

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT İQTİSAD UNİVERSİTETİ
MAGİSTRATURA MƏRKƏZİ

Əlyazması hüququnda

Usubzadə Lalə Elşən qızı

**“Современный ассортимент и экспертиза качества
полиэтиленовых труб” mövzusunda**

MAGİSTR DİSSERTASİYASI

İxtisasın şifri və adı: 060644 “İstehlak mallarının ekspertizası və maketinqi”

İxtisaslaşmanın adı: “İstehlak mallarının keyfiyyət ekspertizası”

Elmi rəhbər:

Magistr proqramının rəhbəri:

Dos., t.e.n. Səmədov Elçin Ələsgər oğlu Dos., t.e.n. Səmədov Elçin Ələsgər oğlu

Kafedra müdiri:

prof. Həsənov Əli Pənah oğlu

BAKİ – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава I: Теоретическая часть	5
I.1. Состояние производства и тенденции мирового рынка полиэтилена	5
I.2. Строение, свойства и получение полиэтилена	14
I.3.Разновидности и применение полиэтилена.....	30
Глава II: Практическая часть.....	45
II.1. Современный ассортимент пластмассовых труб и объекты исследования.....	45
II.2.Характеристика методов исследования.....	51
II.3. Анализ показателей качества полиэтиленовых труб	57
Глава III: Экспериментальная часть	61
III.1.Исследование некоторых свойств полиэтиленовых труб.....	61
III.2. Экспертиза качества полиэтиленовых труб.....	67
III.3. Анализ преимуществ, недостатков и специфики применения полиэтиленовых труб	71
ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ.....	76
ЛИТЕРАТУРА.....	80
XÜLASƏ.....	83
SUMMARY.....	84

ВВЕДЕНИЕ

Применение новых прогрессивных материалов в технике, науке и сфере производства потребительских товаров в настоящее время получило широкое распространение. К таким материалам относятся и полимерные синтетические материалы [1,2].

Химическая промышленность является одной из важных отраслей экономики, включающую в себя немалую часть средств обрабатывающего сектора.

Благодаря строительству новых мощностей и модернизации производства, за последние годы обрабатывающая отрасль в ощутимой степени обновилась, что в конечном итоге привело к росту показателей производства. Комплекс полезных свойств, зачастую превосходящих свойства традиционных природных материалов и объясняет всевозрастающее значение и интенсивный рост как производства, так и потребления полимерных синтетических материалов. К основным достоинствам пластмасс относятся легкость, износостойкость и химическая стойкость, высокая удельная прочность, высокие диэлектрические показатели, а также возможность изменять показатели свойств в нужном направлении посредством совмещения и модифицирования полимеров с рядом других материалов [3,4]. Материалы на основе полимеров обходятся намного дешевле схожих по свойствам природных веществ, легко перерабатываются в изделия, обеспечивается высокая эффективность производства, поскольку организация их производства, отделки и переработки реализуется значительно меньшими капитальными затратами.

Развитие и совершенствование производства полимерных материалов, в том числе материалов с новым комплексом потребительских свойств, позволяет улучшить качество производимой продукции, уменьшить ее материалоемкость и массу, сэкономить представляющие большую ценность натуральные продукты, снизить себестоимость готовых товаров, расширить ассортимент и

добиться повышения объема производства товаров широкого потребления при ограниченных запасах традиционных природных продуктов.

Полимерные материалы нашли широкое применение практически во всех отраслях народного хозяйства. Если на начальном этапе развития промышленности синтетических полимерных материалов эта продукция применялась, в основном, для частичного замещения цветных металлов, материалов электроизоляционного назначения и природных лаковых смол, то в данное время области применения полимерных материалов значительно расширились. Полимерные материалы очень широко используются в авиа- и автомобилестроении, машиностроении, строительстве, в процессе производства потребительских товаров, в сельском хозяйстве, радио- и электротехнике, в медицине и т.д.

При всех своих достоинствах полимерные материалы не лишены и недостатков – деформация некоторых из них под нагрузкой (ползучесть), склонность к естественному старению, относительно невысокие показатели теплостойкости. Немаловажным фактором является и проблема утилизации старых изделий из пластических масс. Их не рекомендуется сжигать, так как при их горении выделяются ядовитые газы, они биологически неусвояемы и в обычных условиях довольно долго не разлагаются на безопасные и легко усвояемые продукты. В конечном итоге происходит загрязнение окружающей среды все большим количеством полимерных отходов (различных упаковочных средств, тары и отработанных изделий) [5,6].

ГЛАВА I: ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

I.1. Состояние производства и тенденции мирового рынка полиэтилена

Выпускаемые в мире несколько типов полиэтилена (ПЭ), произведенные по различным технологиям, значительно отличаются друг от друга как по целому ряду присущих им свойств, так и по сферам их применения: ПВД (LDPE) – полиэтилен высокого давления или низкой плотности с показателем плотности до $0,94 \text{ г/см}^3$; ПНД (HDPE) - полиэтилен низкого давления или высокой плотности с плотностью соответственно более $0,94 \text{ г/см}^3$; ЛПЭ (LLDPE) – полиэтилен линейный низкой плотности с плотностью до $0,94 \text{ г/см}^3$.

