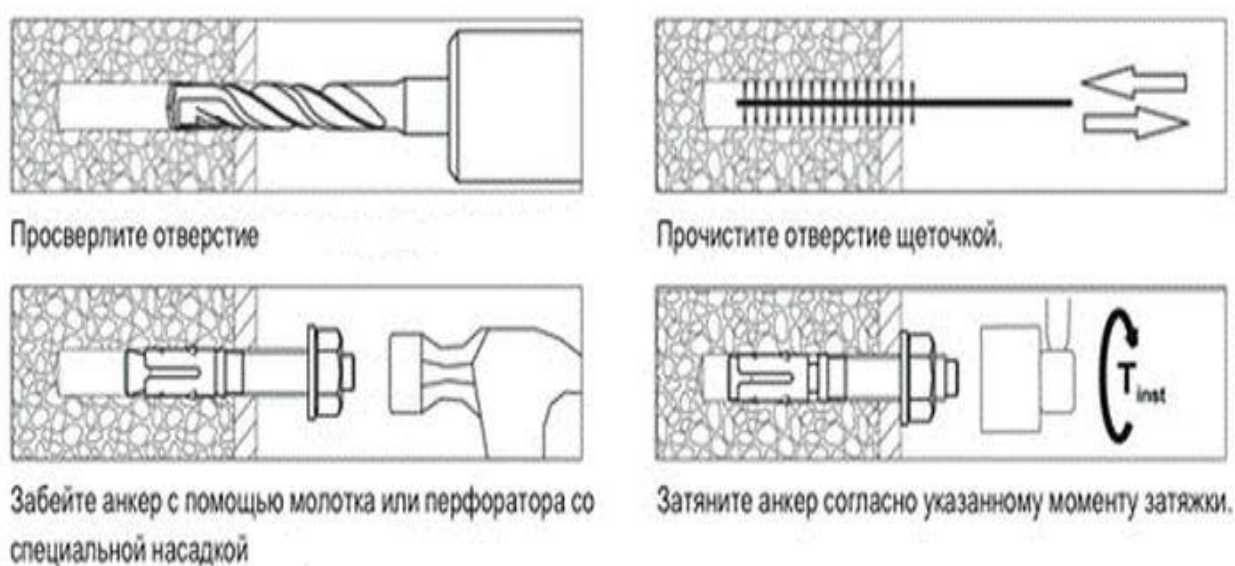


Рисунок 2.9 – Очередность крепления берегового колодца к монолитной плите

11. Обратную засыпку производить песчано-гравийной смесью послойно. Толщина каждого слоя не более 300 мм. Каждый слой трамбовать.

### 2.3 Подбор материалов

Анализ строительных материалов и объекта исследования позволяют сформулировать перечень критериев к материалам для строительства береговых колодцев (табл. 2.2):

- стойкость к электрохимической коррозии;
- стойкость к биологической коррозии;
- долговечность и надёжность;
- высокая степень морозостойкости;



- ремонтпригодность;
- малый удельный вес;
- экологичность;
- высокие физико-механические показатели (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Сравнительная таблица по физико-механическим характеристикам

Физико-механические характеристики	Стеклопластик	Полипропилен	Сталь	Бетон
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1400-1900	1000	7800	2400
Предел прочности при растяжении, МПа	410-600	20-40	373-480	1,15-3,15
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	400-1100	80-110	280-520	-
Предел прочности при сжатии, МПа	200-400	41-48	800-1100	10-60
Коэффициент теплопроводности, Вт/м К	0,33	0,22	52	0,18

«Изделия из стеклопластика значительно легче объектов-аналогов из стали, алюминия, меди, титана или железобетона, при этом конструкции из стали и железобетона требуют обязательной противокоррозионной защиты, существенно увеличивающей общий вес технологического оборудования и трудоёмкость его монтажа» [26].

Таким образом, необходимо произвести поиск материала, соответствующего всем критериям данного перечня

Таблица 2.2 – Сравнительная таблица характеристик материалов

Параметр	Материал				
	Стеклопластик	Сталь	ППН	ПВХ	Бетон
Теплопроводность, Вт/м°С	0,33	52	0,22	0,137	0,18
Удельный вес, кг/м <sup>3</sup>	1,8	7,8	1	1,4	2,4
Сопротивление истиранию при испытательной жидкости (песок/вода-18/85) и скорость 10 м/сек за часы	80	34	50	50	20
Абсолютная шероховатость внутренней поверхности стенок (новая/старая), мк	0,05/0,05	0,075/2,0	0,1/0,1	0,1/0,1	0,75/2,5
Срок службы	более 50 лет	до 10-15 лет	20-50 лет	20-50 лет	15-20 лет
Ударопрочность	лучший показатель	хорошая	средняя	средняя	средняя
Обслуживание	не требуется	регулярно	периодич.	периодич.	регулярно
Устойчивость к коррозии	устойчив	корродирует	устойчив	устойчив	устойчив
Устойчивость к ультрафиолету	устойчив	устойчив	стареет	стареет	устойчив
Морозостойкость	до -40 (-80)	до -60	до -10	до -10	до -50
Устойчивость к блуждающим токам	диэлектрик	проводник	диэлектрик	диэлектрик	неустойчив
Устойчивость к биозаращению	высокая	средняя	высокая	высокая	низкая
Устойчивость к химически агрессивным средам	повышенная	высокая	высокая	высокая	низкая

Наиболее значимым механическим свойством материалов для строительства объектов ландшафтной архитектуры являются прочность – способность сопротивляться механическим воздействиям, сопротивление сжатию и стиранию. Также немаловажными свойствами являются водопоглощение и морозостойкость – способность материала выдерживать попеременное замораживание и оттаивание без значительных признаков разрушения или снижения прочности.

Стеклопластики обладают свойствами, или, точнее, таким их сочетанием в одном материале, которое позволяет создавать конструкции с уникальными характеристиками, не доступными при использовании других материалов. Физические свойства стеклопластика приведены в таблице 3.

