

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 «Исследование области применения емкостного оборудования из
композиционных материалов для целей водоподготовки»

Студент

А.В.Лашко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

И.А.Лушкин

руководитель

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы

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.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОБОРУДОВАНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ.....	6
1.1 Общее представление и определение композиционных материалов	6
1.2 Классификация композиционных материалов	9
1.3 Общее состояние и структура Российского рынка композиционных материалов и их конкурентной позиции на рынке	12
1.4 Классификация емкостного оборудования	14
ГЛАВА 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ	22
2.1 Санитарно-химическое исследование изделий из полимерных композиционных материалов.....	22
2.2 Требования безопасности материалов, реагентов, оборудования, используемых для водоочистки и водоподготовки	23
2.3 Условия хранения питьевой воды в емкости	26
2.4 Требования эксплуатации емкости питьевой воды.....	27
2.2 Согласование проектов НТД на изделия из композиционных материалов с полимерной матрицы	29
2.3 Подготовка образцов композиционных материалов на основе полимерной матрицы к исследованию и условия их проведения	30
2.4 Изучение воздействия ПМ на качественные показатели хоз- питьевой воды.....	34
2.5 Расчет конструкции емкостного оборудования из ПКМ.....	38
2.5.1 Расчет с применением ПВК	38
2.5.2 Расчет с применением методики СП 40-102-2000.....	45
ГЛАВА 3 ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	50

ГЛАВА 4 ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОПЫТНОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ	
ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЫ	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	74

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы: Применение современных материалов при изготовлении емкостного оборудования для сооружений, задействованных в водоподготовке обладающих более высокими конкурирующими свойствами в сравнении с традиционно используемыми материалами.

Во всем мире достаточно широко и повсеместно применяются композиционные материалы практически во всех отраслях. Не смотря на существенное увеличение объемов производства композитов за последнее десятилетие, в России этот уровень по-прежнему существенно уступает Европе и США, несмотря на явные преимущества этих материалов. Так же по настоящий момент остаются малоизученными санитарно-гигиенические свойства композитов.

Объект исследования: Емкостное оборудование из композиционных материалов на основе полимерной матрицы.

Предмет исследования: эксплуатационные свойства традиционных строительных материалов и композитов, позволяющих получить емкостное оборудование с рядом более выгодных параметров: качества, срока службы, сниженных эксплуатационных затрат и пр.

Цель: Определение области применения емкостного оборудования из композиционных материалов для нужд водопользования.

Для реализации цели поставлены следующие научно-технические задачи:

1. Анализ опыта применения полимерного композитного емкостного оборудования в различных отраслях для хранения жидких веществ, в том числе и для хранения воды питьевого качества, учитывая особенности их эксплуатации;
2. Разработка конструкций композитных емкостей. Осуществление подбора материалов и технологии для их производства;
3. Техничко-экономическое обоснование изготовления емкостного оборудования из композитов;
4. Изготовление опытной модели на основе полимерной матрицы.

Методы исследования: в процессе работы были применены аналитический, экспериментальный методы исследования, анализ нормативно-технической документации.

Научная новизна заключается в:

– Теоретическом обосновании выбора наиболее оптимальных из существующих материалов для производства емкостного оборудования;

– Разработке конструкции многослойных композитных емкостей позволяющих обеспечить высокие гигиенические требования при наличии высоких прочностных характеристик, которые могут применяться как для нужд водопользования, так и для хранения питьевой воды.

Практическая значимость работы состоит в том, что предлагаемые конструктивные решения позволяют получить на основе композиционных материалов с полимерной матрицей емкостное оборудование для хранения воды с выгодными конкурентоспособными параметрами.

Личный вклад автора состоит в обосновании темы, цели, задач и разработке конструктивных решений многослойной композитной емкости производства ООО «ЭКОЛАЙН», создание опытной модели и её испытание.

На защиту выносятся: конструкция корпуса стеклопластиковой емкости изготовленной с применением полиэфирного связующего с внутренним барьерным слоем изготовленным из кашированного ПЭ марки T-ND V-Line

Апробация работы. Результаты проведенной работы представлены в сборниках трудов:

XV Международной научно-практической конференции. Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России. (г.Пенза, МНИЦ ПГСХА, 2017).

«Студенческие Дни науки в ТГУ» : научно-практическая конференция (г.Тольятти, 3–29 апреля 2017 года).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, общих выводов, списка используемых источников из 46 наименований. Общий объем работы 78 - стр., включая 23 иллюстрацию и 7 таблиц.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОБОРУДОВАНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ

1.1 Общее представление и определение композиционных материалов

«Развитие современных технологий требует новых конструкционных материалов, превосходящих по своим прочностным, упругим и другим свойствам традиционные. К числу наиболее интересных и перспективных относятся полимерные материалы (пластики, эластомеры, волокна), и в первую очередь наполненные»[18]. Множество конструкционных полимерных материалов находят все большее применение, когда ни какой другой материал не способен обеспечить все более возрастающим требованиям.

На сегодняшний день полимеры и полученные на их основе материалы все сильнее и сильнее вытесняют многие основные конструкционные материалы, например, такие как железобетон, металл, дерево. Возможности полимерных композиционных материалов крайне широки с учетом многообразия различных наполнителей и полимеров, огромным количеством вариантов составов композитов на их основе и методов их различного рода модификации.

Основным технологическим приемом получения полимерных композитов длительное время являло механическое смешение наполнителя и полимерной матрицы. Полимеризационное наполнение – химическая прививка катализатора либо инициатора к поверхности наполнителя и последующая полимеризация или сополимеризация мономеров на этих поверхностях – возможно, открывает новую страницу в химии и технологии композитов. Развитие технологии композиционных полимерных материалов в настоящее время определяется научными исследованиями в области

полимерного материаловедения, поскольку проблема взаимодействия наполнителей и матриц весьма многогранна.

«Слово «композиция» (от лат. «compositio» – составление, связывание) широко применяется в художественной литературе, музыке, скульптуре, графике. Исходя из этого говорят о литературно-музыкальной композиции или о музыкальной композиции, состоящей из различных произведений и отрывков. Если перенести эти рассуждения на понятие «композиционный материал», то в самом общем случае композиционным материалом является материал, состоящий из каких-либо различных частей»[41]. «Весьма широкое распространение получило определение, по которому композитами называют материалы, состоящие минимум из двух компонентов (армирующий материал и «сшивающий» его матричный материал) и имеющий конечные свойствами, существенно отличающиеся от суммарных свойств каждого из отдельно взятых компонентов».

При всем этом следует понимать, что многие компоненты, которые входят в состав композитного материала, обязательно должны быть хорошо совместимыми и не иметь свойств растворяться или каким-либо иным способом поглощать друг друга»[12].

«В общем смысле композиционный материал – это любой материал с гетерогенной структурой, т. е. такой структурой, которая состоит как минимум из двух фаз.

Данное определение материала дает возможность отнести к группе композиционных материалов большинство металлических материалов, так как данные материалы намеренно создаются многофазными, либо могут быть однофазными, но при этом в них существуют неметаллические включения»[12].

Полимерные материалы также относятся к композиционным, в виду того, что кроме основного составляющего компонента (полимера) в них присутствуют всевозможные наполнители, пластификаторы, красители и др.

«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»[42] :

1. «Состав, форма, структура и особенность распределения компонентов материала проектируются и рассчитываются заранее;

2. Материал является результатом деятельности человека и не встречается в природе;

3. Материал состоит минимум из двух компонентов, которые в свою очередь различаются по химическому составу и имеют разделенные четко выраженные границы;

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.

Одним из первых примеров научного подхода к разработке и созданию искусственных композиционных материалов стоит считать появление железобетона и стеклопластиков»[10]. «Железобетон, который состоит из композиции из стальной арматуры и бетона, превосходно воспринимающего сжимающие нагрузки и крайне негативно сопротивляющегося растягивающим напряжениям. При сочетании бетона и металла в виде стальных прутков, определенным образом расположенных в изделии и хорошо воспринимающих растягивающие нагрузки, получается железобетон, соединяющий достоинства обоих компонентов»[21].

«Первый патент на полимерный композиционный материал, содержащий армированную природными волокнами синтетическую смолу, выдан в 1909 г»[19].

«Композитные материалы одни из наиболее технологичных и эффективных материалов современности, соответственно и конкурентоспособных. Такой вывод можно сделать исходя из анализа конкурентной позиции отдельных материалов на рынке, которая осуществляется по двум показателям: качество – цена»[39].

1.2 Классификация композиционных материалов

«С целью систематизации композиционных материалов по различным признакам, качественно реализовать выбор материала для изготовления того или иного оборудования, систематизировать и упорядочить терминологию по части материаловедения композитов, нужна четкая и обоснованная классификация данных материалов. Единой общепринятой классификации композиционных материалов нет. Это объясняется тем, что КМ представляют самый широкий класс материалов, объединяющий металлы, полимеры и керамику»[43]. Наиболее часто используется классификация композиционных материалов, в основу которой положено их деление по материаловедческому признаку.

«Наиболее важным признаков классификации необходимо выделить материал матрицы. Композиционные материалы имеющие металлическую матрицу называют металлическими композиционными материалами (МКМ), с полимерную матрицу – полимерными композиционными материалами (ПКМ), с керамической – керамическими композиционными материалами (ККМ)»[6].

Композиционные материалы имеющие в своем составе две и более различные матрицы (связующие), носят название полиматричными.