Основными сферами применения полиэтилена высокого давления в производстве различных материалов является производство пищевых, сельскохозяйственных, технических пленок, а также изоляции трубопроводов. Полиэтилен же низкого давления используется в большей степени для производства упаковки и тары [7]. Около 30% производимого полимера применяется для выпуска контейнеров методом выдувного формования (емкости для продовольственных товаров, парфюмерии и косметики, химикатов бытовых и для автомобилей, баков и бочек для топлива).

Применение ПНД для выпуска упаковочных материалов, в частности пленок, также растет высокими темпами. Широкое применение находит ПНД в производстве труб и разных элементов трубопроводов. Одним из видов ПНД является полиэтилен с очень высокой молекулярной массой и высокой плотностью (СВМПЭ, UHMWP), у которого более высокая прочность и износостойкость и применяющийся в военной промышленности, в том числе в производстве бронежилетов и шлемов, а также в транспортных средствах, судостроении, производстве машин и аппаратов и др.

Быстро развивается производство и объемы потребления линейного полиэтилена. Больше всего его применяют при выпуске стретч-пленок, используемых в автоматическом и ручном пакетировании, в производстве

медицинских пакетов. Пленки, выработанные из этого материала, получают наиболее тонкими и имеют хорошие прочностные характеристики.

Исходя из типа используемого в процессе производства сополимера, различают три вида линейного полиэтилена — полиэтилен бутеновый (ЛПЭ С4), гексеновый (ЛПЭ С6) и октеновый (ЛПЭ С8), различающиеся по прочности. Наиболее прочным и дорогостоящим является ЛПЭ С8. В последнее время широкое распространение получила технология с применением так называемых металлоценовых катализаторов. Свойства, которые отличают металлоценовый полиэтилен линейного строения (мцЛПЭ, mLLDPE) — это большая ударопрочность, прекрасные изоляционные свойства, пониженная экстрагируемость, что позволяет применять его в целях ламинирования различных материалов, возведения парников или для других нужд, где есть потребность в пленках повышенной прочности. Наряду с ним, производится и полиэтилен сверхнизкой плотности, имеющий высокую эластичность (ULDPE).

Кроме того, к подгруппе товаров «этиленовые полимеры в первичных формах» относятся функционализированные и специальные сополимеры этилена, а также модифицированные полиэтилены. Сюда причисляют: сополимеры этилена и винилацетата (сэвилен, EVA), продукты совместной полимеризации этилена и этилакрилата (ЭЭА, ЕАА), этилена и акриловой кислоты (ЭАК), сополимеры этилена с малеиновым ангидридом, хлорированные полиэтилены и другие сополимеры и композиции на основе полиэтилена, модифицированные с помощью минеральных и полимерных добавок.

Марочный ассортимент перечисленных видов полиэтилена очень широк. Определить структуру спроса на полиэтилен можно с помощью технологий первичной переработки полиэтилена с учетом его назначения. Сюда относятся: экструзия пленочных материалов, литье под давлением (марки для литьевого выпуска тары и других разноразмерных изделий), формование методом выдувания (бутылки, канистры, полиэтиленовые ёмкости), получение труб

экструзией (трубные марки для выработки газовых и водопроводных труб), выработка кабельной изоляции экструзией (кабельные композиции), а также экструзионные покрытия (разные марки для противокоррозионных покрытий труб из стали большого диаметра) и т.д. [8]

Объемы мирового производства рынка полимеров на данном этапе превышают 200 млн. тонн и около 36% его приходится на полиэтилен. В течение последних десятилетий основной акцент был сделан на размещение производства в области с дешевым сырьем, где производится более половины мирового выпуска полиэтилена. В итоге крупными производителями на данный момент являются США и государства ближневосточного региона. Основные производители полиэтилена в этом регионе — это Саудовская Аравия и Иран, на долю которых приходится соответственно 42 и 26% регионального производства.

В международный товарооборот поступает более 50% мирового производства ПЭ. По версии UN COMTRADE всемирная торговля полиэтиленом низкого давления в 2015-м году составила 21,5 миллионов тонн, а полиэтиленом высокого давления — 18 миллионов тонн. Соответственно масштабы внешних приобретений возросли на соответственно 6,5 и 4,7%. Страны, экспортирующие наибольшее количество полиэтилена, это страны Ближнего Востока и Соединенные Штаты Америки. Среди них в 2015-м году поставки Саудовской Аравии на мировой рынок полиэтилена составили около 20%, а поставки Соединенных Штатов Америки около 9%. Самыми крупными странами, импортирующими ПЭ, являются Китай (почти 20% мировых поставок в 2015-м году) и западноевропейские страны.