Таблица 2.3 – Физические свойства стеклопластика

Свойство		Проявление свойства
Коррозионная стойкость	Электрохимическая	Электрохимическая коррозия отсутствует, т.к. стеклопластик не проводит электрический ток
	Биологическая	Биологическая коррозия отсутствует, т.к. отсутствует питательная среда для микроорганизмов, бактерий и грибов
Долговечность		Более 30 лет
Теплопроводность		0,2-0,4 Вт/(м·К)
Морозостойкость		Более 300 циклов
Ремонтопригодность		Ремонт поврежденных участков производится без демонтажа конструкции в кратчайшие сроки; для ремонта применяются полимерные материалы, использованные при первоначальном изготовлении конструкции.

«Малый вес оборудования и конструкций из стеклопластика позволяет заметно уменьшить трудозатраты при монтаже, осуществить строительство (реконструкцию) в минимальные сроки, а также использовать более лёгкие конструкции» [26].

Из приведенных данных рассчитывается коэффициент конструктивного качества, который равен отношению показателя прочности на сжатие к относительной средней плотности материала (табл. 2.4):

$$KKK=R_{сж}/d \quad (2.1)$$

где ККК – коэффициент конструктивного качества, МПа;

$R_{сж}$  – предел прочности при сжатии, МПа;

$d$  – относительная средняя плотность материала, кг/м<sup>3</sup> [26].

Таблица 2.4 – Коэффициенты конструктивного качества материалов

Показатель	Единица измерения	Полипропилен	Сталь	Бетон	Стеклопластик
Коэффициент конструктивного качества	МПа	46	100-140	16	125-210

Очевидно, что по коэффициенту конструктивного качества стеклопластик превосходит традиционные строительные материалы.

Изучив в предыдущих разделах свойства материалов, мы можем сделать вывод, что стеклопластик обладает целым рядом преимуществ:

1. По сравнению с металлами:

- а) меньший в 4 раза удельный вес при сопоставимой прочности;
- б) коррозионная стойкость к воде, кислым, солевым и щелочным средам;
- в) полное отсутствие электрокоррозии;
- г) долговечность;

2. По сравнению с полипропиленом:

- а) устойчив к старению;
- б) более высокая прочность;
- в) лучше ударопрочность;

3. По сравнению с бетоном:

- а) меньший удельный вес;
- б) более высокая прочность;
- в) отсутствие биологической коррозии [26].

Выбрав стеклопластик как наиболее подходящий материал, стоит подобрать его составляющие материалы, а именно определиться с выбором армирования и связующим.

«Основную механическую нагрузку несут волокна, и они, главным образом, определяют прочность и жесткость материала. Сравнительная характеристика волокон приведена в (табл. 2.5)» [25].

«Стеклопластики являются одними из наиболее применяемых композиционных материалов, что обусловлено их высокими свойствами и относительно невысокой стоимостью» [25].

«Широкую распространенность стеклянных волокон предопределяет их спектр достоинств» [25]:

- относительно невысокая плотность волокон 2,400-2,600 кг/м<sup>3</sup>;
- высокий уровень прочности в условиях действия растягивающих напряжений, удельная прочность (отношение предела прочности к плотности) стекловолокна выше, чем стальной проволоки;
- хорошие электроизоляционные свойства [25];

Таблица 2.5 – Сравнение волокон

Свойства	Волокно			
	Стеклоанное	Борное	Углеродное	Арамидное
Механические свойства				
Удельная прочность	Очень высока	Высокая	Средняя	Высокая
Сопротивление удару	Удовлетвор.	Высокое	Плохое	Высокое
Удельный модуль	Низкий	Высокий	Средний	Высокий
Удлинение при разрыве	Высокое	Низкое	Среднее	Среднее
Теплофизические				
Стабильность	Отличная	Отличная	Средняя	Отличная
Теплопроводность	Низкая	Средняя	Высокая	Низкая
Коэффициент линейного температурного расширения	Очень низкий	Очень низкий	Средний	Средний
Демпфирующая способность	Удовлетвор.	Высокая	Хорошая	Отличная

Производственно-технологические				
Наименьший радиус изгиба	Очень большой	Малый	Малый	Малый
Чувствительность к повреждениям при переработке	Средняя	Средняя	Высокая	Низкая
Возможность переработки в ленты, ткани	Хорошая	Плохая	Хорошая	Хорошая
Стоимость	Низкая	Высокая	Умеренная	Умеренная

- волокна не горят и не поддерживают горение;
- возможность эксплуатации при повышенных температурах; □ низкий коэффициент линейного температурного расширения и высокий коэффициент теплопроводности;
- химическая стойкость, устойчивость к действию грибков, бактерий и насекомых;
- повышенная влагостойкостью, сохранение высоких прочностных свойств в средах с повышенной влажностью [25].

«Уникальным видом упрочняющих волокон являются углеродные волокна (УВ). Объем применения углеродных волокон при изготовлении композиционных материалов постоянно возрастает, что объясняется высоким уровнем их свойств» [25]:

- по удельным показателям углеродные волокна превосходят все жаростойкие волокна;
- предел прочности высокомодульных УВ составляет 2,5-3,5 ГПа;
- модуль упругости равен 200-700 ГПа;
- плотность углеродных волокон (1600-1800) кг/м<sup>3</sup> ниже плотности графита (2260 кг/м<sup>3</sup>), что связано с большой пористостью волокон и их менее совершенной структурой;
- высокая химическая стойкость к действию большинства агрессивных сред характерна для УВ [25].



«Борные волокна, обладающие высокой прочностью и высокими значениями модуля упругости, были получены методом химического осаждения из газовой фазы в 1959 г. Их использовали в основном в качестве армирующих волокон для изготовления тяжело нагруженных несущих конструкций самолетов. По сравнению с другими типами армирующих волокон борные обладают высокой сдвиговой жесткостью (180 ГПа) и считаются одними из наиболее эффективных упрочнителей композиционных материалов» [25].