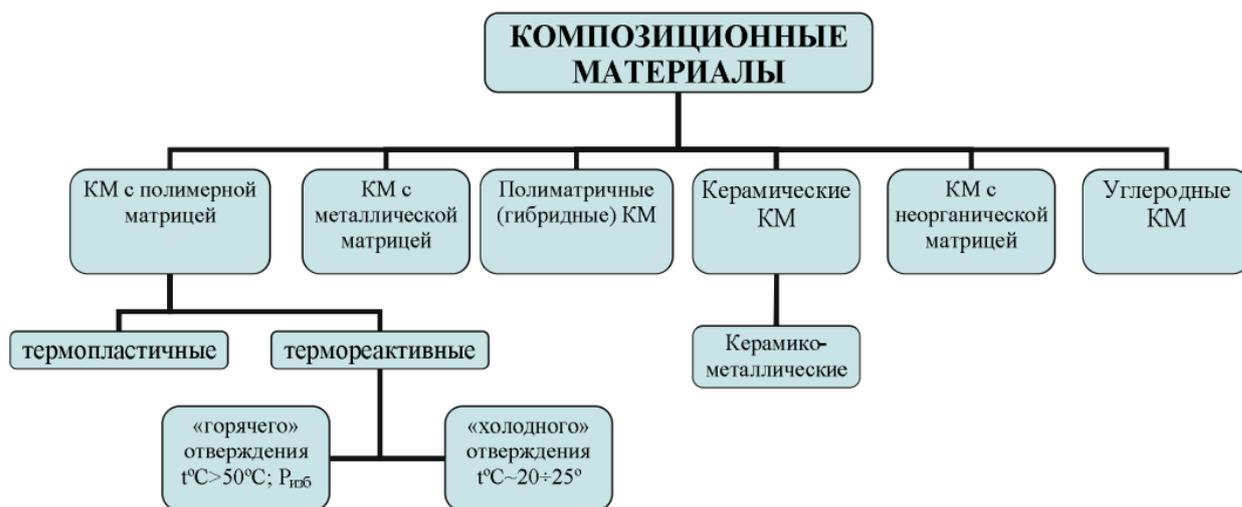


Рисунок 1.1 – Классификация композиционных материалов

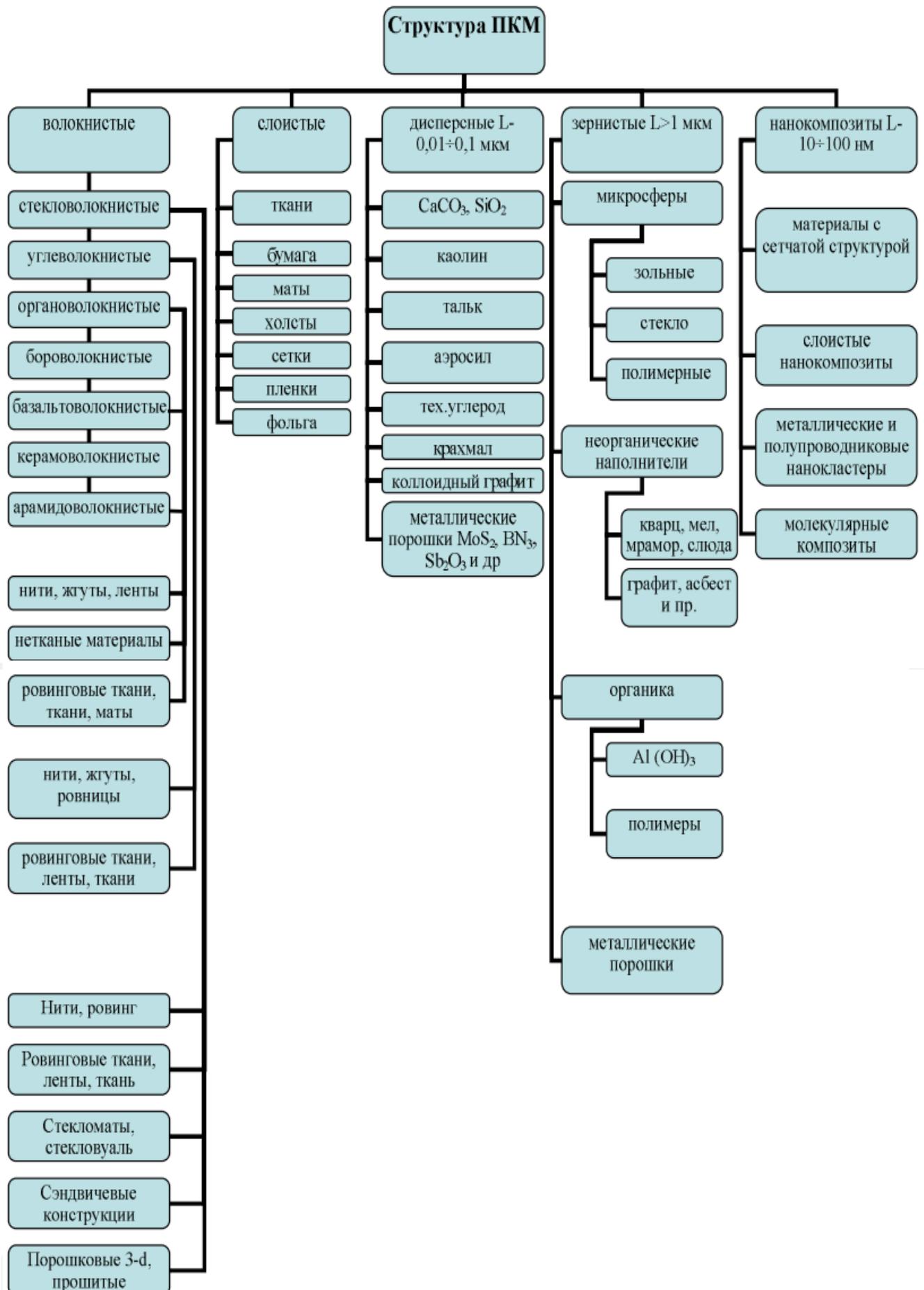


Рисунок 1.2 – Классификация ПКМ по виду наполнителя

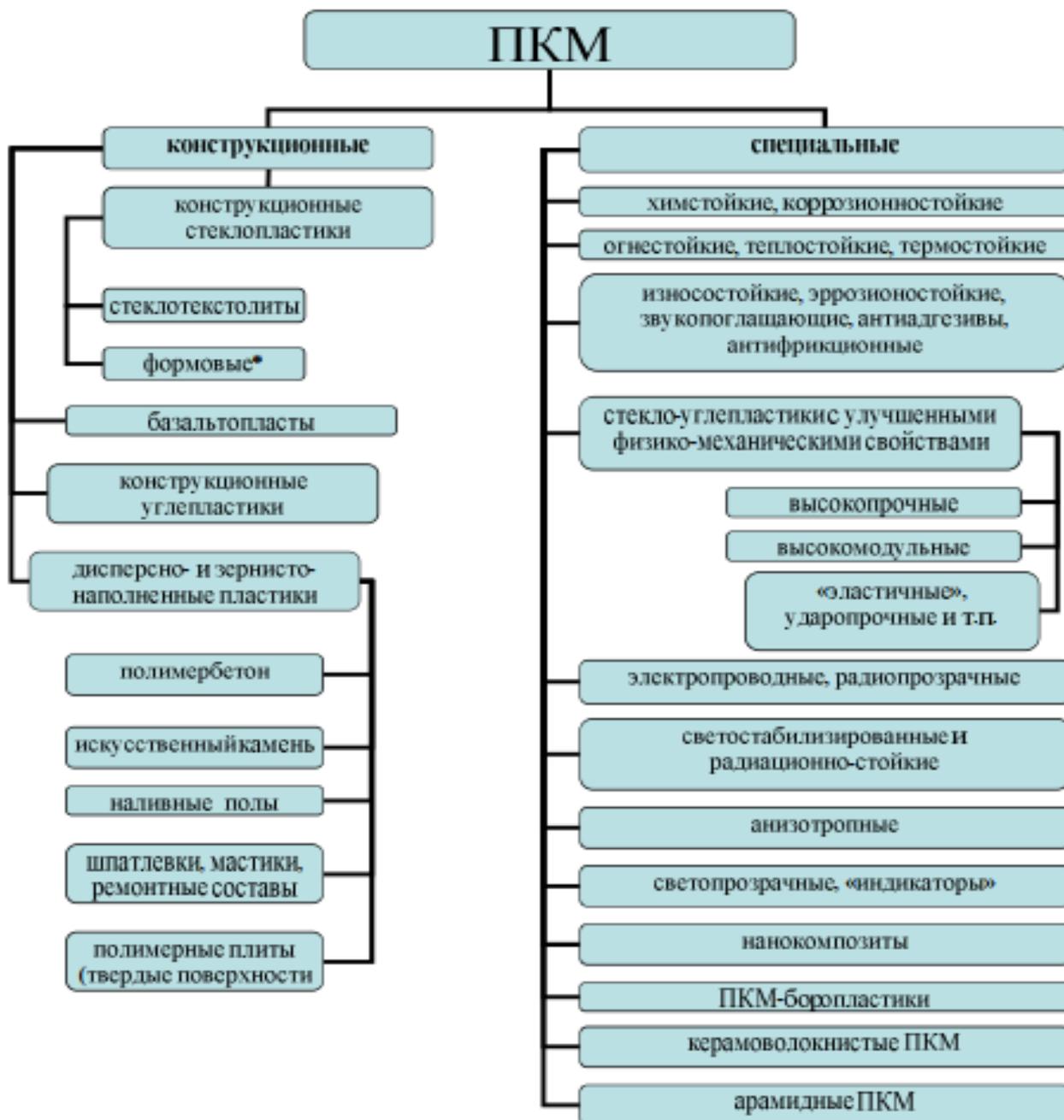


Рисунок 1.3 – Классификация ПКМ по назначению

1.3 Общее состояние и структура Российского рынка композитных материалов и их конкурентной позиции на рынке

«Суммарный годовой объем мирового рынка композитов, по существующим данным за 2015г., насчитывает порядка 12 млн. тонн и не менее чем 700 млрд. евро., Существующий прогноз до 2023 года говорит о возможном росте отрасли на 4,6%. В настоящий момент объемы производства композитов России крайне малы и составляют всего лишь десятки тысяч тонн, что от общего мирового объема составляет 0,3-0,5%,

выпуска композитных материалов на душу населения в год, что составляет менее 10кг, для сравнения в Белоруссии данный показатель составляет 30кг, в Евросоюзе - 110кг, в США - 140кг. Использование в нашей стране полимерных композитных материалов на данный момент не является распространенным, например, в морских судах доля композитных материалов равна 0,1%, в свою очередь по всему миру данный показатель равняется примерно 68%. В большинстве случаев полимерные композитные материалы в России используются в объектах космоса, авиации, либо ядерной энергетике»

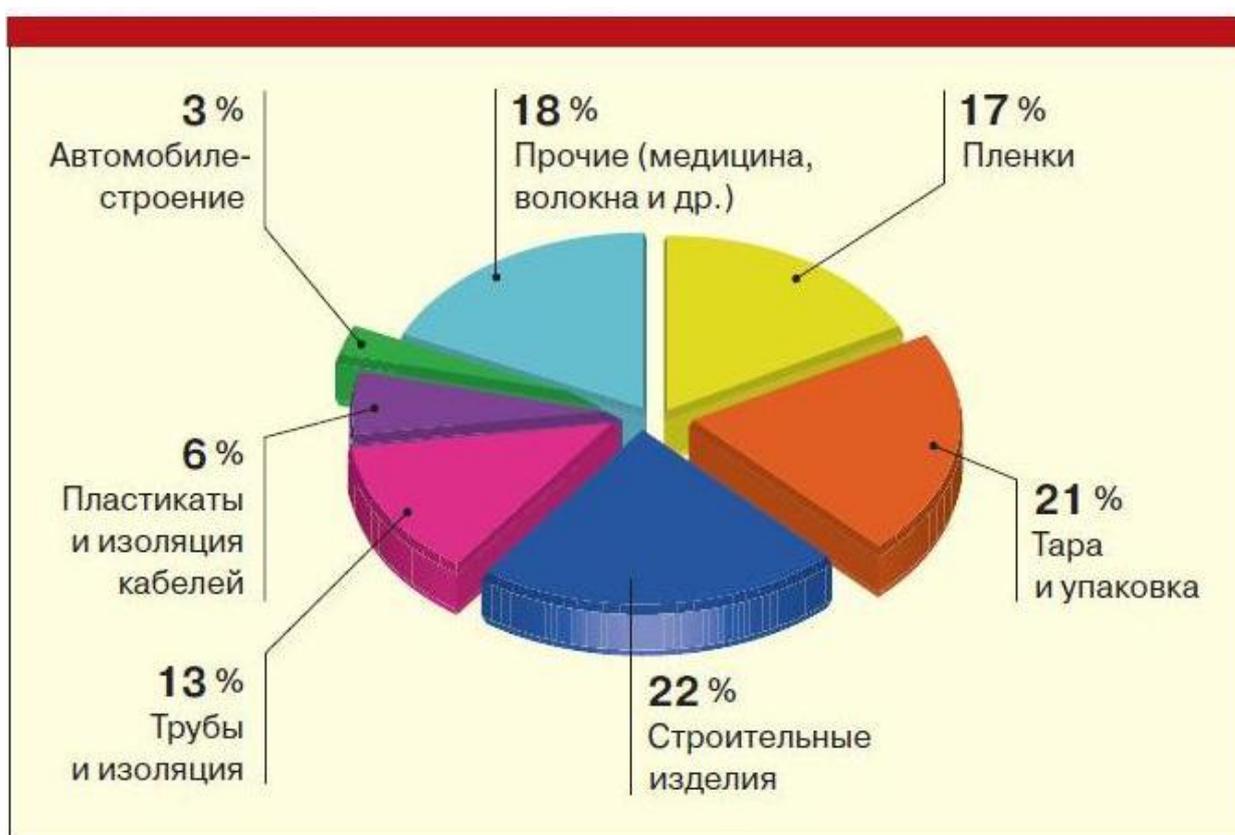


Рисунок 1.4 – Структура переработки полимеров в изделия в РФ, 2015г

Трубопроводный и емкостной фонд, транспорт и строительство являются также достаточно перспективными отраслями.

Министерство промышленности и торговли предоставило три сценария возможного развития рынка композитных материалов в РФ до 2020г.

При первом сценарии (инерционном), когда объем рынка достигнет 30 млрд. руб., 64% займет авиа- и судостроение и космос.

При втором варианте развития событий (базовом) предполагается, что объем рынка составит 120 млрд. руб., при этом, занимая 19%, будет преобладать транспортная инфраструктура.

И последний сценарий – целевой, с долей 22% лидировать будет транспортная инфраструктура, второе место займет строительная индустрия (18%), транспортное машиностроение и автопром будет занимать 16% , при этом объем рынка оценивается в 223 млрд. руб.

Для обеспечения плановых объемов к 2020г. даже по второму сценарию настоящие производственные мощности следует обеспечить рост почти в четыре раза, по целевому же сценарию - в 12 раз. База реального роста – создание новых предприятий, так как в данное время насчитываются единицы предприятий, производящих подобную продукцию.

В связи с тем, что область применения композитных материалов очень обширна и спрос на рынке не удовлетворен, инвестирование в организацию производства композитных материалов стоит считать целесообразным, так как продукция востребована.

1.4 Классификация емкостного оборудования

На данный момент емкостное оборудование повсеместно применяется 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.

Пожалуй, нет ни одной области человеческой деятельности, в которой в той или иной степени не использовалось различное емкостное оборудование, которое может классифицироваться по различным критериям:

А) По виду материала, из которого изготавливаются емкости:

- Металлические емкости: производят из пластичной низкоуглеродистой стали, нержавеющей стали и алюминия. Основной недостаток обычных стальных емкостей и резервуаров это ограниченный срок службы, подверженность нарушению герметичности сварных швов в

процессе эксплуатации и низкая стойкость материала к коррозии. Для увеличения коррозионной стойкости внутреннюю поверхность металлических резервуаров необходимо покрывать специальной полимерной пленкой или цинком, а внешнюю так же полимерами или защитной краской. Этих недостатков в той или иной степени лишены емкости из нержавеющей стали и алюминия, но они значительно дороже.

- Полимерные емкости: Материалом для полимерных резервуаров служит полиэтилен высокого и низкого давления, поливинилхлорид, полипропилен, композитные материалы. К достоинствам емкостей из синтетических материалов относится долговечность, малая масса и удобство монтажа и эксплуатации. К недостаткам резервуаров из полимеров можно отнести низкую (в сравнении с металлами) термостойкость и низкую сопротивляемость повышенному давлению.

- Железобетонные резервуары: Железобетонные резервуары, как следует из названия изготавливаются из железобетона. Материалом для их изготовления каменных емкостей служит камень или искусственные блоки. И те и другие имеют большую массу, сложность монтажа и установки, а также недостаточную герметичность стенок, через которые происходит просачивание жидкостей. Непроницаемость таких емкостей достигается путем увеличения толщины стенок и покрытия внутренних поверхностей гидроизоляцией.

- Емкости из других материалов.

Б) По виду хранимого продукта.

С точки зрения назначения емкостей и резервуаров принципиальное значение имеет вид жидкости, которая будет храниться. По виду хранимого продукта емкости и резервуары подразделяются на:

- резервуары для хранения воды;
- резервуары для пищевых жидкостей;
- резервуары для нефти и нефтепродуктов;
- резервуары для сжиженных газов;

- резервуары для химических продуктов и др.

Емкости для хранения воды подразделяются в свою очередь на:

Резервуары для хранения питьевой воды, например, входящие в состав городской системы водоснабжения. К материалам, из которых производятся такие емкости, предъявляются особые требования.

Пожарные резервуары, как необходимая часть системы пожарной безопасности промышленного предприятия, обеспечивающая быстрый доступ к технической воде для устранения возгораний.

Резервуары для хранения воды технологического назначения. Этот вид резервуаров изготавливается в соответствии с особенностями технологического цикла каждого предприятия.

Нефтяные резервуары или емкости для хранения нефти и нефтепродуктов подразделяются на:

Емкости для хранения светлых нефтепродуктов или легковоспламеняющихся жидкостей. Наибольшее распространение получили наземные вертикальные стальные цилиндрические резервуары (тип РВС), на мелких нефтебазах и АЗС — подземные и наземные горизонтальные цилиндрические резервуары (тип РГС).

Емкости для хранения темных нефтепродуктов, таких как мазут, битум, масла. Резервуары для хранения, например, битума имеют особую конструкцию, мощные обогревательные системы и повышенную теплоизоляцию.

Резервуары для пищевых жидкостей это емкости для хранения и транспортировки осветленных соков, пива, кваса, масла, спирта, виноматериалов и т.д.

В) По конечной цели применения

- Резервуары для длительного хранения

Емкости для длительного хранения, это самый распространенный вид резервуаров. Их основное назначение - хранить без каких-либо изменений, в первую очередь без потери качества, тот тип жидкости, для которой они

предназначены, а так же иметь удобные устройства для залива и отпуска жидкости при необходимости.