Необходимо подчеркнуть, что участие Китая в качестве импортера в масштабах мировой торговли возрастает (рост составил почти 4 процента за последнее четырехлетие), но интенсивность возрастания закупок значительно упала ввиду ввода в эксплуатацию заводов-производителей в КНР, а также по причине снижения темпа возрастания внутригосударственного потребления.

В общей структуре мировой потребности в полиэтилене 45% занимает полиэтилен высокого давления, 30% полиэтилен низкого давления и около 23% линейный полиэтилен. Быстрое повышение спроса на линейный полиэтилен объясняется все более широким его применением в упаковочном сегменте. Вообще, около 70% объема мирового выпуска полиэтилена расходуется в упаковочном сегменте и, главным образом, на производство пленок, так как это один из самых крупнозросших элементов мирового производства полиэтиленов, увеличение которого прогнозируется в пределах 4% ежегодно за ближайшее пятилетие. Увеличение объясняется ростом потребления в сельском хозяйстве и пищевом сегменте.

Если на данный момент на долю упаковки приходится около 75% мирового потребления полиэтилена, то аналогичный показатель в строительной сфере составляет порядка 15%, в производстве потребительских товаров — около 4%, а в производстве прочих изделий — 6%. Основные мировые производители полиэтилена — это такие компании и фирмы, как Dow, китайская Sinopec, американская LyondellBasell, ExxonMobil, Borealis, аравийская Sabic и др., производящие самые различные разновидности полиэтилена, в том числе LDPE, LLDPE, EVA, mLLDPE, HDPE, UHMWPE, ULDPE и т.д.[8]

Несложно спрогнозировать, что в ближайшее время резко возрастут производственные мощности в сфере производства полимеров и в первую очередь именно касательно полиэтилена. В период формирования относительно низких цен на нефть в мировом масштабе, передряг во всемирной экономике и уменьшения потребления вышеописанный факт оказал серьезное влияние на соответствующие рыночные сегменты и прибыльность производственного процесса, однако наметившаяся в последнее время стабилизация цен в нефтяном секторе серьезно повлияла в положительном смысле на объемы мирового производства полимеров, в том числе и в Азербайджане.

Были сданы в эксплуатацию новые предприятия по производству полимеров в Индии с годовой производственной мощностью 580 тысяч тонн, в Мексике — более миллиона тонн, в Канаде — более 450 тысяч тонн, на территории Южной Кореи — порядка 240 тысяч тонн, у нас в стране был введен в эксплуатацию завод SOCAR Polymer. Кроме того, еще более повысился объем выпуска полимеров в ближневосточном регионе за счет строительства новых производственных мощностей в Объединенных Арабских Эмиратах (Borouge 3).

Особого внимания заслуживает и иранская нефтяная промышленность: до снятия санкций на Иран в общем объеме мировой торговли приходилось свыше 4%, после же того, как были ликвидированы экономические санкции, наложенные на это государство, оно стало еще более важным игроком как на нефтяном пространстве, так и на рынке обрабатывающей промышленности. Производственные предприятия Исламской Республики Иран выпускают более 4 миллионов тонн полиэтилена преимущественного высокого давления. В 2016-м году здесь было сдано в эксплуатацию предприятие Mahabad Petrochemical, производящее полиэтилен низкого давления и линейный полиэтилен с годовым объемом около 310 тысяч тонн, и не менее продуктивное предприятие Kordestan Petrochemical. Кроме того, к 2020-му году планируется налаживание производства и введение в строй и других предприятий, производящих более трех миллионов тонн полиэтилена в год, а также повышение производства на действующих предприятиях за счет их реконструкции и модернизации [8].

В 2025-м году ожидается повышение производственных мощностей по производству полиэтилена в ближневосточном регионе в объеме 5 миллионов тонн. Есть намерения расширить производственные мощности предприятий, действующих на территории Египта и Алжира.

Заслуживают внимания с точки зрения формирования всемирного рынка ПЭ намерения Китая обеспечить до 2020-го года ввод в эксплуатацию новых мощностей. Как свидетельствует Platts, начиная с 2014-го года в течение семи

лет объем выпуска китайских производителей полиэтилена может повыситься на 13 миллионов тонн с наибольшим ростом продукции на основе сырьевого этилена, полученного от угля по соответствующей технологии. Причем планируется вдобавок к увеличению масштабов выпуска, расширить номенклатуру производимой продукции. К примеру в 2016-м году, а конкретно в марте впервые был налажен выпуск металлоценового линейного полиэтилена низкой плотности (mLLDPE) со стороны China National Bluestar мощностью до 100 тысяч тонн в год. Этот вид полиэтилена является наиболее ускоренно растущим звеном производства полиэтилена в мире.