Сравнительные характеристики связующего приведены в (табл. 2.6).

Таблица 2.6 – Сравнение связующего (смола) для стеклопластика

Показатель	Ед. измер.	Значение показателя для стеклопластика на основе разных смол		
		Полиэфирная	Эпоксидная	Фенолформальдегидная
Плотность	г/см <sup>3</sup>	1,4-1,75	1,6-1,9	1,5-1,8
Прочность при растяжении	МПа	140-150	400-600	300-500
Прочность при статическом изгибе	Мпа	150-500	400-800	200-600
Прочность при сжатии	Мпа	150-300	200-400	100-300
Модуль упругости при растяжении	ГПа	11-25	22-32	18-25

#### 2.4 Расчет пригруза от всплытия берегового колодца

«Если дно берегового колодца, расположено ниже максимального уровня воды, то в этом случае при опорожнении колодца возможно его всплытие. При открытом способе строительства водозаборного незатопленного колодца расчет статической устойчивости не требуется, а при строительстве опускным - устойчивость к всплытию рассчитывается на начало монтажных работ (масса

оборудования в расчёт не идет), полагая, что насосный отсек водозабора всегда свободен от воды» [3].

«Колодец берегового типа считается устойчивым к всплытию, при выполнении условия

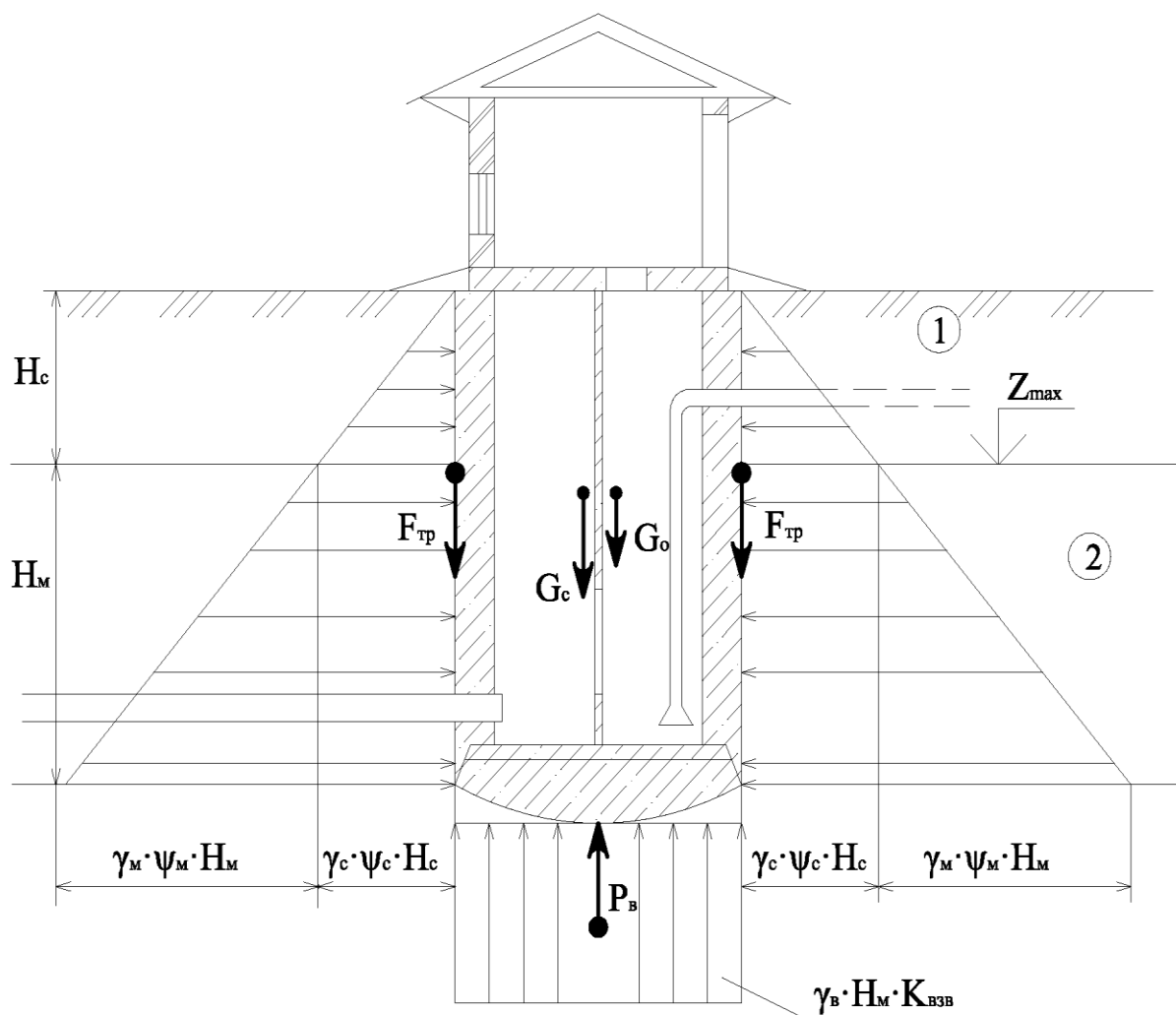
$$G_c + G_o + F_w \geq P_b, \quad (2.2)$$

где  $G_c$  - сила тяжести строительных конструкций берегового колодца, Н;

$G_o$  - сила тяжести оборудования водозабора, Н;

$F_w$  - сила трения колодца о грунт при его всплытии, Н;

$P_b$  - - подъемная сила, Н» [3].