- Резервуары – отстойники

Резервуары - отстойники это особый тип емкости, открытого или закрытого типа, в которых происходит удаление из жидкости различных примесей, как правило, механических. Во время нахождения жидкости в емкости - отстойнике, удаляемые частицы могут либо всплывать на поверхность, либо оседать на дно.

- Емкости с перемешивающими устройствами

Резервуары для перемешивания (емкости с перемешивающим устройством) широко используется на обогатительных фабриках горной, химической и пищевой промышленности.

- Емкости для непрерывного выполнения технологических операций и проч.

Постоянное перемешивание продукта необходимо для ускорения химических реакций или поддержания раствора в определенном состоянии.

- Емкости для транспортировки

Как и в резервуарах для длительного хранения, жидкость в емкостях для транспортировки должна оставаться в неизменном состоянии. Принципиальное отличие лишь в том, что последние подвижны, это ж.д. и автомобильные цистерны, различные баки.

Г) По типу конструкции

По генеральному конструктивному решению емкости и резервуары подразделяются на:

емкости цилиндрические;

емкости прямоугольные и многоугольные;

емкости шаровые;

-резервуары сложных конструктивных форм (каплевидные, торовидные и т.д.).

Д) По месторасположению

По расположению относительно уровня земли резервуары могут быть:

- подземными, у которых верхний уровень жидкости находится ниже уровня земли;

- наземными, у которых днище расположено на уровне земли или выше;

- полуподземными или полузаглубленными (среднее между вышеуказанными);

- подводными.

Е) По величине избыточного давления:

- резервуары низкого давления, давление в которых мало отличается от атмосферного;

- резервуары высокого давления.

Ж) По температурному режиму хранения и эксплуатации:

- используемые при температуре окружающего воздуха;

- эксплуатируемые с дополнительным подогревом хранимого продукта (для вязких нефтепродуктов);

- изотермические резервуары, используемые для хранения продукта при отрицательных температурах (сжиженные газы).

З) Прочие классификации

Кроме того емкости и резервуары можно разделить на:

- стационарные;

- подвижные.

Емкостное оборудование для водоподготовки и хранения воды питьевого качества

«Водоподготовка - это комплекс технологических процессов обработки воды для приведения ее качества в соответствие с требованиями. Водоподготовку проводят на специальных станциях или установках для нужд коммунального хозяйства, теплогенерирующих и промышленных предприятиях» [4].

Химводоподготовка промышленных предприятий способна продлевать срок службы систем водоснабжения. Использование некачественной, неочищенной воды грозит образованием в трубах коррозии, которые приводят к выходу из строя оборудования. Для надежного и эффективного функционирования системы водоснабжения важно постоянно проводить химическую водоподготовку. При этом требования, которые предъявляются к качеству воды, могут быть разнообразными и порой настолько высокими, что их выполнение представляет собой трудную технологическую задачу.

Выбор оптимального материала для изготовления систем химводоподготовки промышленных предприятий – одна из главных задач в организации производства, потому как для большинства производственных процессов вода является их неотъемлемой частью. Использование композиционных систем водоочистки: трубы и емкостное оборудование становится востребованным благодаря их свойствам прочности, небольшому весу, устойчивости к коррозии, температурным и химическим воздействиям, экологическая безопасность, простота монтажа, инертность по отношению ко многим реагентам.

При должном соблюдении всех технологических процессов производства, композиционные емкости и резервуары являют собой не токсичное, подходящее для питьевой воды оборудование, не влияющее на ее химические свойства (запах, вкус, цвет, состав и т.д.)

Емкости для воды больших и малых размеров входят в состав системы питьевого водоснабжения городов, сел, загородных участков, дач, частных домов, коттеджей. Под системой водоснабжения понимается целый комплекс различного рода сооружений, необходимых для водообеспечения в необходимом количестве множества потребителей, с требуемым качеством.

Емкости разделяют по видам на:

- хозяйственно-питьевые;
- производственные и противопожарные;
- ливневые;

- канализационные.

В зависимости существующего типа объекта водоснабжения, системы бывают следующих видов: городскими, поселковыми, промышленными и т.п. При этом взятая отдельно система водоснабжения может обеспечивать как один объект, так и группу существующих однородных и разнородных потребителей на территории принятого района.

Размеры емкостей из армированного стеклопластика представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Наиболее распространенные типоразмеры накопительных цилиндрических емкостей из армированного стеклопластика

Объем, м ³	Габаритные размеры		Вес, кг
	Диаметр, мм	Длина, мм	
5	1500	3100	294
10	1500	5900	494
15	2200	4250	925
20	2200	5600	1173
25	2200	6900	1412
30	2200	8200	1651
35	2200	9500	1890
40	2200	10850	2138
45	2200	12150	2377
50	3000	7600	2097
60	3000	9000	2448
70	3000	10400	2799
75	3000	11150	2987
80	3000	11850	3162
85	3000	12550	3338
90	3000	13250	3513
95	3000	13950	3688
100	3000	14700	3876
105	3200	13650	4392
110	3200	14250	4575
115	3200	14900	4774
120	3200	15500	4957
125	3200	16150	5156

Резервуары для воды предназначены для хранения ее, производства и транспортировки потребителям. Качество питьевой воды должно отвечать требованиям соответствующей нормативной документации: СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения»[5], она используется для удовлетворения потребностей населения, коммунально-бытовых предприятий, городского хозяйства, а также хозяйственно-питьевых потребностей промышленных предприятий и для тушения пожаров.

Накопительные емкости для питьевой воды обладают универсальностью, что позволяет применять их во многих сферах хозяйственной деятельности.

Все емкостное оборудование для хранения воды питьевого качества в обязательном порядке должно проходить строгую проверку в соответствии с действующими технологическими и санитарными нормативами.

ВЫВОД ПО ГЛАВЕ 1

В разделе было представлено развернутое определение композитных материалов и приведены их основные классификации. Отображены существующие классификации емкостного оборудования по различным типам назначения.

По итогам обзора текущего состояние Российского рынка композиционных материалов, уровень которого существенно отстает от уровня Европейских стран и США, а также огромного ряда весомых преимуществ, которыми обладают полимерные материалы, развитие композитной отрасли имеет большие перспективы во многих отраслях.

ГЛАВА 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

2.1 Санитарно-химическое исследование изделий из полимерных композиционных материалов

«Из года в год возрастают масштабы и сфера использования полимерных материалов в водоснабжении и водном хозяйстве. Совместно с увеличением количественных показателей, также постоянно происходит расширение ассортимента изделий и рецептур и используемых технологий. Применение композиционных материалов с полимерной матрицей в водоснабжении представляет собой отдельную гигиеническую проблему связанную с возможным неблагоприятным влиянием на качество контактирующей с ними воды (в особенности питьевого качества) за счет выделения в нее исходных мономеров, различных добавок и продуктов деструкции пластмасс»[23].

Основное требование, которое предъявляется к материалам, применяемым в области хозяйственно-питьевого водоснабжения, состоит в том, чтобы они обеспечивали сохранение качества воды в рамках «СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения»[5]. В соответствии с настоящим документом, исследования материала следует проводить в соответствии с «Методическими указаниями по гигиеническому контролю за продукцией из синтетических материалов, предлагаемых для использования в области хоз-питьевого водоснабжения № 2349»[35] для получения актуальных научных данных для решения вопроса возможности внедрения инновационных полимерных материалов для нужд хозяйственно питьевого водоснабжения и принятия порядка их применения.

Для качественной оценки гигиенических показателей таких материалов следует руководствоваться следующим перечнем главных критерий:

- материалы на основе полимерной матрицы (ПМ) не должны ухудшать органолептические качества воды;

- «во время эксплуатации оборудования из полимерных материалов не должны мигрировать в воду химические вещества. А в случае выделения химических веществ, их концентрация в питьевой воде не должна превышать определенные на законодательном уровне существующие допустимые рамки, утвержденные в установленном порядке;

- при эксплуатации оборудования материалы (полимеры) не должны изменять своих гигиенических характеристик (способных ухудшить качественные показатели воды) под влиянием используемых в водоснабжении методов обеззараживания воды (озонирование, хлорирование и проч.) и не должны понижать эффективность обеззараживания;

- материалы на основе полимерной матрицы не должны влиять на развитие микрофлоры в питьевой воде.

Для подтверждения положительных результатов, рекомендуется проверить материалы при наличии должной сан-гигиеническую оценки, в условиях опытной эксплуатации»[46].

2.2 Требования безопасности материалов, реагентов, оборудования, используемых для водоочистки и водоподготовки

К материалу, применяемому для производства емкостного оборудования для целей водоподготовки предъявляются общие требования с проведением санитарно-гигиенической оценки на основании лабораторных исследований на соответствие с Едиными санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утвержденным решением Комиссии таможенного союза от 28.05.2010г №299 (Глава II. Раздел 3. Требования к материалам, реагентам, оборудованию, используемым для водоочистки и водоподготовки).

Материалы, реагенты и оборудование, используемое для водоочистки и водоподготовки, в процессе эксплуатации не должны:

- оказывать вредного действия на здоровье человека и объекты окружающей среды (водные объекты, почву, воздух, пищевые продукты, жилище) как среду обитания человека;
- ухудшать органолептические свойства воды;
- приводить к поступлению в воду соединений в концентрациях, превышающих гигиенические нормативы;
- способствовать биообрастанию и развитию микрофлоры в воде;
- образовывать соединения и/или продукты трансформации в концентрациях, превышающих гигиенические нормативы;
- оказывать вредное влияние на здоровье рабочих в процессе применения.

Безопасность для человека материалов и реагентов, используемых для водоочистки и водоподготовки, обеспечивается посредством регламентирования содержания:

- в воде – основных химических компонентов, примесей и продуктов трансформации;
- в продукте – исходных, побочных химических веществ и других примесей.

Для новых химических реагентов, материалов, продуктов трансформации и примесей необходима разработка гигиенических нормативов их допустимого содержания в воде.

Критерии оценки безопасности конструкционных материалов и внутренних покрытий, используемых в системах водоснабжения:

- органолептические (запах и привкус водной вытяжки, пенообразование водной вытяжки, цветность);
- физико-химические (рН, перманганатная окисляемость);
- концентрация соединений 1 и 2 классов опасности в водной вытяжке не должна превышать $\frac{1}{2}$ их ПДК в воде, соединений 3 и 4 классов – ПДК в

воде. В случае обнаружения в водной вытяжке двух и более веществ 1 и 2 класса опасности, характеризующихся однонаправленным механизмом токсического действия, сумма отношений концентраций каждого из них к соответствующим ПДК не должна превышать единицу.

При оценке безопасности новых технологий водоподготовки к критериям гигиенической безопасности дополнительно относятся отсутствие:

- общетоксического действия водных вытяжек;
- кожно-раздражающего действия водных вытяжек;
- аллергенного действия водных вытяжек;
- мутагенного эффекта водных вытяжек.

Критерии оценки безопасности реагентов, используемых для водоочистки и водоподготовки:

- в качестве реагентов в водоснабжении разрешается применять только соединения 3-4 классов опасности (за исключением средств дезинфекции воды);

- реагенты, относящиеся ко 2 классу опасности, допустимо применять в закрытых системах теплоснабжения, а также оборотного водоснабжения в технологически необходимых концентрациях с соблюдением ПДК реагентов в этих водах в случае их сброса в водные объекты;

- в расчете на 3-х кратную рабочую дозу реагента содержание в воде веществ 1 и 2 классов опасности не должно превышать $\frac{1}{2}$ ПДК, веществ 3 и 4 классов опасности – ПДК.

Основные показатели которые должны быть получены по итогам исследования водных вытяжек представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Органолептические и физико-химические показатели водных вытяжек, полученных из исследуемых материалов, реагентов, оборудования, используемых для водоочистки и водоподготовки

№ п/п	Наименование показателей	Величина гигиенического норматива
1.	Органолептические:	
1.1.	запах	не более 2 баллов
1.2.	цветность	не более 20 градусов
1.3.	мутность	не более 2,6 единиц мутности по формазину или 1,5 мг/л единицы мутности по коалину
1.4.	наличие осадка	отсутствие
1.5.	пенообразование	отсутствие стабильной крупнопузырчатой пены, высота мелкопузырчатой пены у стенок цилиндра – не выше 1 мм
2.	Физико-химические:	
2.1.	водородный показатель (рН)	в пределах 6 – 9
2.2.	величина перманганатной окисляемости	не более 5,0 мг/л

2.3 Условия хранения питьевой воды в емкости

Соблюдение необходимых условия хранения значительно продлевают сроки хранения жидкости в разных объемах емкостей. Питьевая вода должна быть очень хорошего качества и без примесей.

Большое значение имеют температурные условия хранения питьевой воды. Чтобы сохранить ее органолептические и химические свойства, она должна храниться в емкости при температуре в диапазоне от +7 до +25 градусов Цельсия. Так же емкость, в которой храниться жидкость должна быть герметично закрыта и защищена от попадания прямых солнечных лучей. Если же нарушить одно их перечисленных условий, то в скором времени в емкости распространяться вредоносные микроорганизмы и бактерии и погибнут все полезные вещества.

Как долго вода в сосуде будет оставаться чистой, зависит от самого потребителя. Практика показывает, что основным источником загрязнения

являются сами потребители. Достаточно чтобы один раз в емкость попали бактерии, а после этого они распространяются. Также могут попадать бактерии в емкость через систему водонаполнения. Для развития микроорганизмов необходимы свет, тепло и кислород.

Необходимо следить за чистотой емкости, как следим за чистотой кухонной утвари, принадлежностей и оборудования, соприкасающихся с продуктами, и своевременно проводить санитарную обработку, очистку мойку емкостей, хлорирование (не реже 1 раза в 4 месяца).

2.4 Требования эксплуатации емкости питьевой воды

1. «В процессе эксплуатации емкости для воды обслуживающие лица должны соблюдать требования:

- вести контроль за качеством поступающей и выходящей воды;
- содержать резервуары в надлежащем санитарном состоянии, периодически проводить их очистку и дезинфекцию;
- осуществлять наблюдение за уровнями воды в емкости;
- следить за исправностью запорно-регулирующей арматуры, трубопроводов, люков-лазов, дверей, фильтров-поглотителей, систем раздачи воды и строительных конструкций;
- систематически проводить испытание на протечки подземных резервуаров, на их герметичность;
- принимать срочные меры по устранению протеканий внутрь подземного резервуара сквозь стены и перекрытия;
- вести надзор за состоянием резервуаров и баков под воду, расположенных за границами территории водопровода, и осуществлять их охрану»[11].