Увеличение мирового производства этой разновидности полиэтилена на территории Азии связано и с запуском в 2015-м году предприятия Mitsui Chemicals на территории Сингапура с годовой мощностью до 300 тысяч тонн и в 2017-м году завода PT Lotte Titan Chemical в Индонезии с годовой мощностью до 400 тысяч тонн. К 2020-му году ощутимого возрастания производства ждут в Соединенных Штатах Америки. Например, компания ICIS Consulting ожидает, что в 2025-м году в Соединенных Штатах Америки общий объем выпуска полиэтилена низкого давления повысится с настоящих 7,1 миллионов тонн до 10,4 миллионов тонн. Наиболее крупными производителями в данной области по-прежнему являются ExxonMobil с мощностью 1,3 миллиона тонн полиэтилена премиум и Chevron Phillips с мощностью 1 миллион тонн полиэтилена высокой плотности и линейного полиэтилена низкой плотности. В результате объем экспортированной продукции к 2025-му году может вырасти с 700 тысяч тонн до 2,4 миллионов тонн.

Есть ожидания и по увеличению производства полиэтилена низкого давления и линейного полиэтилена. К значительным факторам, действующим на конкурентную способность производственного процесса, относится разновидность вещества, являющегося сырьем в полиэтиленовом производстве. В качестве исходного сырья в производстве газа этилена выступают нефть,

этан, отдельные фракции некоторых легких углеводородов, УВ-газы в виде жидкостей и уголь в китайской технологии.

Сырьем для производства этилена в европейских странах и в странах Азиатско-Тихоокеанского региона является, в основном нефтя. В Соединенных Штатах Америки сырьевой базой для производства этилена являются не нефтепродукты, а газ этан, что снижает затраты на производство конечного продукта – полиэтилена и повышает конкурентоспособность товара американских производителей на всемирном пространстве. Во времена невысокой стоимости нефти достоинство этого вида сырья немного понизилось, но стоимость выработки этилена в Соединенных Штатах Америки по-прежнему одна из наиболее заниженных на планете и проигрывает только этилену, производимому саудовцами.

На пространстве Евросоюза ситуация совершенно иная. В европейских странах имеет место склонность к оптимальному размещению и ликвидации некоторых производственных предприятий. В период с 2013-го по 2015-й год прекратили производство предприятие немецкой Lyondellbasell с годовой мощностью сто тысяч т. полиэтилена низкого давления, предприятие итальянской Versalis с годовой мощностью сто пятьдесят тысяч т. линейного полиэтилена высокого давления и столько же просто ПВД, предприятие голландской Total с годовой мощностью семьдесят тысяч т. полиэтилена низкого давления, а также предприятие немецкой Borealis с годовой мощностью сто семьдесят пять тысяч т. полиэтилена высокой плотности.

Временное прекращение производства на заводах в форс-мажорных ситуациях наблюдалось и в первых месяцах 2016-го года. Например, сезонные забастовки, имевшие место на просторах Франции, послужили причиной остановки пары заводов компании INEOS и одного предприятия Total Petrochemicals. Форс-мажорные ситуации также привели к нехватке в Евросоюзе ПЭ в тот же период, и, следовательно, соответствующее повышение цены в сравнении с мировыми. К примеру, апрельская цена на тонну

линейного полиэтилена низкой плотности составила 1320 евро, правда потом она упала из-за увеличения масштабов ввозимой продукции. Похожая обстановка наблюдалась и в первых шести месяцах 2015-го года. И тут непредвиденно большое число планируемых и внеплановых застоев способствовали ощутимому повышению цены [8].

Обстановка на пространстве Европы способствовала изменению направленности товаропотоков всемирного пространства: производители из стран Ближнего Востока и Турции повысили объемы экспортной продукции и в результате цены на продукцию снизились. Самые важные тренды всемирного рынка полиэтилена последнего периода — это увеличивающиеся перепады цен и их несоответствие стоимости на нефть. Кроме того, повышались отличия в цене в разных регионах, что повышало заинтересованность зарубежных и в особенности крупных поставщиков в европейских рынках.

Стоит признать, что второе полугодие 2014-го года ознаменовалось отрицательной динамикой цен, следовавшей, прежде всего, за ощутимым снижением цен на нефть. За какие-то шесть месяцев стоимость ПЭ сократилась чуть ли не вдвое. В 2015-м году снижение производства в условиях неизменяющегося спроса в какой-то промежуток времени повлекло поднятие цен, но далее процесс потери цены вновь дал о себе знать. Металлоценовый линейного строения полиэтилен — это самый дорогостоящий его вид из общего разнообразия всех видов и разновидностей полиэтилена.

С увеличением выпуска и потребления полимеров возрастающую важность обретает повторная обработка. Причиной этому служит повышение требований и введение правил, связанных с охраной природы, а также с повышением цены сырьевого материала. Относительно «чистые» материалы применяются для выпуска внешней изоляции для кровли, вспомогательных изделий строительного назначения, пленочных материалов непродовольственного назначения, определенных типов трубных материалов. Применяемый на военных полигонах ПЭ используется в георешеточном,

геомембранном производстве, производстве некоторых видов тары и других материалов.