1 – мокрые грунты; 2 – сухие грунты

Рисунок 2.10 – Схема действия сил на опорожненный береговой колодец

Сила тяжести строительных конструкций определяется по формуле, Н:

$$G_c = m_c * g , \quad (2.3)$$

где  $m_c$  – общая масса строительных конструкций, кг:

$$m_c = \sum \rho_i * V_i , \quad (2.4)$$

где  $\rho_i$  - плотность отдельных  $i$ -ых элементов колодца, кг/м<sup>3</sup>;

$V_i$  - объем отдельных  $i$ -ых элементов колодца (подземной и надземной части), м<sup>3</sup>.

«Сила тяжести оборудования определяется с учетом всего оборудования, расположенного в береговом колодце, Н» [3];

$$G_o = m_o * g , \quad (2.5)$$

где  $m_o$  - общая масса оборудования, кг:

Сила трения колодца о грунт вычисляется в зависимости от вида

Грун тов:

где  $H_c$  ,  $H_m$  - соответственно, высота слоя сухих и мокрых грунтов, воздействующих на стенки водозабора, м [3].;

$\gamma_c$  ,  $\gamma_m$  - удельный вес сухих и мокрых грунтов, Н/м<sup>3</sup>, определяется по приложению К [3].

$\gamma_c$  ,  $\gamma_m$  - коэффициенты, учитывающие способность сухих и мокрых грунтов передавать давление на ограничивающие их стенки [3].

$$\psi = \text{tg}^2 * (45^\circ - 0.5\varphi), \quad (2.6)$$

где  $\varphi$  - угол внутреннего трения грунта,  $\varphi = 26 - 32^\circ$ ;

$\Omega_c$  ,  $\Omega_m$  - площадь внешних поверхностей подземной части водозабора, находящихся соответственно в зоне сухих и мокрых грунтов, м<sup>2</sup> [3].;

$F_c$  ,  $f_m$  – коэф. трения о них сооружения (табл. 2.7) [3].

Таблица 2.7 – Определение коэффициента трения в зависимости от его вида

Вид трения	f
Бетон по бетону	0,5
Бетон по скальному грунту	0,5
Бетон по каменной наброске	0,6

Бетон по песку	0,45
Бетон по супеси	0,35
Бетон по суглинку	0,25
Бетон по глине	0,2

Подъемная сила  $P_B$  определяется в зависимости от вида проницаемости грунтов:

$$P_B = \gamma_B * V_B * K_{BЗВ}, \quad (2.7)$$

где  $\gamma_B$  - удельный вес воды ( $\gamma_B = 9810 \text{ Н / м}^3$ );

в  $V_B$  - объем затопляемой части сооружения, находящейся ниже расчетного максимального уровня в источнике, м<sup>3</sup>;

$K_{BЗВ}$  - коэффициент взвешивания, принимаемый по (табл. 2.8)

Таблица 2.8 – Определение коэфф. взвешивания в зависимости от типа грунта

Тип грунта	$K_{BЗВ}$
Мелкие и средние грунты	0,8...0,95
Глины	0,7...0,8
Суглинки и супеси	0,85...0,9
Сильнотрещиноватые скальные породы	0,75...1,0
Неразрушенные скальные породы	0,35

Если дно берегового колодца находится на проницаемых (хорошо проницаемы) грунтах, то  $K_{BЗВ}=1$ .

Если фактический коэффициент запаса устойчивости к всплытию больше нормативного, то колодец водозабора устойчив к всплытию:

$$k_{вспл}^{\phi} \geq k_{вспл},$$

где  $k_{вспл}^{\phi}$  - фактический коэффициент запаса устойчивости к всплытию, определяемый по формуле:

$$k_{вспл}^{\phi} = \frac{G_{mp} + G_0 + F_{mp}}{P_B} \quad (2.8)$$

$k_{вспл}$  - нормируемый коэффициент запаса устойчивости к всплытию,

$$k_{вспл} = 1,1 \dots 1,4.$$

Расчет бетонного пригруза для берегового колодца, изготовленного из стеклопластика.

Объём пустого корпуса колодца:  $V=63,5 \text{ м}^3$ , следовательно, выталкивающая сила равна  $P=63,5$  тонны. Уравновешивание выталкивающей силы производится бетонным основанием колодца - вес пустого колодца.

Высоту основания принимаем 1.3 м.

Объёмный вес бетона 2,4 тонн/м<sup>3</sup>.

Необходимый объём бетона  $25,5 \text{ м}^3$  ( $(63,5-2,3)/2,4=26,4 \text{ м}^3$ ).

Необходимый объём основания определяется как сумма объёма бетона и объёма части колодца, погружённой в бетонное основание. Корпус берегового колодца погружается в бетон на 1 м. Исходя из этого, объём основания равен  $29 \text{ м}^3$ . Площадь основания  $28/1,3=22 \text{ м}^2$ .

Бетонное основание принимаем в форме квадрата со стороной 4,7 м.

Высота опалубки принимается 1.3 м, размеры в плане  $4,7 \times 4,7$  м.

Последовательность бетонирования:

- 1) Собрать опалубку;
- 2) Залить бетон на высоту 300 мм, выполнив армирование;
- 3) После схватывания бетона (примерно 7 сут.) установить корпус колодца на бетонное основание;
- 4) Долить бетон до высоты 1300 мм, установив монтажные петли для спуска колодца в котлован (рис. 2.11).

5) После набора бетоном 50% марочной прочности, разобрать опалубку и смонтировать колодца с бетонным основанием в котлован, используя для строповки монтажные петли, заложенные в бетонное основание (рис. 25).