2. Технологические емкости должны иметь объем достаточный для обеспечения оптимального режима работы очистных сооружений и устройств систем питьевого водоснабжения.

Распределительные емкости должны обеспечивать бесперебойную подачу как при нормальном техническом состоянии системы подачи и распределения питьевой воды, так и при возникновении аварийной ситуации, а также оптимальный режим работы всего комплекса системы питьевого водоснабжения.

3. «Емкости для хранения питьевой воды в резервуарах и баках водонапорных башен централизованных системах водоснабжения должны обеспечивать нормативы качества питьевой воды.

4. Режим водообмена резервуаров и баков водонапорных башен при эксплуатации должен определяться с учетом обеспечения полного обмена хранящегося в каждом из них запаса питьевой воды в срок не более двух суток. В начальный период эксплуатации, а также при аварийных ситуациях, этот срок может быть увеличен по согласованию с органами государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

5. В случае ухудшения показателей качества питьевой воды в емкости должна производиться ее промывка с обычной при эксплуатации дозой хлора.

Ежегодно должна производиться проверка герметичности резервуаров, емкости для сбора воды, их очистка, дезинфекция, проверяться работоспособность фильтров для очистки воздуха, устройств для раздачи, запорной арматуры и оборудования для консервации.

Лица, эксплуатирующие емкости в составе централизованных систем питьевого водоснабжения, обязаны предоставлять информацию о выполненных ими работах по очистке и ремонту резервуаров и баков водонапорных башен органам государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

6. После окончания ремонтных работ или очистки должна проводиться дезинфекция резервуаров, баков водонапорных башен хлорной водой или раствором гипохлорита натрия. По истечении одного – двух часов после дезинфекции производится промывка чистой водой и слив ее в канализацию.

Возобновление эксплуатации емкости допускается при наличии трех удовлетворительных результатов анализов питье вой воды, проведенных с временным интервалом из расчета полного обмена между отборами проб.

7. Допуск персонала в резервуары для воды, емкости на территорию, занимаемую ими, разрешается только в случаях производственной необходимости»[13].

2.2 Согласование проектов НТД на изделия из композиционных материалов с полимерной матрицы

«Рассмотрение и согласование НТД (отраслевой стандарт, технические условия) на любые новые виды полимерных композиционных материалов и изделий изготовленных на их основе, которые могут быть использованы для нужд хоз-питьевого водоснабжения, попадает под юрисдикцию Министерства здравоохранения республик, на территории которых осуществляется разработчик и изготовитель»[28].

«К рассматриваемым ПМК в обязательном порядке должны прилагаться нижеуказанные данные:

- основное назначение, условие и принципиальная область применения полимерного материала;
- содержание (в количестве) каждого присутствующего компонента в материалах и их отдельных рецептурах;
- четкое указание маркировки материала и условий его хранения.

Представленные на рассмотрение материалы и новые виды продукции Министерствами здравоохранения республик направляются для проведения актуальной гигиенической экспертизы в соответствующие научно-исследовательские учреждения, имеющие гигиенический профиль или в адрес тех сан-эпидем станций, которые в состоянии обеспечить проведение необходимых исследований на высоком уровне»[28].

Экспертное заключение, которое в обязательном порядке включает результат сан-хим, а при необходимости и санитарно-токсикологических

лабораторных исследований, предоставляет основание Министерством здравоохранения республик подтвердить или опровергнуть факт возможности использования того или иного предлагаемого материала для нужд хоз-питьевого водоснабжения.

2.3 Подготовка образцов композиционных материалов на основе полимерной матрицы к исследованию и условия их проведения

«Полученные образцы полимерных композиционных материалов и изделия из них, прежде всего подвергаются скрупулезному тщательному осмотру. При этом осмотре, в обязательном порядке отмечается наличие запаха, характер поверхности, а также цвет материала как снаружи, так и изнутри. После чего образцы должны быть подвержены определенной механической очистке, а так же промывке под проточной водой. Только после чего можно приступать к их исследованию»[28].

Контакт воды, например, с полимерными трубами возможно промоделировать следующим образом: принятый отрезок трубы необходимо закрыть с одной стороны стеклянной или деревянной пробкой, после чего в данный образец заливается вода. Наиболее удобно осуществлять погружение отрезков взятых для испытания труб в заполненные водой стеклянные сосуды имеющие широкое горлышко.

«Данный вид контакта с водой возможен и применим в тех случаях, если труба изготовлена из одного материала как внутри, так и снаружи (нередко бывает, что трубы покрывают только с одной стороны, используя защитное покрытие лишь со стороны рабочей поверхности). При этом следует четко соблюдать определенное соотношение между S поверхности исследуемого композиционного материала на полимерной основе (в рассматриваемом примере: отрезок трубы) и V соприкасающейся с ним воды (то есть ничто иное, как удельная поверхность)»[7].

«Рассмотрим пример расчета:

Толщина стенки рассматриваемой полимерной трубы 0,5 см;

Двн трубы 4 см, радиус (r) 2 см;

Днар 5 см, радиус (R) 2,5 см;

L отрезка полимерной трубы (l) 10 см.

1. Исследуемый объем воды (V), которая заключена в этом отрезке трубы:

$$2 \pi r l = 3,14 \times 4 \times 10 = 125,6 \text{ куб. см воды.}$$

2. Площадь (S) внутренней поверхности полимерной трубы на этом отрезке:

$$S = 2 \pi r l = 2 \times 3,14 \times 2 \times 10 = 125,6 \text{ кв. см.}$$

3. Удельная поверхность:

$$S / V = 125,6 \text{ кв. см} : 125,6 \text{ куб. см} = 1 \text{ см.}$$

Выполняется расчет, объема воды. Суммарная площадь поверхности отрезка (и наружная, и внутренняя с учетом торцовых поверхностей) вычисляется по формуле:

$$2 \pi (R - r) l + 2 \pi l (R + r).$$

Следует, что общая площадь поверхность трубы по примеру равна:

$$2 \times 3,14 \times (2,5 - 2) \times 10 + 2 \times 3,14 \times 10 \times (2,5 + 2) = 269,7 \text{ кв. см.}$$

Следует, что опытный отрезок трубы надо погрузить примерно в 0,3см³ воды»[28]

«По аналогии проводится расчет для другого отрезка полимерной трубы любого D. При испытаниях покрытий емкостей, применяемых в строительстве водопроводов, для расчетов используют соответствующие геометрические формулы, в зависимости от рассматриваемой конструкции емкостей и их полного объема»[28].

Во время проведения исследований изделий, контактирующих с проточной водой (различные трубы, элементы водопроводов и пр.), рекомендуется осуществлять три последовательных 72-часовых (3-е суток) цикла подготовки вытяжек из образцов. «В обязательном порядке должно быть определено качества воды в 1-ой и 3-ей пробе. Из чего можно сделать

вывод, что третья проба будет получена из материала, который прошел двукратную отмывку.

В случае, если в 1-ой пробе определенные показатели будут иметь превышения нормативных величин, а 3-ей пробе вода будет в принципе полностью соответствовать сан-гигиеническим требованиям, тогда исследуемые материалы могут быть разрешены для применения для нужд водопроводного строительства. В виду того, что подобная промывка происходит в процессе запуска и проведения испытаний водопровода, а незначительное кратковременное превышение нормативных показателей не представляет опасности»[35].

В процессе исследования емкостного оборудования, предназначенного для цели: хранение воды, существующая экспозиция должна быть также сопоставима со сроком хранения воды в емкости (дни/недели/месяцы).

Качество хоз-питьевой воды, имеющей контакт с материалами, предназначенными для производства или осуществления покрытия емкостного оборудования, не должно изменяться при подготовке первой вытяжки из полимерного материала.

Вытяжки из композиционных полимерных материалов, предназначенных в первую очередь для контакта с холодной водой, исследуют при температуре 20 и 37 °С.»[28].

«Температура 37, 60 и 80 °С может быть обеспечена только лишь в термостатах, сушильных шкафах, в которых большие отрезки полимерных труб или емкостей исходя из их геометрических размеров не могут быть помещены. В подобных случаях следует выбирать заведомо небольшие отрезки изделий (полимерные трубы вырезают кольцами) и заливают необходимым количеством воды в стеклянных сосудах емкостью 0,003-0,005 метров кубических. Все проводимые серии подобных опытов в обязательном порядке сопровождаются жестким контролем»[35].

Для исследований следует брать хлорированную или дехлорированную водопроводную воду.

«При оценке композитов на основе полимерной матрицы, предназначенных в первую очередь для опреснения или фильтрации воды, следует проводить исследования не только с водными вытяжками, которые могут быть получены полученными в статических условиях контакта с материалов, но и непосредственно с водой, которая получены при эксплуатации опытной модели опреснительного или фильтровального оборудования или действующей опытной модели (коей может быть, например оценка дистиллята, полученного на дистилляционном оборудовании). Полученная экспозиция при приготовлении данных вытяжек не в коем случае не должна значительно отличаться от времени контакта воды с полимерными материалами, которые могут иметь место быть в производственных условиях.

В случае, если известно, что по условиям эксплуатации полимерного изделия, оно соприкасаются с водой, уровень кислотности (рН) которой выходит за пределы 6,5 - 8,5, то соответственного в лабораторных условиях производится тщательное исследование с искусственно под кисленной или под щелочной водой»[35].

В рассмотрении процесса моделирования условий максимально приближенных к натуральным при процессе эксплуатации полимерных материалов в лаб. исследованиях недопустимо произвольно уменьшать, либо наоборот преувеличивать удельную поверхность или тем более время выдержки, так как на данный момент полностью отсутствуют надежные способы данного пересчета. Применение случая наихудшего варианта проведения эксперимента возможно и обосновано в качестве вспомогательного приема, с целью выявления характера и уровня воздействия полимерного композиционного материала на качественные показатели питьевой воды.

2.4 Изучение воздействия ПМ на качественные показатели хоз-питьевой воды

Главным образом следует выделять следующие основополагающие этапы исследований новых материалов:

«I этап. Осуществление органолептических исследований»

В случае неблагоприятного влияния на органолептические параметры качества воды, соприкасающейся с композиционными материалами на основе полимерной матрицы в условиях, близких к эксплуатационным, то материал в обязательном порядке бракуется. В случае отсутствия данных органолептических изменений материал подлежит тщательному дальнейшему изучению.

II этап. Сан-хим исследования

Материал подлежит отбраковке или разрешается к применению в зависимости от того, превышает ли его реальная миграция вредных веществ допустимых уровни их выделения в исследуемую воду или нет. На данном этапе могут быть закончены проводимые исследования полимерных материалов, в случае если в их состав входят различного рода связующие и прочие добавки, изученные с точки зрения токсикологии и имеющие соответствующие ДУ»[34].

В случае наличия в составе полимерного материала неизученных на данный момент компонентов или невозможности их точного аналитического определения, проводят детальное изучение биологической активности полимерного композиционного материала и его компонентов.

Органолептические исследования

«Органолептические свойства исследуемых вытяжек из композиционного полимерного материала обуславливаются в первую очередь переходом в них веществ, входящих в состав материала. Воздействуя на изменение органолептические показатели качества воды, некоторые из компонентов композиционных материалов на основе полимерной матрицы, даже в концентрациях, являющихся безопасными с

токсикологической точки зрения, могут в определенной мере влиять на водопотребление населения. В связи с чем изделия из композиционных материалов на основе полимерной матрицы не должны оказывать какого-либо неблагоприятного влияния на органолептические показатели качества воды. При органолептических исследованиях рассматриваемых вытяжек в обязательном порядке определяют наличие какого-либо постороннего запаха, вкуса или привкуса, мути, осадка, пенообразования, цветности»[34].

Определение запаха исследуемых вытяжек

«Определение запаха исследуемых вытяжек осуществляется посредством метода закрытой дегустации, бригадным методом, предусматривающим отбор испытателей по способности к восприятию запахов и предварительно ознакомленных с характером запаха. Приведенные исследования следует проводить в хорошо проветренном помещении. В основном для целей приготовления аналогичных вытяжек применяют дехлорированную водопроводную воду. Характер ее существующего запаха, а также его интенсивность определяют сразу же после завершения соответствующей экспозиции всех существующих вытяжках принятого к исследованию образца воды. Исследования осуществляются при комнатной температур»[35].

Ход и порядок определения

«В применяемые колбы с пробками, имеющими емкость 0,3 литра, наливают по 100 мл воды исследуемых в ходе анализа вытяжек. В одну из данных колб (являющейся контрольной) необходимо налить 0,1литра воды, на которой были приготовлены данные вытяжки. Колбы плотно закрывают пробками.

Начиная с контрольной пробы, поочередно содержимое колб несколько раз тщательно перемешивают вращательными движениями колбы, после чего открыв колбу следует определить имеющийся характер, а также интенсивность запаха вытяжки.

Характер запаха описывают следующим образом: фенольный, ароматический, неопределенный и т.д.

Оценка запаха вытяжек на интенсивность оценивают в соответствии с пятибалльной системой»[46].

Определение вкуса вытяжек

«Вкус и привкус вытяжек из исследуемого изделия проводят путем закрытой дегустации, бригадным методом, при температуре 20 и 37 °С. При этом набирают в рот 10 - 15 мл контрольной воды, держат во рту несколько секунд не проглатывая, а затем сплевывают. Точно так же поступают с исследуемыми вытяжками»[46].

Характер вкуса описывают следующим образом: кислый, сладкий, соленый, либо горький. Все остальные виды вкусовых восприятий называют привкусами, например: металлический и т.д.

Интенсивность необходимо оценивать по пятибалльной шкале.

Определение мутности исследуемых вытяжек

«Главным образом мутность исследуемых вытяжек определяют визуально и в последствии характеризуют описательным методом по величине: слабая мутность, заметная мутность, либо сильная мутность вытяжки»[34].