На современном этапе из общего производства порядка 16 миллионов тонн около 6% производимых на планете пластмасс идет на вторичную переработку, однако эти цифры неизменно увеличиваются. Например, на территории России главным перерабатываемым материалом является твердый полиэтилентерефталатный упаковочный материал. Одновременно на мировом пространстве самый обширный вторичный материал — это ПЭ. Он занимает порядка 39% в мировом производстве вторично перерабатываемых пластических масс. К примеру, при выпуске дизельного топлива, а именно так называемого топлива из пластмассы самое целесообразное сырье для рециклинга — это полиэтилен [8].

Идет работа и в направлении представления способов выпуска твердого горючего на основе комбинирования выбросов пластикового производства (ПС, ПЭ, ПП и др.) с образованием брикетированной продукции. Но все же главные тенденции в области вторичной обработки — это получение обновленного сырья и выпуск пара, а также электричества посредством поджега выбросов. В то же время, по заявлениям экспертов, в ряде стран в качестве главного поставщика вторичного ПЭ служат отходы в торговле, например, пленочные отходы в магазинах и т.д.

Необходимо отметить, что во всем мире довольно продолжительное время быстро расширяется переработка бытовых отходов и прежде всего посредством выборочного разделения отходов. Наиболее широкое распространение процесс повторной обработки пластических масс получил в наиболее развитых европейских и американских государствах, в Японии и Китае. В частности, процесс рециклинга в европейских странах касательно всех разновидностей пластмасс переваливает за год за 6 миллионов тонн. Годовой товарооборот полиэтилена в мире, полученного путем повторной обработки,

доходит до 4,8 - 4,9 миллионов тонн, что делает почти 14% от годового товарооборота первичного полиэтилена [8].

В свое время уменьшение стоимости нефти и отклонения в ценах на полиэтилен первичной обработки стали причиной определенного уменьшения товарооборота на рынке повторной обработки пластмасс. Так, по данным 2015-го года годовой товарооборот вторичных пластиков снизился на 2%, а в массовом эквиваленте составил 4,9 м.т. Несмотря на это, далее эта тенденция не сохранилась и повышенная забота об экологии Вселенной в указанных выше странах дает возможность прогнозировать некоторое повышение рециклинга полимерных материалов впоследствии.

В то же самое время, затруднительно называть экологическую составляющую основным толчком к повышению объемов рециклинга. Здесь главной первопричиной можно назвать как повышение потребности со стороны гигантского китайского рынка, так и снижение стоимости не только сырой нефти, но и сырьевых материалов, получаемых на ее основе. По-прежнему, главным поставщиком ПЭ вторичной переработки служат европейские государства, которые поставляют свыше 50% мирового товарооборота. Это легко объясняется очень широкой инфраструктурой, где собирают отходы с последующей сортировкой.

I.2. Строение, свойства и получение полиэтилена

Получение полиэтилена ((CH₂—CH₂)_n) датируется 1933-м годом. Его получают посредством полимеризации газа этилена (CH₂ = CH₂). Существует два основных промышленных способа получения полиэтилена: с использованием низкого давления в случае получения полиэтилена высокой плотности и с использованием высокого давления в случае получения полиэтилена низкой плотности. Перечисленные разновидности полиэтилена различаются по своим свойствам. ПЭ низкого давления отличается

повышенными прочностью и твердостью, а ПЭ высокого давления — повышенными эластичностью и морозостойкостью. ПЭ, синтезированный методом полимеризации в растворе, по ряду свойств на полиэтилен, синтезированный блочным методом, но несколько проигрывает с точки зрения диэлектрических свойств.

Молекулярная масса полиэтилена колеблется в интервале 10000-400000. Его можно охарактеризовать как не имеющее цвета, в случае тонкого материала полупрозрачное, а в случае более толстого материала практически белое, твердое, а также воскообразное вещество, которое плавится при 110-125 градусах по Цельсию. У него хорошая химическая стойкость, он непроницаем для воды и практически непроницаем для газов. Он находит широкое применение как материал для электроизоляции, из него получают пленки, служащие для упаковки. Его очень часто используют как сырье для производства легкой, стойкой к ударам посуды, из него получают шланги и трубы, стойкие к агрессивным средам [9]. Единичные показатели различных свойств ПЭ тесно связаны с методикой, на основании которой он получен, к примеру плотность полиэтилена, полученного при высоком давлении, меньше по сравнению с ПЭ низкого давления, как и его молекулярная масса (9000 – 40000 против 65000 – 420000). Для производства товаров, контактирующих с продовольственными товарами, пригоден только ПЭ низкой плотности, потому что в ПЭ высокой плотности могут быть следы катализатора, а именно веществ на основе металлов, вредных здоровью людей.

Полимерной промышленностью производится два вида ПЭ: ПЭ высокого давления, который вырабатывают в условиях повышенного давления (порядка 1500-2000 атмосфер) и ПЭ низкого давления, который производят в условиях очень низких показателей давления порядка 4-5 атмосфер и менее. Способы получения полиэтилена непосредственно влияют и на показатели их свойств. Так, ПЭ высокой плотности обладает более высокой твердостью и теплостойкостью по сравнению с ПЭ низкой плотности и потому его

целесообразно применять для производства жесткой конструкции и разной продукции технического назначения. Напротив, ПЭ низкой плотности предпочтительно использовать в качестве сырья для пленочных материалов и других бытовых товаров.