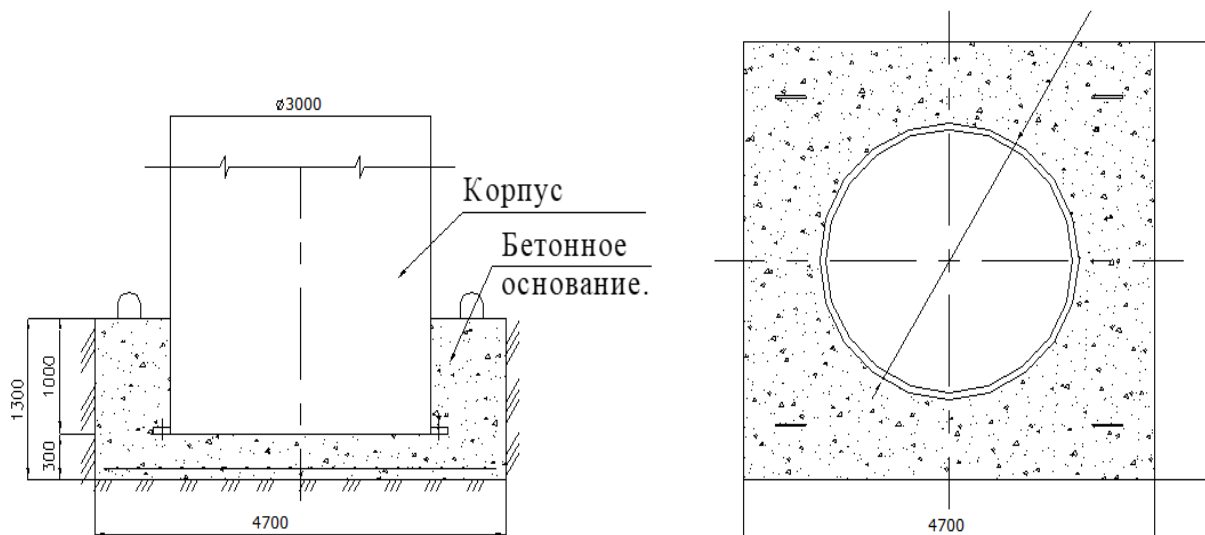


Рисунок 2.11 – Схема изготовления пригруза для стеклопластикового колодца

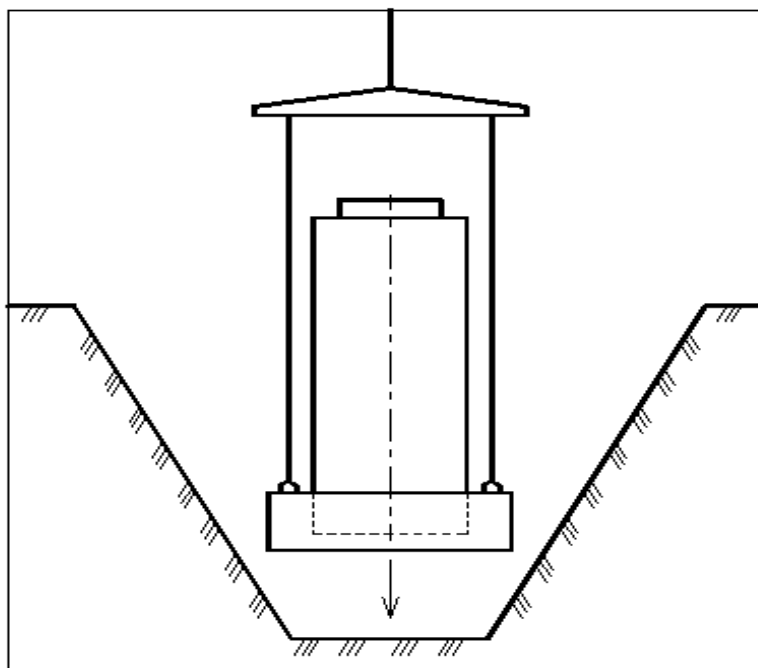


Рисунок 2.12 – Схема монтажа колодца с бетонным основанием

## **ВЫВОД ПО ГЛАВЕ 2**

В создании новейших материалов принимают участие не только химики, но и инженеры, конструкторы, архитекторы. Как было рассмотрено в данной главе композиционные материалы очень устойчивы к внешним воздействиям, они идеально подходят для использования в гидротехнических сооружениях, где необходима устойчивость к высоким температурам, коррозии и большим нагрузкам.

Стеклопластик в ходе работы был выбран в качестве материала для изготовления береговых колодцев. Данный материал по своим свойствам отлично подходит для данных целей благодаря своим свойствам, простоте применения, доступности и цене по сравнению с другими композитными материалами.

## ГЛАВА 3 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ИЗ КОМПОЗИТОВ

### Технико-экономическое обоснование изготовления оборудования из композитов.

Стоимость строительства берегового колодца складывается из следующих составляющих:

- стоимость изделий или материалов для изготовления оборудования;
- стоимость доставки продукции;
- стоимость монтажных работ;