Определение осадка

«Осадок исследуемой вытяжки определяют визуальным методом и главным образом характеризуют описательно по его величине, подразделяя по категориям: незначительный (несущественный), заметный, большой. Дополнительно следует, отмечать его свойства, подразделяемые на: кристаллический, аморфный и т.п., после чего следует также отметить цвет образовавшегося осадка: белый, серый, бурый и т.п.»[34].

Определение пенообразовательной способности исследуемых вытяжек

При наличии в рецептуре композиционного материала на основе полимерной матрицы ПАВ в обязательном порядке требуется определять пенообразовательную способность исследуемых вытяжек.

«С этой целью в градуированные мерные цилиндры емкостью 1 литр при условии применения притертых пробок наливают по 0,5 литра исследуемых вытяжек, а в один из используемых цилиндров – 0,5 литра контрольной воды.

На протяжении $\frac{1}{4}$ минуты производят примерно 15-20 умеренно резких переворачиваний цилиндра, вначале контрольного, после опытных и в последствии отмечают интенсивность пенообразования исследуемых вытяжек. Как пороговая принимается интенсивность пенообразования, при которой в исследуемой вытяжке отсутствует постоянная крупнопузырчатая пена, а высота мелкопузырчатой у стенок цилиндра не должна превышать 1 мм»[35].

Определение цветности исследуемых вытяжек

«Определение цветности исследуемых вытяжек, в случае наличия таковой необходимости, проводят преимущественно фотометрическим методом. Цветность исследуемых вытяжек не должна существенно отличаться (более чем на 5 градусов платиново-кобальтовой шкалы) от принятой контрольной пробы и при любом случае не должна превышать значения 20 градусов»[34].

Определение активной реакции (pH) исследуемых вытяжек

«Осуществление определения pH исследуемых вытяжек осуществляют при наличии в рецептуре композиционного материала на основе полимерной матрицы составляющих компонентов, которые способны оказывать влияние на pH воды. С целью определения активной реакции исследуемых вытяжек используют преимущественно pH-метр или мономер. Уровень pH вытяжек не должен превышать более чем на 1 от контрольного уровня и при любом случае должен находиться в пределах 6,5 - 8,5»[34].

Определение окисляемости исследуемых вытяжек

«Определение перманганатной или бихроматной окисляемости исследуемых вытяжек осуществляется с применением общепринятых методик. Изменение окисляемости исследуемых вытяжек по сравнению с

определенными контрольными пробами являет собой один из интегральных показателей, который может характеризовать миграционную способность композиционного материала на основе полимерной матрицы, и позволяет в определенной степени оценивать химическую стойкости изделий из полимерных материалов. При осуществлении гигиенической оценки изделий из композиционных материалов на основе полимерной матрицы, приведенный показатель применяется в комплексе с прочими показателями оценки существующего качества воды»[35].

2.5 Расчет конструкции емкостного оборудования из ПКМ

С целью определения надежности емкостного оборудования при действии на него различного рода нагрузок, а так же подбора оптимальных материалов (с учетом их физико-механических характеристик) осуществляется прочностной расчет конструкции.

В виду того, что во многих случаях структура полимерных композиционных материалов имеет слоистую основу с различной ориентацией армирования и видов наполнителей, более рационально и существенно эффективно проведение расчетов на прочность стеклопластиковых емкостей на основе полимерной матрицы (как вертикального, так и горизонтального исполнения) с использованием ПВК с применением пространственной конечно-элементной расчётной схемы. При чем расчет производится при варианте наибольшего нагружения оборудования.

2.5.1 Расчет с применением ПВК

В качестве примера рассмотрен вариант: емкость подземного размещения закопана в землю и не залита водой).

Жесткостные характеристики принимаются согласно данных ТУ 2296-001-48117609-9 [22] на изделие/материал.

Сбор нагрузок производится согласно требованиям НД:

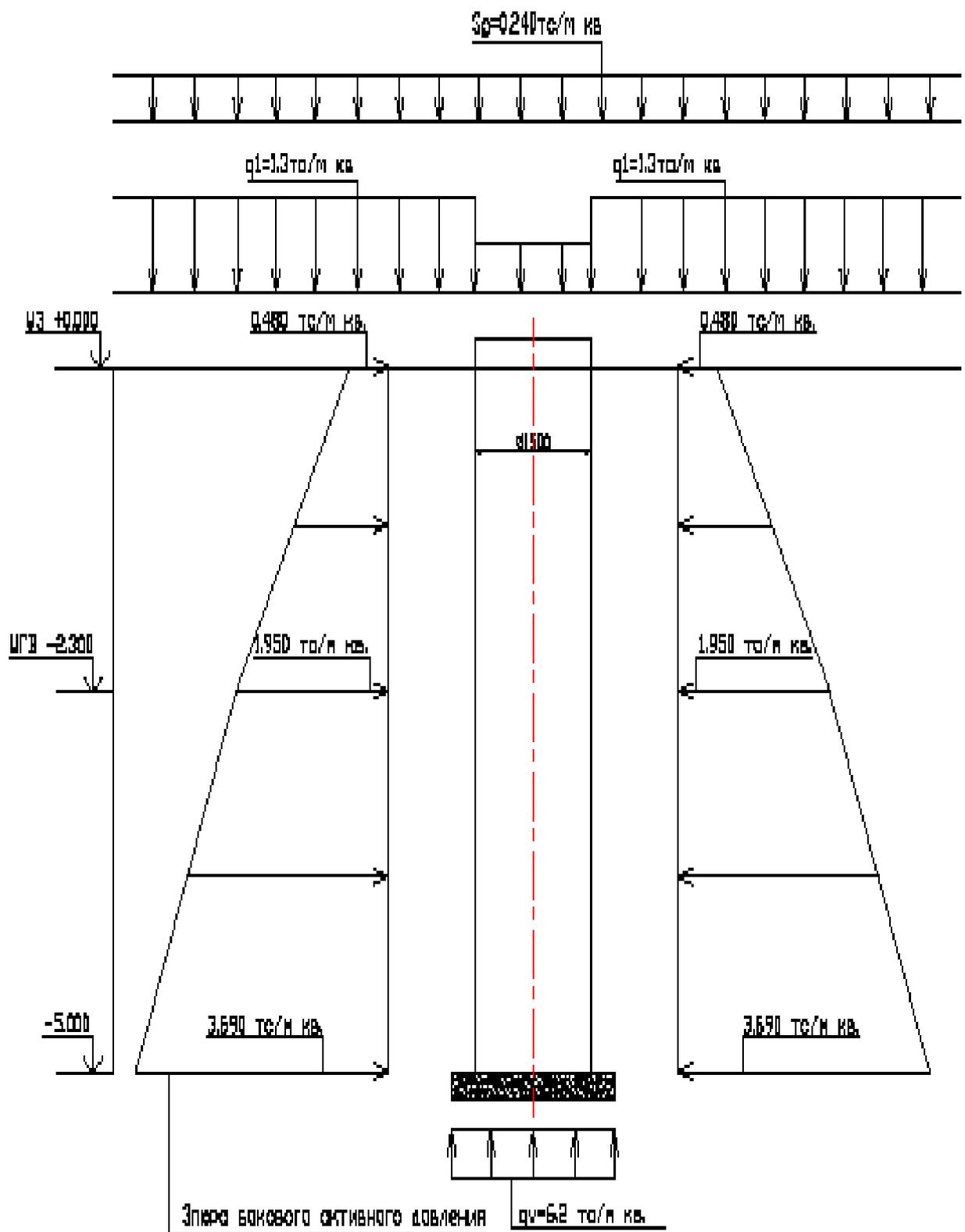
- Снеговая нагрузка по СНиП 2.01.07-85 “Нагрузки и воздействия”;

- Давление грунта по СНиП 2.09.03-85 “Сооружения промышленных предприятий”;

- Суммарное давление грунта и воды вычислено по Косоверов О. С. “Расчёт и конструирование инженерных сооружений водопроводно – канализационного хозяйства”, Киев , “Будівельник”, 1973, стр. 148.

- Нагрузки от автотранспорта (при наличии таковых) принимаются на усмотрение лица производящего расчет.

Сбор всех нагрузок, которые воспринимает исследуемая вертикальная емкость осуществлен на рис. 2.1.



- qv - интенсивность давления грунта и воды
- S_g - величина расчетной снеговой нагрузки
- q_1 - величина расчетной нагрузки от автотранспорта.

Рисунок 2.1 – Сбор нагрузок

- Все воздействия на емкость (сбор нагрузок), отображаются на эпюре “Давления и нагрузок”.

- Эпюра суммарных перемещений (мм);

- Эпюра нормальных напряжений по осям (т/м²).

При расчете вертикальных емкостей используется схема расчета с учетом стенки переменной толщины (зависимость от глубины залегания).

«Расчёт выполнен с использованием ПК. Применена пространственная конечно-элементная расчётная схема. Расчётная схема представляет собой вертикальную цилиндрическую ребристую форму высотой 5м на упругом основании с коэффициентами постели $C_1=1000$ т/м³, $C_2=500$ т/м. Материал емкости рассматривался как изотропный при плоском напряжённом состоянии»[15].

Жесткостные характеристики приняты согласно ТУ 2296-001-48117609-99.

Геометрические характеристики, а также нагрузка от автотранспорта и уровень грунтовых вод заданы условно.

Модуль упругости на изгиб $E = 11$ ГПа;

Коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$;

Плотность $\rho = 1,9$ т/м³;

Прочность при сжатии 80 МПа;

Прочность а при растяжении 140 МПа;

Диаметр рассматриваемой емкости 1,5м, высота 5,0м.

Толщина стенки оболочки ёмкости составляет от 8 до 10мм (в зависимости от глубины залегания), толщина ребер жесткости 10мм.

Снеговая нагрузка взята исходя из требований СНиП 2.01.07-85 “Нагрузки и воздействия” для IV снегового района. Давление грунта – по СНиП 2.09.03-85 “Сооружения промышленных предприятий”. Суммарное давление грунта и воды вычислено по Косоверов О. С. “Расчёт и конструирование инженерных сооружений водопроводно-канализационного хозяйства”, Киев, “Будівельник”, 1973, стр. 148.

Расчётные характеристики грунта засыпки:

$C = 0,007$ кгс/см² – удельное сцепление.

$\varphi = 320$ - угол внутреннего трения.

$\gamma = 1,8$ тс/м³ – удельный вес грунта.

$\gamma_s = 2,65$ тс/м³ – удельный вес скелета грунта.

$\gamma_w = 1,00$ тс/м³ – удельный вес воды.

$$\gamma_{sw} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{2,65 - 1}{1 + 0,65} = 1 \text{ тс/м}^3$$

- значения удельного веса грунта с учётом взвешивания ($e = 0,65$ – коэффициент пористости).

$Sq = 0,24$ тс/м² – величина расчетной снеговой нагрузки.

$q_1 = 1,3$ тс/м² – величина расчетной нагрузки от автотранспорта.

Сбор нагрузок

1. Боковое активное давления грунта засыпки на глубине y :

$$p_h = \gamma_t y + q \lambda_h$$

$$\lambda_h = \text{tg}^2 \theta_0.$$

$$\theta_0 = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}.$$

где:

- q - равномерно распределенная нагрузка на поверхности, примыкающей к стене;

- λ_h - коэффициент горизонтального давления грунта;

- θ_0 - угол наклона плоскости скольжения к вертикали;

- $\gamma_t = 1,15$ – коэффициент надёжности по нагрузке.

$$-q = q_1 + Sq.$$

$$\lambda_h = \text{tg}^2 29^\circ = 0,31.$$

$$\theta_0 = 45^\circ - \frac{32}{2} = 29^\circ$$

p_h на глубине 0 м: $p_h 0,00 = (0 + 1,54) 0,31 = 0,48$ тс/м²;

$p_h 2,30 = (1,8 \cdot 2,3 \cdot 1,15 + 1,54) 0,31 = 1,95$ тс/м²;

$p_h 5,0 = (1,8 \cdot 5,0 \cdot 1,15 + 1,54) 0,31 = 3,69$ тс/м²;

2. Суммарное давление грунта и воды:

$$q_v = n(\gamma \cdot y + \gamma_{sw} \cdot h_w) \cdot \lambda_h + \gamma_{w1} \cdot h_w,$$

где: h_w - высота от низа сооружения до расчетного уровня грунтовых вод, м;

$n = 1,3$ – коэффициент перегрузки, принимаемый по [3] табл. 6.

$\gamma_w1 = 1,1 \cdot \gamma_w$ (1,1 – коэффициент перегрузки).