На практике в случае применения полимеров в виде порошка очень часто получают однокомпонентные пленки, состоящие из одного слоя. Это значительно упрощает процесс выработки, но негативно отражается с точки зрения качества. В самом деле, далеко неоднозначно, что качественные показатели конкретного полимера снабжают покрытие нужными потребительскими свойствами. К примеру, полимеры, являющиеся низкомолекулярными, дают покрытия, обладающие пониженными внутренними перенапряжениями, но их твердость, в том числе и поверхностная оставляют желать лучшего, что неприемлемо, когда речь идет о верхних слоях покрывных материалов.

Некоторые химически стабильные полимеры, имеющие высокие показатели химических и физико-механических свойств (ПЭ, поливинилхлорид, полиамид и т.д.) имеют пониженную адгезию. Использование грунтовых покрытий в качестве первичных способно ликвидировать подобный минус. Так как алифатические углеводороды не имеют функциональных групп, эти соединения не наделены явными способностями адгезии. Помимо того, что полиэтилен не наделен свойством адгезии, его, можно сказать, невозможно склеить с помощью большинства известных клеевых веществ. Чаще всего он находит применение в качестве ингредиента клеев в виде расплава [9].

Полиизобутилену с боковыми разветвлениями присуща адгезионная способность и способствует этому увеличение эластичности цепей макромолекул и снижение плотности их расположения. Но прочность соединения веществ, основным компонентом которых является полиизобутилен, не очень велика, и, в основном, он используется для

производства адгезионных бумаг, лент, его дополнительно вводят в адгезионные смеси.

Сополимеры этилена и пропилена объединяют в себе характеристики ПЭ высокого и низкого давления. Им присуща теплостойкость, прочность, сходная с полиэтиленом низкого давления и в то же время эластичность полиэтилена высокого давления. Таким сополимерам свойственна высокая стойкость к образованию трещин. Такие сополимеры получают в присутствии металлоорганических катализаторов с применением условий, идентичных условиям получения ПЭ высокой плотности [10].

Таким путем создали также соединения с улучшенными свойствами посредством прививки к ПЭ боковых ветвей полистирола. Блок-полимеризацию осуществляют путем разрыва двух разных полимеров на более короткие составляющие, к примеру во время экструзии или вальцевания, после чего образовавшиеся блоки соединяют с получением полимера, включающего чередующиеся участки двух различных соединений.

Точно также, чтобы получить полимер с очень высокой стойкостью к действию истиранием, применяют процесс взаимодействия каучуков и эпоксидных смол. А, к примеру, посредством взаимодействия каучука с полистиролом получают ударопрочный полистирол, очень стойкий к большим ударным нагрузкам, который выдерживает их без образования трещин. Другим способом блок-полимеризации является взаимодействие конечных функциональных групп различных полимеров либо взаимное присоединение макромолекул двух полимеров. Полиэтилен последних двух типов (полиэтилен низкой плотности) имеет линейную структуру, высокую степень полимеризации до 60000 и более высокую температуру плавления (почти на 20°C), нежели полиэтилен низкой плотности, имеющий разветвленную структуру.

Реакция полимеризации этилена при повышенном давлении — это цепная реакция, которая идет с образованием свободных радикалов и с отдачей

повышенной теплоты. Факторами, влияющими на процесс получения полиэтилена из этилена, а также на свойства получаемого полиэтилена являются давление, температура, время полимеризации, а также концентрация инициатора. Увеличение давления приводит к повышению молекулярной массы, механической прочности, плотности полиэтилена, а также степени конверсии этилена в полиэтилен. Увеличение же температуры приводит к падению степени конверсии, хотя остальные вышеперечисленные показатели повышаются. Если же увеличивать концентрацию кислорода, то можно наблюдать уменьшение молекулярной массы и повышение степени конверсии полимера. Рациональная продолжительность процесса то 1 до 3 минут, более продолжительное его течение не обеспечит повышенную конверсию мономера в полиэтилен [11].

Свойства полиэтилена высокого давления значительно отличаются от свойств полиэтилена, получаемого с применением катализатора Циглера. У него ниже как плотность, так и температура плавления. Имелась версия объяснения этого тем, что такое состояние имеет связь со степенью разветвления макромолекул полимера, полученного в условиях высокого давления.

Опытные образцы сополимера этилена и пропилена и полиэтилена среднего давления обладали большим количеством относительно крупных частичек, чем промышленный ПЭ высокой плотности. Стабилизаторами в данном случае служили разновидность неозона и сажи. Механизм распыления указанных смесей по специфике и скорости работал так же, как и в случае напыления порошковой смеси из полиэтилена высокой плотности.