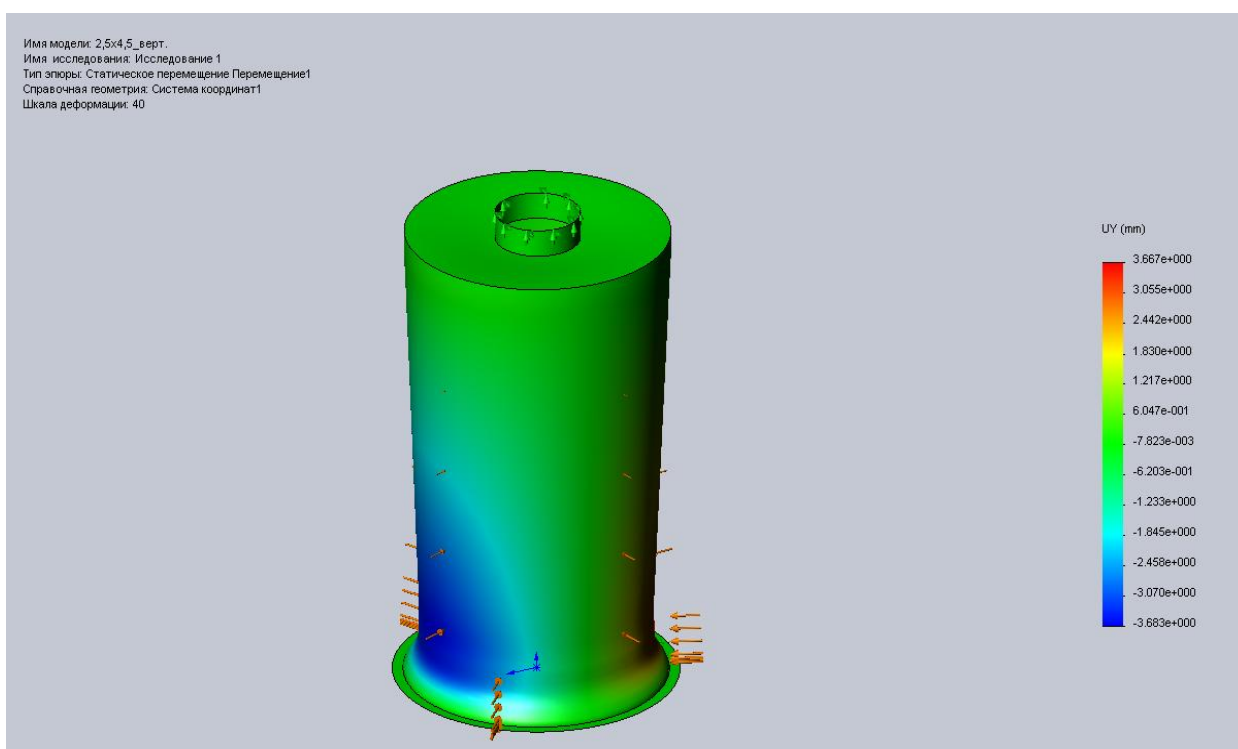


Рисунок 3.1 – Прочностной расчет колодца

В данной работе будет рассмотрен проект типовых водозаборных береговых колодцев 4-18-789 и на примере его произведено технико-экономическое обоснование.

Габаритные размеры колодца:

- диаметр 3,0 м;
- высота подземной части 9,0 м.



Прочностной расчет колодца из стеклопластика произведен при помощи программы SolidWorks (рис. 3.1), в результате которого составлена таблица толщины стенок корпуса (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Толщина стенки колодца (рис. 3.2)

№ п.п.	Высота корпуса, Н, м	Высота части корпуса, определенной толщины, $h_1/h_2/.../h_n$ , м	Толщина стенок частей корпуса, $s_1/s_2/.../s_n$ , мм	Толщина стенки дна, к, мм
	1	2	3	4
1	1	1	10	10
2	2	2	10	10
3	3	3	10	10
4	4	3/1	10/12	12
5	5	3/2	10/12	12
6	6	3/3	10/12	12
7	7	3/3/1	10/12/14	14
8	8	3/3/2*	10/12/14	14
9	9	3/3/3*	10/12/14	14

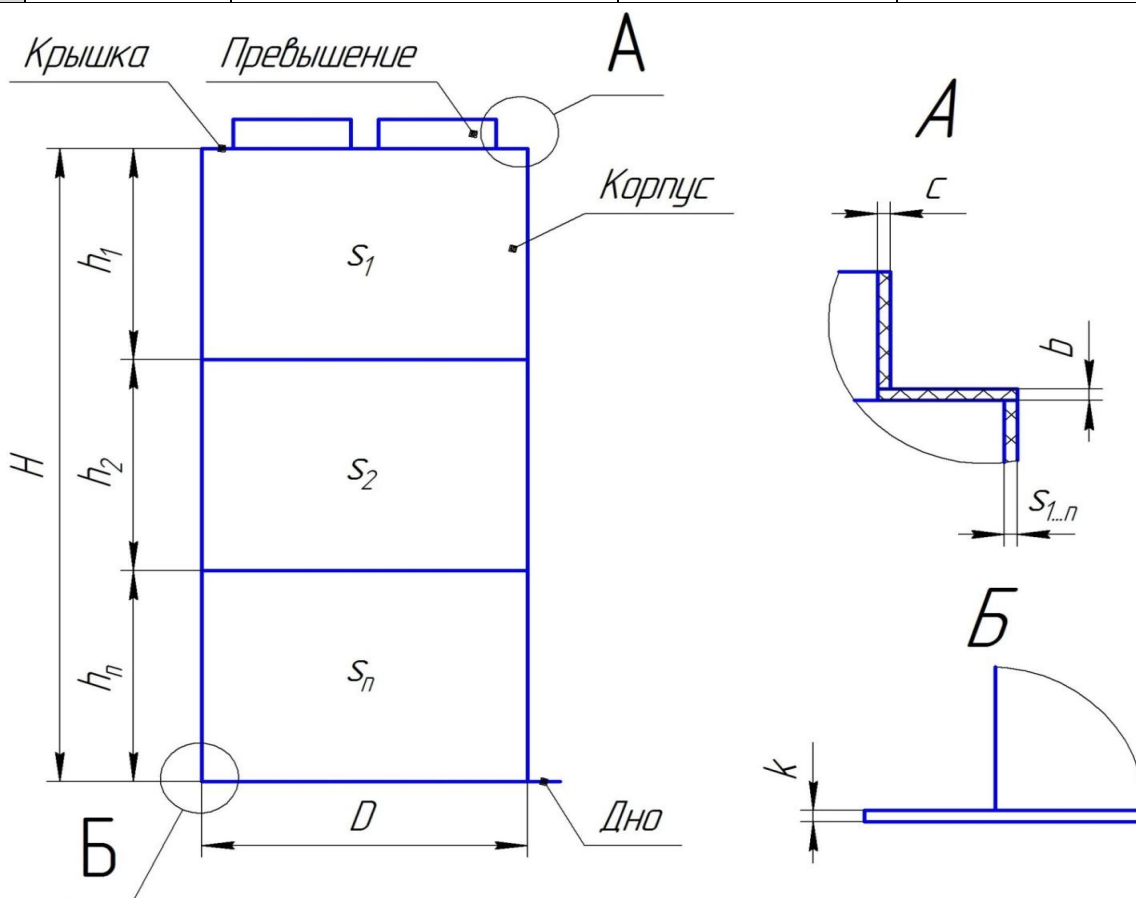


Рисунок 3.2 – Схема корпуса колодца к (табл. 3.1)

По проекту типовых водозаборных сооружений из сборных железобетонных колец следует, что толщина колец 100 мм. Примем, что монолитный колодец опускного типа изготавливается при том же расходе материалов, что и сборный.