$q_v = (1,3 \cdot 1,8 \cdot 2,3 + 1,3 \cdot 1 \cdot 2,7 + 1,54) \cdot 0,31 + 1,1 \cdot 2,7 = 6,2$ тс/м²

Результаты расчета ёмкости приведены на рис.2.2, 2.3,2.4:

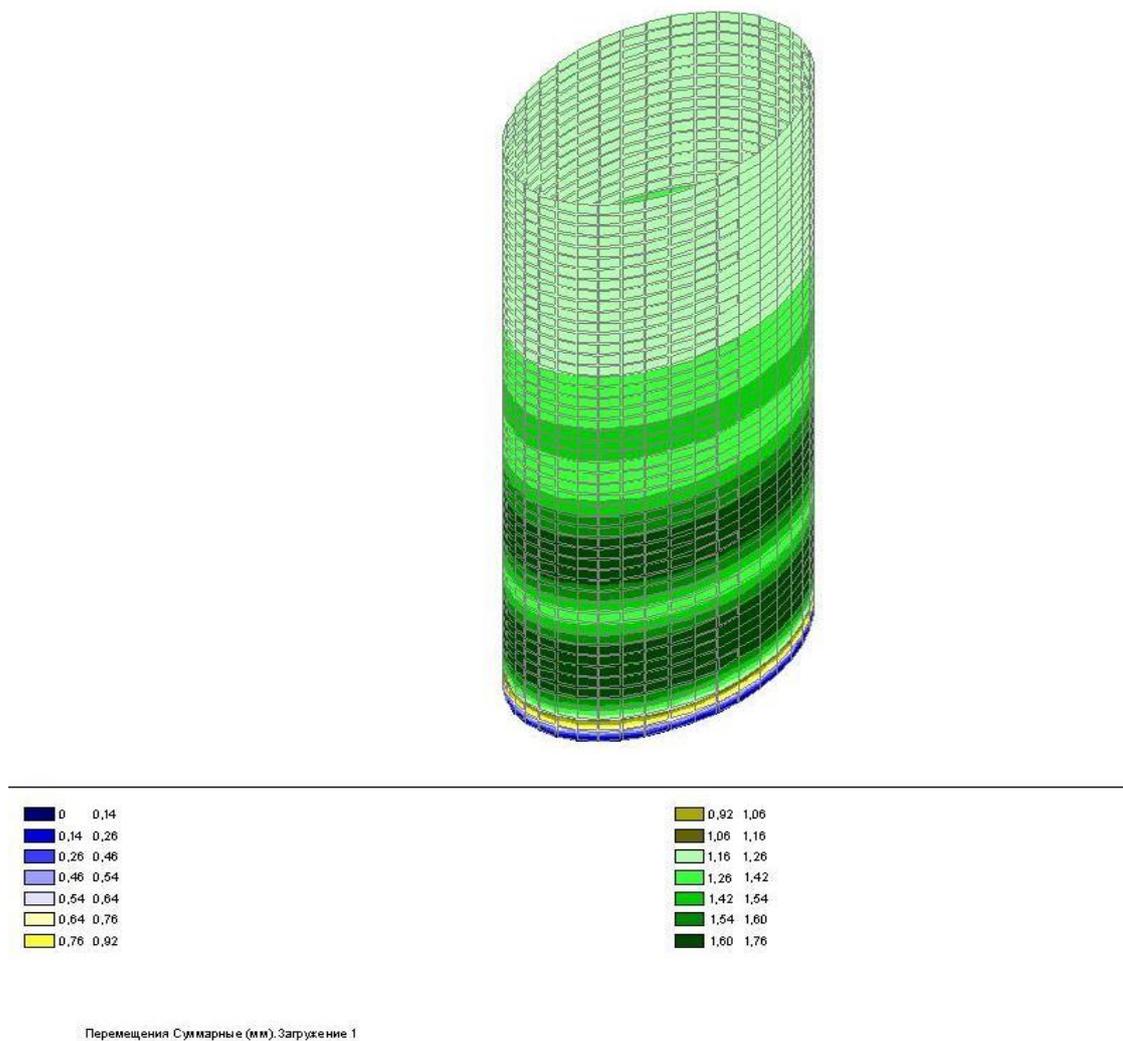
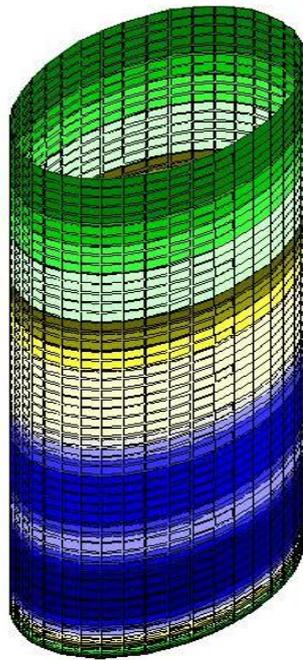
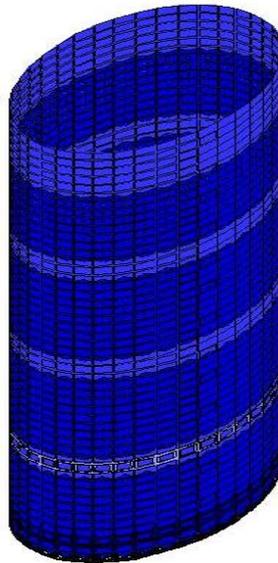


Рисунок 2.2 - Суммарные перемещения, мм.



NY(ТМ2).Загружение 1

Рисунок 2.3 - Нормальные напряжения по X (т/м²)



NY(ТМ2).Загружение 1

Рисунок 2.4 - Нормальные напряжения по Y (т/м²)

Максимальные значения напряжений в корпусе

$$\sigma = -1411,3 \text{ т/м}^2 < 8154,94 \text{ т/м}^2$$

$$\sigma = 80,5 \text{ т/м}^2 < 14271,15 \text{ т/м}^2$$

Максимальные значения напряжений в корпусе

$$\psi = \frac{1,76 \text{ мм}}{1500 \text{ мм}} \cdot 100\% = 0,12\%.$$

По результатам произведенного расчета в ПВК осуществляются соответствующие выводы об удовлетворении/неудовлетворении требованиям прочности корпуса емкости (принятой толщины стенки) с учетом упруго-прочностных свойств материала и принятым нагрузкам, воздействующим на нее в конкретном случае. При получении неудовлетворительных результатов, рекомендуется произвести пересмотр конструкции емкости и повторить осуществление расчётов после увеличения количество слоев полимерного композиционного материала и/или их ориентации.

В случае расчета емкости горизонтального исполнения, в качестве проверки, дополнительно возможно использование Приложения Д: «Расчета Трубопроводов из полимерных материалов при подземной укладке», приведенного в СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования»[8].

2.5.2 Расчет с применением методики СП 40-102-2000

Пример расчёта выполнен согласно методике прочностного расчета по СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов»[8].

Дано Стеклопластиковая ёмкость с наружным диаметром $D = 2220$, и толщиной стенки $s = 10$ мм, укладываются на глубину $H_{тр} = 3,4$ м. В условиях эксплуатации по поверхности над ёмкостями возможно перемещение транспорта с расчётным давлением на грунт $q_t = 0,013$ МПа, расчётное давление снега $S_q = 2,4$ кПа. Требуется подобрать грунт для засыпки.

В расчете не учитываются ребра жесткости, перегородки и проч. элементы усиления конструкции емкости.

Решение Для засыпки на месте строительства принимаем грунт с удельным весом $\gamma = 18 \text{ кН/м}^3$. Значения кратко- и долговременного модулей упругости стеклопластика – $E_0 = 11000 \text{ МПа}$ и $E_t = 2750 \text{ МПа}$ ($E_t = \frac{E_0}{4}$).

1. Определяем грунтовую нагрузку :

$$q_{gr} = \gamma H_{tr} = 18 \cdot 3,4 = 61,2 \text{ кН/м}^2 = 0,061 \text{ МПа};$$

где H_{tr} - глубина засыпки, от поверхности земли до уровня горизонтального диаметра, м.

2. Определяем общую расчётную нагрузку:

$$q_c = \gamma_t q_{gr} + \psi_1 q_t + \psi_2 S_q = 1,15 \cdot 0,061 + 0,95 \cdot 0,013 + 0,9 \cdot 0,0025 = 0,085 \text{ МПа};$$

где $\gamma_t = 1,15$ – коэффициент надёжности по нагрузке;

$\psi_1 = 0,95$ – коэффициент сочетания для временной длительной нагрузки;

$\psi_2 = 0,9$ – коэффициент сочетания для кратковременной нагрузки.

3. Определяем кратковременную кольцевую жесткость оболочки трубы:

$$G_0 = 53,7 \frac{E_0}{12} \left(\frac{s}{D} \right)^3 = 53,7 \frac{11000}{12} \left(\frac{10}{2220} \right)^3 = 0,045 \text{ МПа}$$

4. «Определяем относительное укорочение вертикального диаметра трубы под действием грунтовой нагрузки по при $K_{ок} = 1$:

$$\psi_{zpl} = \frac{K_{ок} K_t K_w q_{zpl} \gamma_t}{K_{ж} G_{01} + K_{zp} E_{zp}} = \frac{1 \cdot 1,25 \cdot 0,13 \cdot 0,061 \cdot 1,15}{0,15 \cdot 0,045 + 0,06 \cdot 5} = 0,0379$$

или 3,8 %,

где $K_t = 1,25$ - коэффициент, учитывающий запаздывание овальности поперечного сечения трубы во времени и зависящий от типа грунта, степени его уплотнения, гидрогеологических условий, геометрии котлована, может принимать значения от 1 до 1,5;

$K_w = 0,13$ - коэффициент прогиба, учитывающий качество подготовки лежа и уплотнения.

$K_{гр}$ - коэффициент, учитывающий влияние грунта засыпки на овальность поперечного сечения трубопровода;

$E_{гр} = 5$ - модуль деформации грунта в пазухах котлована (для средних условий), МПа;

$K_{ж}$ - коэффициент, учитывающий влияние кольцевой жесткости оболочки трубы на овальность поперечного сечения трубопровода.

$K_{ок} = 1$ - коэффициент, учитывающий процесс округления овализованной трубы под действием внутреннего давления воды в ёмкости (МПа)»[8].

5. Определяем укорочение вертикального диаметра трубы под действием транспортной нагрузки:

$$\psi_m = \frac{K_{ок} K_w q_m}{K_{ж} G_{01} + K_{зп} n E_{зп}} = \frac{1 \cdot 0,13 \cdot 0,013}{0,15 \cdot 0,045 + 0,06 \cdot 1 \cdot 5} = 0,0056$$

или 0,56 %.

где $n = 1$ - коэффициент, учитывающий глубину заложения.

6. Определяем относительное укорочение вертикального диаметра, приняв относительное укорочение вертикального диаметра, образовавшееся в процессе складирования, транспортировки и монтажа. $\psi_m = 4$ % (для G0 до 276 кПа и степени уплотнения грунта 0,85-0,95).

$$\psi_{ук} = \psi_{гр} + \psi_{т} + \psi_m = 3,8 + 0,56 + 4 = 8,36 \%$$

7. Определяем максимальное значение степени растяжения материала в стенке трубы из-за овальности поперечного сечения трубопровода под действием нагрузок при $K_{\sigma} = 1,5$; $K_{з\psi} = 1$;

$$\varepsilon_p = 4,27 K_{\sigma} \frac{s}{D} \psi_1 K_{з\psi} = 4,27 \cdot 1,5 \cdot \frac{10}{2220} \cdot 0,0836 \cdot 1 = 0,0024$$

или 0,24 %.

где K_{σ} - коэффициент постели грунта для изгибающих напряжений

K_{ψ} - коэффициент запаса на овальность поперечного сечения трубы, принимается равным: 1,0 - для напорных и самотечных трубопроводов и 2 - для дренажных трубопроводов.

8. Определяем степень сжатия материала стенки трубы, происходящего под действием внешних нагрузок на ёмкость

$$\varepsilon_c = \frac{q_c}{2E_0} \cdot \frac{D}{s} = \frac{0,0846}{2 \cdot 11000} \cdot \frac{2220}{10} = 0,00085$$

или 0,085 %.

9. Определяем допустимую степень растяжения материала в стенке трубы, происходящего в условиях релаксации при $\sigma_0 = 146,4$ МПа

$$\varepsilon_{pp} = \frac{\sigma_0}{E_r K_s} = \frac{146,4}{2750 \cdot 2} = 0,026$$

или 2,6 %.

где σ_0 – кратковременная расчётная прочность при растяжении материала

$K_3 = 2$ – коэффициент запаса.

10. Определяем допустимую степень растяжения материала в стенке трубы, происходящего в условиях ползучести

$$\varepsilon_{pn} = \frac{\sigma_0}{E_0 K_s} = \frac{146,4}{11000 \cdot 2} = 0,0066$$

или 0,66 %.

11. Проверяем прочность

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_{pp}} + \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{pn}} \leq 1,0$$

$$\frac{0,24\%}{2,6\%} + \frac{0,085\%}{0,66\%} = 0,0923 + 0,129065 = 0,22 \leq 1$$

т.е. по данным расчета стеклопластиковая ёмкость удовлетворяет требованиям прочности (выше принятыми данными по грунту засыпки).

\

ВЫВОД ПО ГЛАВЕ 2

В разделе приведены общие требования санитарно-гигиенической оценки композиционных материалов, использование которых планируется в оборудовании имеющем непосредственный контакт с водой питьевого качества, отображены процессы подготовки образцов и гигиенические исследования материала на качественные показатели хозяйственной-питьевой воды.

Указаны общие требования к условиям хранения воды питьевого качества и правила эксплуатации емкостного оборудования предназначенного для питьевой воды.

Представлен пример сбора нагрузок воздействующих на емкостное оборудование в процессе эксплуатации (случай подземного монтажа). Отображены результаты прочностного расчета конструкций многослойной полимерной композиционной емкости с переменной толщиной стенки корпуса при использовании ПВХ с построением конечно-элементной сетки, а так же расчет горизонтальных емкостей с применением методики СП 40-102-2000.

ГЛАВА 3 ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Для проведения анализа из группы композитных материалов выбран стеклопластик (на основе ненасыщенной полиэфирной смолы, армированный стекловолокном), как один из самых распространенных композитов, ПЭ, а также металл: сталь, так как именно их наиболее часто используют в промышленных масштабах для производства емкостного оборудования.

Очевидным превосходством стеклопластика является его небольшой удельный вес сочетаемый с хорошими физико-механическими свойствами. В нем сочетаются лучшие качества ПЭ и стали при этом отсутствуют недостатки, присущие им.

Стеклопластик имеет многие ценные свойства, которые предоставляют ему возможность считаться одним из материалов будущего. Удельный вес композитных материалов в среднем в пять раз меньше, чем у металлов. Это делает их особенно удобными для применения на транспорте, а так же существенно упрощает монтаж крупногабаритного оборудования. Они являются электроизоляционными материалами, что обуславливает широкое применение композиционных изделий в электро- и радиотехнике. Стеклопластики, являясь диэлектриками, абсолютно не подвержены электрохимической коррозии. Существует множество видов смол, которые позволяют добиться устойчивости изделий из композитных материалов к различным агрессивным средам, кроме этого изделия из композитов обладают высокой ремонтпригодностью.

Изделия из композитных материалов имеют высокую конкурентоспособность по качеству и обладают относительно невысокой ценой. Одним из основных преимуществ композитов является уникальное сочетание деформационных, теплопроводных, прочностных, ударных, температурных, упругостных, электрических, фрикционных и прочих свойств, не присущее традиционным материалам.

Таким образом, полимерные композиты можно назвать универсальными материалами, они могут использоваться в различных отраслях, в которых к материалу предъявляют повышенные требования по таким характеристикам как прочность, теплопроводность, устойчивость к агрессивной среде, экологичность, устойчивость свойств при резкой смене температуры, долговечность, словом, все требования, которые предъявляют к современным материалам.