Свойства произведенных материалов могут несколько различаться из-за разницы в количестве мономерных звеньев или степени полимеризации макромолекулы получаемого полимера. К примеру, если степень полимеризации полиэтилена менее 20, то он представляет собой жидкость, если около 2000, то он является твердым и в то же время гибким веществом, а если

степень полимеризации доходит до 5-6 тысяч, то это уже твердый, жесткий материал, из которого можно получать трубы, литые изделия и т.п.

Как показывают рассмотренные выше способы получения полимеров и характер их строения, их химическая природа не сильно отличается от идентичных характеристик низкомолекулярных продуктов, в частности химическая природа полиэтилена, полипропилена и остальных производных алифатических углеводородов не отличается принципиально от этана, пропана, парафинов, а также их производных. Разницу их свойств обуславливают очень большая длина молекул полимеров, которая во много раз превышает даже длину больших молекул относительно низкомолекулярных полимеров или олигомеров. И в результате этого полимеры приобретают особые физико-механические свойства [11,12].

Достаточно высокую плотность (около 0,95-0,97 г/см³), повышенную температуру перехода в вязко-текучее состояние (порядка 125-130°C) и высокую кристалличность (87-93%) имеет и полиэтилен среднего давления. Он обладает механическими свойствами, похожими на механические свойства полиэтилена высокой плотности. Его диэлектрические свойства тоже не хуже полиэтиленов, полученных иными способами.

Полиэтилен — это полимер кристаллической структуры со снежно-белым цветом и температурой плавления в зависимости от его разновидности в пределах 110-135°C. Как и в случае со всеми кристаллическими полимерами, наличие аморфных областей сильно влияет на его физические и механические свойства. Полиэтилен довольно легко воспламеняется и образует устойчивое коптящее пламя. В обычных условиях его не растворяет практически ни одно вещество. У него невысокая поверхностная энергия и соответственно вытекающая из этого невысокая адгезионная способность. Чтобы повысить его способность к адгезии, его поверхность часто насыщают смесью хромовых соединений при температуре 70-75°C в пределах временного промежутка около 5 мин.

Из него вырабатывают изделия литьем под давлением, а также листы, пластины, пленки, флаконы, канистры, трубы и волокна. Одним из самых близких к полиэтилену по свойствам, а также по способам синтеза полимеров относится полипропилен, применение которого считается перспективным направлением в химической промышленности [10].

Факторами, оказывающими основное влияние на свойства хлорсульфированного полиэтилена (ХСПЭ) и хлорированного полиэтилена (ХПЭ), являются степень полимеризации, разветвленность макромолекул и соотношение кристаллических и аморфных областей в структуре исходного полиэтилена. Приблизительная молекулярная масса полиэтилена разной структуры при производстве хлорсульфированного полиэтилена должна составлять порядка 25-30 тысяч. Дальнейшее повышение степени полимеризации выше 30 тысяч приводит к повышению жесткости, снижению термопластичности, свойств перерабатываемости синтезируемого хлорсульфированного полиэтилена, увеличиваются остаточные деформации получаемых высокомолекулярных соединений. В то же время вулканизаты снижают свои физико-механические показатели, если получать полимеры со степенью полимеризации менее 17 тысяч.

Чем более однородный с точки зрения молекулярной массы состав имеет органическое соединение, чем более упорядочена его структура, чем больше в нем кристаллических областей, тем лучшие свойства имеет ХСПЭ на его основе. Вышеотмеченные показатели присущи в наибольшей степени полиэтилену низкого давления и потому в последнее время все больше хлорсульфированный полиэтилен получают на основе этой разновидности полиэтилена.

Бок, Джонс, а также Кларк, которые оценивали различные свойства полиэтиленов в сравнении, указывают, что разновидность полиэтилена высокой плотности марлекс 50, который синтезируют по способу Филлипса, по многим

свойствам превосходит не только полиэтилен низкой плотности, но и полиэтилен, полученный методом, предложенным Циглером [11].

Но в еще одной разновидности полиэтилена, синтезированном ранее, результаты спектрального анализа, а также литературные источники показывают, что в них есть большое число винильных групп (не менее транс-виниленовых), в то время, как в описанном выше процессе высокомолекулярному соединению присуща иная пропорция двойных связей с преобладанием транс-виниленовых связей. В данном случае общее количество винильных групп в ПЭ намного выше, нежели в исследуемом полимере. Учитывая это, можно предположить, что второй способ модификации полимерной цепи азотом необходимо иметь в виду в случае радиационной полимеризации мономера с участием NH_3 . Здесь необходимо заключить, что вышеописанных полимеров по большей части идентичны.

ПЭ АС629 Воск, синтезированный на основе нефти Карнаубский воск, имеет повышенную стойкость к коррозии и служит прекрасным материалом, защищающим верх листов, а также труб из металлов от влияния химически активных сред.

Повсеместно распространенным методом за пределами страны является лакировка листовых материалов из металла пластическими массами. Таким образом получают биматериалы или металлопласты, которые в дальнейшем можно с легкостью подвергнуть переработке усиленной вытяжкой, штамповкой, а также механической обработкой. Среди методов соединения материалов такого типа можно выделить фальцовку, соединение посредством заклепок, винтов и с помощью клеевых соединений.