Таблица 3.2 – Основные технико-экономические показатели

№ п-п	Наименование	Ед. изм.	Железобетонный колодец		Стеклопластиковый колодец	Цена за ед., руб.
			Монолитный	Сборный		
1	Кубатура сооружения	м <sup>3</sup>	63,5			
2	Количество Ж/б колец			9		20271
2	Расход бетона	м <sup>3</sup>	12,5	1,87		3600
3	Расход стали	кг	1131	226		24
4	Расход стеклопластика	м <sup>2</sup> толщ . 1мм			1070	400
4	Строительная стоимость	тыс. руб.	72 144	194 595	428 000	

Из расчетов, приведенных выше (табл. 3.2) видно, что готовый береговой колодец из стеклопластика в 6 раз дороже чем покупка материалов для изготовления монолитного колодца, и 2 раза дороже чем материалы для изготовления сборного железобетонного колодца.

На стоимость доставки материалов наибольшее влияние оказывает отдалённость места монтажа от места производства.

Для оборудования из стеклопластика, т.е. произведенного в заводских условиях это расстояние рассчитывается от завода изготовителя до объекта монтажа.

Для монолитных колодцев опускного типа – расстояние от бетонного завода до объекта строительства, т.к. данный колодец возводиться по месту. Большая удаленность объекта строительства от бетонного завода делает строительство не возможным (максимальное продолжительность транспортирования бетонной смеси 210 мин при температуре воздуха 20 – 30 °С (при температуре смеси 18-20°С).

Для сборных железобетонных колодцев – доставка железобетонных колец осуществляется с завода изготовления до объекта строительства. А так как частичное изготовление железобетонных конструкций осуществляется по месту, то необходима также доставка бетонной смеси.

Примем, что расстояние от завода железобетонных конструкций (завод изготовитель железобетонных колец) и завода очистных сооружений (на котором можно изготовить стеклопластиковый колодец) до объекта строительства равно 1000 км, и тогда стоимость доставки в этом случае будет примерно равна 130 тыс. руб. (по информации от транспортных организаций).

Расстояние от бетонного завода до объекта равной 100 км (максимальное расстояние доставки груза). По информации цена доставки за город примерно равна 112 руб/км. Итого 11 200 руб до объекта строительства.

Доставка негабаритных грузов осуществляется на открытой площадке (трал) грузовых автомобилей. Максимальная длина трала составляет 12 м.

Доставка стеклопластиковых колодцев осуществляется в горизонтальном положении (рис. 3.3). Так как рассматриваемы береговой колодец высотой 9 м, то для его доставки на объект потребуется один автомобиль.



Рисунок 3.3 – Транспортировка стеклопластикового колодца.

Доставка и хранение железобетонных колец осуществляется только в вертикальном положении (рис. 3.4). Так как наружный диаметр колец 3200, то на один трал может поместиться не более 2-х колец.



Рисунок 3.4 – Хранение железобетонных колец

Таблица 3.3 – Стоимость доставки колодцев

Вид колодца	Вид техники для доставки	Необходимое кол-во транспорта, шт	Стоимость одной доставки, руб.	Итого стоимость доставки, руб.
Монолитный	Автобетоно-смеситель	2	11 200	22 400
Сборный	Автобетоно-смеситель	1	11 200	531 200
	Трал	4	130 000	
Стеклопла-стиковый	Трал	1	130 000	130 000

Наибольший вклад в разницу стоимости береговых водозаборных колодцев из разных материалов вносит цена монтажа на строительном участке. Расчет затрат на производство работ в данной работе не просчитывались.

### ВЫВОД ПО ГЛАВЕ 3

Стоимости береговых колодцев и с учетом их доставки (без учета работ) составили:

**Монолитный колодец опускного типа: 94 500 руб.**

Необходимо учитывать, что для изготовления данного колодца потребуются дополнительные затраты на изготовление металлического ножа, опалубку, гидроизоляцию. Так как возведение на строительной площадке береговых колодцев данного типа занимает много времени, то и затраты увеличиваются на транспорт и рабочих и т.д.

**Стеклопластиковый колодец: 558 000 руб.**

Монтаж стеклопластикового колодца осуществляется в кратчайшие сроки, и практически не требуются дополнительные затраты. Водозаборный береговой колодец изготавливается на заводе и поставляется полностью укомплектованным.

**Сборный железобетонный колодец: 725 800 руб.**

Данный колодец так же требует дополнительных затрат на гидроизоляцию. Возводится он быстрее монолитного, но дольше и сложнее стеклопластикового.

На основании выше изложенного, считаю, что наиболее выгодным является водозаборный береговой колодец, изготовленный из стеклопластика.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. В результате анализа опыта применения оборудования из композитных материалов выявлена возможность применения композитных материалов для изготовления корпусов водозаборных колодцев по методу изготовления колодцев и емкостей из стеклопластика. Данные изделия изготавливаются на заводах очистных сооружений.

2. По результатам проведенной работы был подобран материал, наиболее подходящий по физико-механическим свойствам, стоимости, и доступности. Рассчитан пригруз для стеклопластикового колодца, а также разработана конструкция берегового колодца.