Основные преимущества композита перед сталью: противостоит коррозии, устойчив к царапинам, противостоит деформации, устойчив к агрессивной среде, обладает меньшим весом и ценой; стеклопластик долговечнее и прочнее, не имеет необходимости армирования металлом, наиболее устойчив к механическим воздействиям, не выделяет ядовитых веществ при нагревании, более устойчив к агрессивным средам, не деформируется; по сравнению с полипропиленом и полиэтиленом: обладают большим температурным диапазоном, значительно меньшей горючестью, самозатухают после прекращения воздействия огня, имеют стабильные физико-механические характеристики.

Так же для стеклопластика характерно сочетание высоких показателей стойкости к атмосферным воздействиям и водостойкости. Стеклопластик при изготовлении хорошо окрашивается в любой цвет и может сохранять его длительное время.

Сравнительный анализ физико-механических показатели некоторых полимерных материалов используемых при изготовлении емкостей и труб приведен в табл. 3.3.

Для полного изучения вопроса экономики сравниваемых материалов, наиболее часто используемых для производства емкостного оборудования (стеклопластик, полиэтилен, металл), в табл. 3.1 приведен анализ стоимости сырьевой базы материалов по состоянию на январь 2018г в непереработанном состоянии с учетом существующий на момент подготовки данной информации рыночной ситуации.

Таблица 3.1 Стоимость материалов для производства емкостного оборудования

№ п/п	Материал	Стоимость (руб.) с НДС за кг	Примечание
1	Стеклопластик	147,0	Конструкционный материал на основе ортофталевой смолы для производства оборудования методом машинной намотки
2	ПЭ	185,0	
3	Металл (СТЗ)	59,0	Без учета антикоррозионного покрытия
4	Металл (нж)	407,0	AISI 316L

Для полного всестороннего понимания целесообразности применения композиционных материалов на полимерной основе, в рамках данной диссертационной работы была подготовлена подробная справочная информация по сравнительным характеристикам конструкционных материалов используемых или попадающих под категорию потенциально возможных для использования при производстве емкостного оборудования, в том числе и для хранения воды питьевого качества (табл.3.4).

Проанализировав представленную информацию была определена группа материалов, получивших наибольшее распространение при производстве емкостей, в том числе на основании эксплуатационных характеристик полученных готовым оборудованием с учетом всех особенностей производства применяемых заводами-изготовителями. Данные по стоимости емкостного оборудования стандартного исполнения различного объема для хранения воды питьевого качества приведены в табл.3.2.

Для исключения варианта проникновения различного рода химических веществ из материала в питьевую воду, при предположении наращивания технологии производства и обработки (подготовки поверхностей), корпуса стеклопластиковой емкости на основе ненасыщенной полиэфирной смолы и металлической выполненной из СТЗ изначально рассматриваются с наличием барьерного слоя/покрытия имеющего требуемое санитарно-гигиеническое свидетельство.

Таблица 3.2 Стоимость накопительных емкостей из различных материалов для хранения питьевой воды

№ п/п	Объем, м ³	Материал	Габариты (D×L) м	Вес, т	Стоимость (тыс.руб.) с НДС
1	10	Стеклопластик	1,5×5,90	0,68	248,1
		ПЭ	1,8×4,57	1,08	466,4
		Металл (СТЗ)	1,5×5,90	2,30	452,4
		Металл (нж)	1,5×5,90	2,33	2661,0
2	15	Стеклопластик	2,2×4,30	0,89	379,7
		ПЭ	1,8×6,66	1,50	541,6
		Металл (СТЗ)	2,2×4,30	2,59	513,9
		Металл (нж)	2,2×4,30	2,62	2985,9
3	20	Стеклопластик	2,2×5,60	1,14	466,9
		ПЭ	1,8×8,75	1,90	614,3
		Металл (СТЗ)	2,2×5,60	3,13	654,7
		Металл (нж)	2,2×5,60	3,36	3825,7
4	25	Стеклопластик	2,2×6,90	1,38	562,5
		ПЭ	2,2×7,31	2,03	712,3
		Металл (СТЗ)	2,2×6,90	4,01	790,3
		Металл (нж)	2,2×6,90	4,07	4634,4
5	30	Стеклопластик	2,2×8,20	1,62	646,4
		ПЭ	2,2×8,69	2,37	774,5
		Металл (СТЗ)	2,2×8,20	4,71	925,8
		Металл (нж)	2,2×8,20	4,77	5443,1
6	35	Стеклопластик	2,2×9,50	1,86	742,0
		ПЭ	2,2×10,07	2,70	839,4
		Металл (СТЗ)	2,2×9,50	5,42	1061,4
		Металл (нж)	2,2×9,50	5,48	6251,8
7	40	Стеклопластик	2,2×10,90	2,11	829,2
		ПЭ	2,2×11,44	3,03	901,6
		Металл (СТЗ)	2,2×10,90	6,14	1202,2
		Металл (нж)	2,2×10,90	6,22	7091,6
8	45	Стеклопластик	2,2×12,20	2,36	924,7
		ПЭ	2,2×12,82	3,37	966,5
		Металл (СТЗ)	2,2×12,20	6,84	1337,8
		Металл (нж)	2,2×12,20	6,93	7900,3

Продолжение таблицы 3.2.

9	50	Стеклопластик	3,0×7,60	2,74	837,1
		ПЭ	2,2×14,20	3,70	1 028,7
		Металл (СТЗ)	3,0×7,60	7,36	1394,6
		Металл (НЖ)	3,0×7,60	7,46	8499,7
10	55	Стеклопластик	3,0×8,30	2,97	898,8
		ПЭ	2,8×9,77	5,06	1 342,5
		Металл (СТЗ)	3,0×8,30	7,98	1509,5
		Металл (НЖ)	3,0×8,30	8,08	9212,6
11	60	Стеклопластик	3,0×9,00	3,20	960,4
		ПЭ	2,8×10,61	5,47	1 406,2
		Металл (СТЗ)	3,0×9,00	8,59	1624,3
		Металл (НЖ)	3,0×9,00	8,70	9924,8
12	65	Стеклопластик	3,0×9,70	3,43	1037,8
		ПЭ	2,8×11,45	5,88	1 469,9
		Металл (СТЗ)	3,0×9,70	9,21	1739,2
		Металл (НЖ)	3,0×9,70	9,93	10637,3
13	70	Стеклопластик	3,0×10,40	3,66	1099,5
		ПЭ	2,8×12,29	6,28	1 533,5
		Металл (СТЗ)	3,0×10,40	9,83	1854,5
		Металл (НЖ)	3,0×10,40	9,96	11349,6
14	75	Стеклопластик	3,0×11,20	3,90	1271,3
		ПЭ	2,8×13,30	6,69	1 599,9
		Металл (СТЗ)	3,0×11,20	10,49	1977,1
		Металл (НЖ)	3,0×11,20	10,62	12133,7
15	80	Стеклопластик	3,0×11,90	4,14	1356,4
		ПЭ	2,8×13,97	7,01	1 663,6
		Металл (СТЗ)	3,0×11,90	11,72	2091,9
		Металл (НЖ)	3,0×11,90	11,88	13538,2
18	100	Стеклопластик	3,0×14,70	5,07	1654,4
		ПЭ	2,8×17,32	8,72	1 921,1
		Металл (СТЗ)	3,0×14,70	13,60	2559,5
		Металл (НЖ)	3,0×14,70	13,78	15727,0



Рис. 3.1. Свидетельство на листовую ПЭ

«Стеклопластик» – корпус изготовленный из конструкционного стеклопластика выполненного методом машинной намотки с применением ненасыщенной полиэфирной ортофталевой смолы с внутренним барьерным слоем из кашированного ПЭ марки T-ND V-Line толщиной 3мм. Стоимость емкостного оборудования приведена в соответствии с прайс-листом ООО «ЭКОЛАЙН».



Рис.3.2. Свидетельство на резервуар «Полипластик»

«ПЭ» – корпус изготовленный из спиральновитой трубы марки Спиролайн имеющей кольцевую жесткости SN2 и произведенной из полиэтилена марки ПЭ 80 и ПЭ 100. Стоимость емкостей приведена на основании прайс-листа ГК «Полипластик».



Рис. 3.3. Свидетельство на гуммировочный состав «Констакор-АКВА»

«Металл (СТЗ)» – корпус изготовленный из низколегированной стали с внутренней антикоррозионной защитой из однокомпонентного гуммировочного состава для защиты металлических поверхностей оборудования работающего в контакте с водными средами хозяйственно-питьевого назначения, «Констакор-АКВА», имеющего гигиенический сертификат. Расчет стоимости принят исходя из среднестатистической калькуляции изделий из металлопроката.

«Металл (нж)» – корпус изготовленный из нержавеющей стали AISI 316. Расчет стоимости принят исходя из среднестатистической калькуляции изделий из металлопроката.

Таблица 3.3 – Физико-механические показатели некоторых полимерных материалов, применяемых при производстве емкостей и труб (справочные данные)

п/п	Показатель	Единица измерения	ПНД		ПП	Сшитый ПЭ	Хлорированный ПВХ	Стеклопластик
			ВП	ПСП				
1	Плотность	г/см ³	0,94-0,96	0,93-0,94	0,91	0,93-0,95	1,57	1,6-2,0
2	Предел текучести при растяжении	МПа	20-25	15-18	25-28	18-26	50-55	40-200
3	Удлинение при разрыве	%	800	800	>200	200-500	70-120	0,4-1,4
4	Модуль упругости	МПа	800	600	1200	550-800	2900	5000-25000
5	Коэффициент теплового линейного расширения,	10 ⁻⁴ С ⁻¹	2	2	1,5	1,2-1,4	0,62	0,18-0,3
6	Расчетная прочность	МПа	5-6,3	5	5-6,3	6,3	10	10-30

Таблица 3.4 – Сравнительные характеристики конструкционных материалов

Параметр	Стеклопластик	Сталь	Чугун	ПП	ПВХ	ПНД	Бетон
Удельный вес, т/м ³	1,9	7,8	7,2	1,0	1,4	0,95	2,4
Теплопроводность, Вт/м °С	0,33	52	56	0,22	0,14	0,44	0,18
Сопротивление истиранию при испытании жидкости (песок/вода – 15/85) и	80	34	34	50	50	100	20
Абсолютная шероховатость внутренней поверхности стенок (новая/старая), мкм	0,05/0,05	0,075/2,0	0,1/0,2	0,1/0,1	0,1/0,1	0,1/0,1	0,75/2,5
Устойчивость к ультрафиолету	Устойчив ¹	Устойчив	Устойчив	Стареет	Стареет	Стареет	Устойчив
Ударопрочность	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя
Морозостойкость, до °С	- 60	- 60	- 60	- 10	- 10	- 10	- 50
Герметичность	Полная	Полная	Полная	Полная	Полная	Полная	Условная
Устойчивость к коррозии	Устойчив	Корродирует	Корродирует	Устойчив	Устойчив	Устойчив	Устойчив
Устойчивость к блуждающим токам	Диэлектрик	Проводник	Проводник	Диэлектрик	Диэлектрик	Диэлектрик	Неустойчив
Устойчивость к биообрастанию	Высокая	Средняя	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Низкая
Устойчивость к химически агрессивным средам	Высокая ²	Средняя	Низкая	Высокая	Высокая	Высокая	Низкая
Монтаж	Простой, требует аккуратности	Простой, быстрый	Простой, быстрый	Простой, требует аккуратности	Простой, требует аккуратности	Простой, требует аккуратности	Сложный, долгий

Продолжение таблицы 3.4

Стоимость с учетом герметизации и СМР	Средняя	Низкая / Средняя	Низкая / Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя/ Высокая
Обслуживание	Не требуется	Регулярно	Регулярно	Не требуется	Не требуется	Не требуется	Регулярно
Гарантия герметичности, лет (от производителя)	5	1-3	1-3	5	5	5	-
Срок службы, лет	более 50	до 10-15	20-30	20-50	20-50	20-50	15-20

¹ – при использовании УФ-стабилизаторов или дополнительного покрытия

² – зависит от выбранных типов связующего и армирующих материалов

ВЫВОД ПО ГЛАВЕ 3

В разделе приведен подробный теоретический сравнительный анализ характеристик основной группы материалов используемых для производства емкостного оборудования позволяющий оценить преимущества того или иного материала с учетом особенностей эксплуатации конечного изделия.

Отображены возможные габаритные размеры емкостей различного объема от 5 до 100м³ некоторых производителей емкостного оборудования, которые позволяют сделать предварительную оценку как прямых затрат (покупка), так и накладных в виде доставки негабаритного изделия, стоимости разгрузочных монтажных работ: необходимость техники большой грузоподъемности. С учетом полученных данных становится более явным применение стеклопластиковых емкостей с внутренним слоем из кашированного ПЭ, которые кроме ряда технических преимуществ имеют более низкую стоимость, которая отличается минимум на 15-20% от ближайшей альтернативы в виде металлической емкости со специальным покрытием.

ГЛАВА 4 ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОПЫТНОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЫ

В виду того, что изготовление стеклопластикового емкостного оборудования для хранения воды питьевого качества и продуктов питания требует более высоких требований от производителей, так как необходимо использование определенных марок смол, удовлетворяющих высоким гигиеническим показателям, более жесткие требования по постотверждению стеклопластика и проведение тщательной отмывки оборудования для исключения миграции веществ, способных негативно повлиять на качество питьевой воды в разрезе данной диссертационной работы было рассмотрено изготовление композитной емкости из полимерного композиционного материала: армированного стеклопластика с применением в качестве матрицы ненасыщенной полиэфирной смолы с внутренним барьерным слоем из кашированного полиэтилена.

Опытная модель емкости для хранения воды питьевого качества объемом 45м³ с габаритными размерами D 3000мм и L=6700мм была изготовлена на базе производственной компании ООО «ЭКОЛАЙН» (г.Тольятти) с применением технологии перекрестной намотки прямого ровинга и использованием намоточного станка с ЧПУ (рис. 3.1)



Рисунок 4.1 – 2-х шпиндельный намоточный станок с ЧПУ

Таблица 4.1 - Основные параметры проектируемой емкости

№ п/п	Параметр	Описание
1	Диаметр, мм	3000
2	Длина, мм	6700
3	Полезный объем, м ³	45
4	Материал корпуса	Армированный стеклопластик с внутренним барьерным слоем
5	Исполнение корпуса	Горизонтальное, надземное
6	Тип связующего	Ненасыщенная полиэфирная смола
7	Марка связующего	Polimal 1095-2P (ортофталевая)
8	Тип катализатора	Перекись МЭК
9	Марка катализатора	Бутанокс М-50
10	Вид армирования	Стекловолокно
11	Тип стекловолокна	ECR марки Advantex
12	Марка ровинга	111А-24-2400tex
13	Марка ленты	Ortex 400-00
14	Толщина конструкционного слоя, мм	16мм
15	Барьерный слой	Кашированный ПЭ
16	Марка барьерного слоя	T-HD V-Line
17	Толщина, мм	3мм
18	Общий вес корпуса, кг	3100
19	Материал патрубков	ПЭ100
20	Материал ложементов	СТЗПС

Основная задача данной работы заключается в получении рабочего варианта изготовления емкости с созданием внутреннего барьерного слоя из листового кашированного полипропилена/полиэтилена (далее по тексту

ПП/ПЭ) с использованием стандартно применяемых производителями материалов для изготовления конструкции стеклопластикового корпуса.



Рисунок 4.2 – Общая схема накопительной емкости

Преимуществом производства подобных емкостей:

Сочетание всех лучших свойств стеклопластика и ПП/ПЭ как барьерного материала;

Внутренняя поверхность емкости может быть использована для контакта с питьевой водой;

Высокая прочность конструкции;

Метод каширования ПЭ/ПП заключается в том, что на поверхность листового материала наносится полиэфирная ткань. Производство кашированного листа осуществляется методом каландрирования, ткань подается на валы каландера в процессе экструзии пластической массы, где происходит механический прижим и импрегнирование тканевого материала в тело листа. [2].

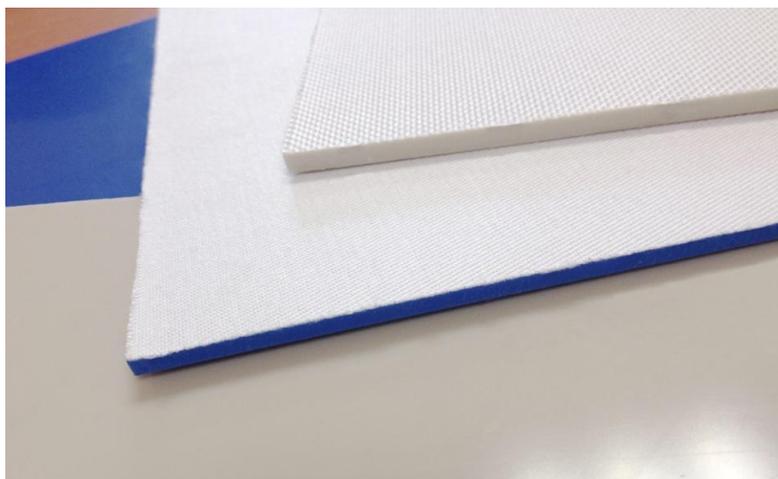


Рисунок 4.3 – Листовой кашированный ПНД V-Line

Таким образом, лист получает адгезионный слой при помощи которого может приклеиваться к несущей основе. В качестве клеящего состава могут применяться различные материалы на основе полиэфирной или эпоксидной смолы, промышленные клеи и т.д.



Рисунок 4.4 – Стеклопластиковая труба с внутренним слоем из кашированного ПНД

Наиболее распространенными методами производства стеклопластиковых элементов необходимых для изготовления емкостей являются намотка стекловолокна, которая позволяет изготовить основную часть корпуса цилиндрической формы, а так же контактное формование (напыление рубленного стекловолокна и ручное ламинирование), с помощью которого изготавливаются торцевые элементы и прочие детали корпуса [15].

Для производства изделий из стеклопластика методом намотки применяется следующий принцип:

На оправке формируется цилиндр из листового ПЭ/ПП адгезионным слоем вверх.



Рисунок 4.5 – Формирование цилиндра из листового ПЭ

Производятся подготовительные работы, в том числе защита линий стыка листового материала от попадания во внутрь связующего;

Намотка армирующего материала пропитанного связующим, осуществляется непосредственно на поверхность адгезионного слоя;



Рисунок 4.6 – Извлечение намотанного цилиндра с оправки

После завершения процесса отверждения стеклопластика, производится сьем полученного изделия с оправки, внутренняя часть которого покрыта ПЭ/ПП.

По аналогии изготавливаются торцевые части емкости.

После изготовления всех деталей емкости осуществляется ее сборка с применением метода ручного ламинирования, при этом необходима защита мест сопряжения деталей от попадания во внутрь полиэфирной смолы.



Рисунок 4.7 – Внутренняя поверхность емкости

По окончании отверждения, осуществляется сварка всех внутренних швов листового ПЭ/ПП при помощи ручного экструдера.



Рисунок 4.8 – Комплектация емкости: напорогаситель



Рисунок 4.9 – Комплектация емкости: крышка люка



Рисунок 4.10 – Комплектация емкости: люк-лаз

Одним из отрицательных моментов конструкции горизонтального емкостного оборудования произведенного по приведенному методу является тот факт, что изготовление качественного внутреннего покрытия торцевых элементов, которые из соображения надежности в большинстве случаев изготавливаются полуэллиптической формы, является весьма сложной задачей в связи с трудной укладкой листового ПП/ПЭ на существующие матрицы торцевых элементов.



Рисунок 4.11 – Стеклопластиковая емкость перед отгрузкой

Наиболее простым выходом в данной ситуации является отказ от полуэллиптической формы торцевого элемента в пользу плоскости, однако в данном случае необходимо дополнительное усиление детали [24].



Рисунок 4.12 – Смонтированная стеклопластиковая емкость

Изготовленный опытный образец многослойной композитной емкости с внутренним барьерным слоем из кашированного ПЭ марки T-HD V-Line смонтирована и находится в эксплуатации в г.Тольятти на полуострове Копылово для обеспечения непрерывной подачи воды СНТ «Дружба».

ВЫВОД ПО ГЛАВЕ 4

В настоящем разделе представлен процесс разработки и особенности производства горизонтальной емкости надземного исполнения из полимерного композиционного материала: стеклопластика на основе матрицы из ненасыщенной полиэфирной смолы с внутренним барьерным покрытием из кашированного ПЭ для хранения воды питьевого качества.

Представленный вариант является собой наглядный пример достижения высоких прочностных и гигиенических показателей емкостного оборудования при сочетании полимерных материалов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 В результате анализа приведено общее представление и определения о композиционных материалах, а также обзора текущего состояния и структура Российского рынка композитов. Предложена систематизированная классификация емкостного оборудования.

2 Осуществленное изучение общих требований санитарно-гигиенической оценки композиционных материалов и отображенные процессы подготовки образцов и гигиенические исследования материала на качественные показатели хозяйственной-питьевой воды совместно с соблюдением выполнения требований прочностных, технологических расчетов и условий по эксплуатации такого рода оборудования, позволяют сделать вывод о пригодности использования полимерных композитных материалов для целей производства емкостного оборудования для водопользования.

3 Произведенный теоретический технико-экономический сравнительный анализ материальной базы применяемой для производства оборудования и существующая стоимость готовой продукции подтвердили обоснованности и целесообразности применения полимерных композиционных материалов.

4 В рамках работы была разработана и изготовлена опытная модель накопительной емкости из армированного стеклопластика на основе ненасыщенной полиэфирной смолы с внутренним слоем из кашированного ПЭ на базе производственной компании ООО «ЭКОЛАЙН» (г.Тольятти), позволяющая применить с наибольшей степенью эффективности прочностные и гигиенические характеристики материалов.

Основные положения диссертации опубликованы в 2 статьях автора:

1 Лашко А.В. О возможности изготовления емкостей из стеклопластика с внутренним покрытием из кашированного полиэтилена/полипропилена для хранения питьевой воды. В сборнике статей: Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России, сборник статей XV Международная научно-практическая конференция. 2017. С. 43-46.

2 Лашко А.В. Изготовление композитных емкостей на полимерной основе с барьерным внутренним слоем для хранения питьевой воды. В сборнике статей: Студенческие Дни науки в ТГУ : научно-практическая конференция. 2017 года. С. 42-44.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ивановский С.К., Бахаева А.Н., Жерякова К.В., Ишкуватова А.Р. К вопросу переработки полимерных композиционных материалов// Успехи современного естествознания. 2014. №12. С 592-595.
2. Г.И.Гарипова, Ю.А.Коваленко, А.М. Нигметзянова. Современные методы каширования полимерных композиционных материалов// Вестник технологического университета. – 2013. - №6 – с 144-145.
3. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно - эпидемиологическому надзору (контролю). Глава II Раздел3. Требования к материалам, реагентам, оборудованию, используемым для водоочистки и водоподготовки.
4. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества.
5. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения.
6. BS 4994:1987: British standart specification for design and construction of vessels and tanks in reinforced plastics.GreatBritan. 1987.
7. ГН 2.1.5.131. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
8. СП 40-102-2000. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования.
9. S. Haydar, M. Arshad, J.A. Aziz. Evaluation of Drinking Water Quality in Urban Areas of Pakistan. Lahore, Pakistan, 2009. P.16-23.
10. Викулина В.Б. Метрологическое обеспечение контроля качества воды:учеб.пособие / В.Б. Викулина. П.Д. Викулин; М-во образования и

науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск.гос.строит. ун-т». М.:МГСУ, 2011.183с.

11. Алифанова, А.И. Контроль качества воды: учебное пособие/ А.И. Алифанова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. – 103с.
12. Катаева Т.А., Преимущества композитных материалов и эффективность их использования в промышленном производстве в России. Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия.
13. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
14. ГН 2.1.5.689-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Минздрав России, Москва, 1998.
15. Лашко А.В. 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 43-46
16. Maqbool Ahmad, Ahmad S. Bajahlan. Leaching of styrene and aromatic compounds in drinking water from PS bottles.// Journal of Enviromental sciences. Kingdom of Saudi Arabia, 2006.
17. Е.В. Дубинчик, В.Г. Пастушков. Л.В. Янковский. Особенности применения композитных материалов в строительстве. Сборник статей: Научно-практическая конференция. Пермский национальный технический университет. Пермь, Россия. 2014г. С.175-181
18. Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. Полимерные композиционные материалы: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118с.
19. Ивановский С.К., Бахаева А.Н., Жерякова К.В., Ишкуватова А.Р. К вопросу переработки полимерных композиционных материалов. //

- Успехи современного естествознания, №12, Магнитогорск, 2014 – с.592-595.
20. СТО 9.4.1 Емкостное оборудование из стеклопластика. Критерии приемки. Тольятти, Россия, 2017г.
 21. Осипов И.А. Обоснование выбора материалов для строительства открытых водных объектов в ландшафтной архитектуре. Магистерская диссертация. Санкт-Петербург, Россия, 2016.
 22. ТУ 2296-001-48117609-99 Емкости из стеклопластика. Тольятти, Россия, 1998г.
 23. И.А. Чепурин. Резервуары для питьевой и технической воды. Технологии и материалы. Полимерные трубы №4 (50) Информационно аналитический журнал. Москва. 2015. С 44-46.
 24. Лашко А.В. Изготовление композитных емкостей на полимерной основе с барьерным внутренним слоем для хранения питьевой воды. В сборнике статей: Студенческие Дни науки в ТГУ : научно-практическая конференция. 2017 г. С. 42-44.
 25. ТУ 2226-005-80693804-2014. Смолы Депол марок ПА-600, ПА-600М, ПА-600К, ПА-600СК.
 26. ТУ 2226-003-80693804-2014. Смолы Депол марок П-150ПТ, П-120ПТ, П-160ПТ, П-170ПТ.
 27. ТУ 2296-003-99675234-2001. Трубы и муфты, фасонные и соединительные детали из композиционного материала по технологии «НТТ» для транспортировки питьевой воды.
 28. Инструкция № 4259-87 по санитарно-химическому исследованию изделий из полимерных материалов, предназначенных для использования в хозяйственно-питьевом водоснабжении и водном хозяйстве. Москва, СССР. 1987г.
 29. Scherirs J., Long T.E. Modern Polyester: Chemistry and technology of polyester. John Wiley and Sons, 2003:784p

30. ГОСТ 25.601–80. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композитных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах.
31. ГОСТ 25.602–80. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композитных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на сжатие при нормальной, повышенной и пониженной температурах.
32. ГОСТ 25.603–80. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композитных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах.
33. ГОСТ 25.604–82. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композитных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на изгиб при нормальной, повышенной и пониженной температурах.
34. МУ 2.1.4.783-99. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Гигиеническая оценка материалов, реагентов, оборудования, технологий, используемых в системах водоснабжения.
35. МУ 2349. Методические указания по гигиеническому контролю за изделиями из синтетических материалов, предлагаемых для использования в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения.
36. Киселев Б. А. Стеклопластики. - М.: Госхимиздат, 1961. - 240 с.
37. Сизова Н. А., Сараев Л. А. К расчету эффективных модулей упругости композитов с неравномерным распределением составляющих компонентов. // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. - 2009. - №2 (68). - С. 118-122.
38. Михайлин Ю. А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. - СПб.: Изд-во НОТ, 2013. - 822 с.

39. Панова Л. Г. Наполнители для полимерных композиционных материалов: учебное пособие. - Саратов: СГТУ, 2010. - 68 с.
40. Берлин А. А. [и др.]. Принципы создания композиционных материалов. - М.: Химия, 1990. - 240 с.
41. Вознесенский В. А. [и др.]. Современные методы оптимизации композиционных материалов. - Киев: Будивельник, 1983. - 144 с.
42. Зиновьев П. А., Смердов А. А. Оптимальное проектирование композитных материалов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 103 с.
43. Хацринов А. И. [и др.]. Свойства композиционных материалов. Справочное пособие. - Казань: Изд-во КГТУ, 2000. - 110 с.
44. Peters S.T. Handbook of Composites. 2th Edition. Chapman and Hall. London, 1998:1120p.
45. Федеральный закон "О питьевой воде и питьевом водоснабжении". Режим доступа: <http://ex-jure.ru/law/news.php?newsid=1183>
46. Инструкция по санитарно-химическому исследованию изделий из полимерных материалов, предназначенных для использования в хозяйственно-питьевом водоснабжении и водном хозяйстве. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200093135>