3. Проведен технико-экономический анализ на изготовление берегового колодца из стеклопластика в сравнении с существующими проектами колодцев из железобетона. По итогам изготовления берегового колодца из стеклопластика считаю обоснованным.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов Н. Н. Водоснабжение. Учебник для вузов. Изд. 2-ег перераб. и доп. М., Стройиздат, 1974. 480 с.
2. Пособие к СНиП 2.04.02-84 Проектирование сооружений для забора поверхностных вод.
3. Водоподготовка и водозаборные сооружения. Конструирование береговых колодцев: методические указания к практическим занятиям по направлению 08.03.01 «Строительство»/Б.М. Гришин, М.В. Бikuнова, М.А. Сафронов. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 28 с.  
[метод. водоподготовка, Пенза 2015]
4. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84\* (с Изменением №1)
5. СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии
6. СП Конструкции бетонные гидротехнических сооружений. Правила производства и приемки работ, 2016 (первая редакция)
7. СП 40-102-2000 Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования.
8. СП 41.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.
9. ГОСТ 4795-53 Бетон гидротехнический.
10. Проектирование сооружений водозабора поверхностных вод. Справочное пособие к СНиП. Всесоюзный научно-исследовательский институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной геологии (ВНИИ ВОДГЕО) ГОССТРОЯ СССР. Москва, «Стройиздат» 1990.
11. ТР 102-08. Технические рекомендации по проектированию и строительству подземных трубопроводных систем безнапорной хозяйственно-бытовой и дождевой канализации с применением колодцев из полиэтилена. Москва, 2008
12. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации. Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу. Москва, 2000.



13. <http://kladembeton.ru/vidy/drugie/gidrotehnikeskij-beton.html> Все о бетоне
14. Е.В. Дубинчик, В.Г. Пастушков Особенности применения композитных материалов в строительстве. // Пермский национальный исследовательский политехнический университет. с.175-181
15. Денисюк М.Н., Артемов В.В., Прокопов И.А. Структура, область применения, основные преимущества и недостатки современных композиционных материалов. / с.161-163
16. <http://www.flotenk.ru/articles/polimernyy-profil> Флотенк, завод очистных сооружений, композитные изделия
17. А.В. Лашко. Изготовление емкостного оборудования из стеклопластика для хранения питьевой воды с использованием внутреннего покрытия из кашированного полиэтилена/полипропилена. // XV международная научно-практической конференции «Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России». 2017. С 69-72.
18. <http://pultrusion.ru> ЗАО «Пултрузионные технологии» производство
19. <http://vest-beton.ru/stati/beton-gidrotehnikeskij.html> статьи по бетону
20. <http://stroitel5.ru/podkhody-k-zashhite-ot-korrozii-betona.html> подходы к защите бетона от коррозии
21. <http://www.vo-da.ru/articles/obzor-konstrukcionnyh-materialov/obzor> обзор конструкционных материалов
22. <https://polimerinfo.com/kompozitnye-materialy/stekloplastik-svoystva.html> информация по полимерам
23. <http://www.flotenk.ru/articles/polimernyy-profil> Завод-производитель очистных сооружений
24. <https://stokural.ru/info/articles/stekloplastik---sovremennyy-kompozitsionnyy-material/>
25. Бондалетова Л.И. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.

26. Осипов И.А. Магистерская диссертация. Обоснование выбора материалов для строительства открытых водных объектов в ландшафтной архитектуре. Санкт-Петербург 2016
27. СТО 17330282.27.140.002-2008 Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Условия создания. Нормы и требования.
28. Андрианов В. И. [и др.]. Силиконовые композиционные материалы. - М.: Стройиздат, 1990. - 224 с.
29. Васильев В. В. Механика конструкций из композиционных материалов. - М.: Машиностроение, 1986. - 271 с.
30. Кац Г. С., Милевски Д. В. Наполнители для полимерных композиционных материалов. - М.: Химия, 1981. - 736 с.
31. Панова Л. Г. Наполнители для полимерных композиционных материалов: учебное пособие. - Саратов: СГТУ, 2010. - 68 с.
32. И.Н. Никитина, А.В. Еремеев. Перспектива применения стеклопластиковых трубопроводов при строительстве и реконструкции инженерных сетей. НИУ МГСУ. 2015.
33. Г. Э. Окольников, С.В. Герасимов. Перспективы использования композитной арматуры в строительстве. Москва, 2015.
34. СТО 38276489.001-2017 Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Москва, 2017.
35. Приказ Министерства регионального развития РФ от 24 июля 2013 г. № 306 "Об утверждении отраслевой программы внедрения композиционных материалов, конструкций и изделий из них в строительном комплексе Российской Федерации"
36. <http://sdamzavas.net/4-33718.html> Речные водоприемники руслового типа.
37. Технологические карты. Сооружение фундаментов опор мостов из опускных колодцев. Москва 1976
38. Eder A. Market Information on Wood-Plastic Composite Decking and Siding in Europe. - Hurth: Nova-Institut GmbH, 2009. - 131 p.

39. Liukko Tuukka [et al.]. Wood Plastic Composites in Europe: an Introduction to Wood Plastic Composite Markets and Products. // BALTIC FORESTRY. - 2007. - Vol. 13. - № 1 (24). - P. 131-136.
40. Z.W. Guan, P.D. Rodd, D.J. Pope, "Finite Element Modelling of Glulam Beams Prestressed with Pultruded GRP", in B.H.V. Topping, (Editor), "Proceedings of the Ninth International Conference on Civil and Structural Engineering Computing", Civil-Comp Press, Stirlingshire, UK, Paper 29, 2003. doi:10.4203/ccp.77.29
41. C. A. Steeves, N. A. Fleck. Collapse mechanisms of sandwich beams with composite faces and a foam core, loaded in three-point bending. Part II: experimental investigation and numerical modelling. Mechanical sciences. 2004. No.46.
42. Jane Maria Faulstich de Paiva, Sergio Mayer. Mirabel Cerqueira Rezende. Evaluation of mechanical properties of four different carbon/epoxy composites used in aeronautical field. SBPMAT. 2003. Vol.2.