В ряде случаев возможно также применение электросварки. Металлопласты вырабатывать на металлургических предприятиях правильнее в форме полос шириной 90-1700 мм, толщиной 0,6-2,4 мм. С пластиковым слоем 0,1-0,6 мм.

М.В.Перрин рассматривает наиболее ранний этап исследований, послуживших открытию ПЭ в лаборатории крупных предприятий. Эта работа на первом этапе даже в общих чертах не имела никакой связи с исследованием полимеризации либо свойств мономера, а фокусировалась на получении базовой информации о зависимости физических свойств получаемого продукта от давления при получении и о химической эффективности данного процесса. Первоначальной целью процесса, в результате которого был получен полимер, была совместная конденсация этилена и бензальдегида. И только когда открыли автоклав, увидели что бензальдегид как таковой остался без изменений, а внутренняя поверхность автоклава оказалась укрыта нежным твердым пленочным соединением белого цвета. И так как дальнейшее проведение испытаний привело к ряду взрывов, то исследования были приостановлены.

Во второй раз и вновь невзначай это соединение было обнаружено через пару лет. Как указывал сам Перрин, то, что его открытие признали стало наиболее знаменательным событием, оставив в тени самую находку. И как раз компания Imperial Chemical Industries возвела сначала не очень большое предприятие, получив патент на производство ПЭ в качестве нового открытия в Соединенных Штатах Америки и в таких странах Европы, как Франция и Англия [11].

Общеизвестно, что полиэтилен — это «основоположник» всех полимеров алифатического ряда. И несмотря на то, что его состав подвержен незначительным изменениям, к примеру, здесь может иметь место определенная неопределенность, несложность его строения предопределяет ряд его основополагающих свойств. Говоря о других представителях алифатического ряда углеводов, тут можно отметить полиметилен, который получают в результате разложения диазометана, а также соединения, получаемые методом ГайдроЯолз и Фишера-Тропша, вещества, полученные путем распада остальных диазоуглеводородов.

Так как заключительный случай — это пример полимера алифатического ряда с беспорядочными разветвлениями, то особого внимания заслуживают полимеры, которые синтезировал Котман путем восстановления ПВХ. Такие высокомолекулярные соединения напоминают полиэтилен по ряду физических свойств. Инфракрасная спектроскопия таких соединений тоже подтверждает сказанное. Совсем другая картина имеет место, когда речь заходит о пропорции метильных групп и метиленовых, которая составляет приблизительно 1000. Небольшие значения этого показателя, особенно по сравнению с идентичными показателями у практически всех разновидностей полиэтиленов говорят о более разветвленной структуре поливинилхлорида в отличие от полиэтилена. Литературные источники не указывают плотность таких соединений.

На молочные бутылки часто наносят большой слой парафина, что способствует не только образованию гидрофобного слоя, но и повышенной прочности. В отличие от них, упаковки, предназначенные для замороженных товаров, подвергают более тщательной пропитке. Парафин, имеющий кристаллическое строение, является основным сырьевым материалом для нанесения на бумагу, однако на данном этапе практикуется его комбинация с церезином, с рядом других добавок, в том числе и с самим полиэтиленом, чтобы добиться предпочтительных свойств. К примеру, обыкновенный парафин при пониженной температуре очень ломкий и потому, чтобы сообщить ему необходимую гибкость, добавляется в определенных количествах нехрупкий церезин. Как результат получается материал, который с успехом может применяться в производстве упаковки продовольственных товаров, в том числе замороженных [11].

Имеется возможность использовать и пониженные показатели давления в том случае, ежели как катализатор применяется смесь алкилалюминия и тетрахлорэтана, хромоксида с носителем, кобальта, а также никеля с углем древесным или некоторых других соединений. В то же самое время высокомолекулярные соединения обладают наиболее выраженным линейным

строением. Идентичным путем возможен и синтез полипропилена. Сополимеры с высокой степенью полимеризации также могут быть синтезированы на основе этилен-пропиленовой, а также этилено-бутеновой композиции. Более всего в полиэтилене подкупают прекрасные диэлектрические свойства, высокие показатели стойкости к агрессивным средам, несложность переработки, легкость, высокие упругие свойства, которые позволяют его использовать с самой разнообразной целью [13,14].

Широко применяется и производство полиэтиленовых компаундов с разными красителями, а также с сажей с целью производства цветных материалов, усовершенствования механических свойств полимера. В процессе компаундирования используются концентрированный ПЭ с применением разных красящих веществ, сажи. Этот этап имеет место в специальных шкафах или камерах для обогрева, которые используются и на стадии гомогенизации. Перед упаковочным этапом у свежеработанного гранулированного ПЭ любого цвета снижают температуру и моют водой на специальных установках.

На аппарате, где происходит компаундирование половина всего выработанного полиэтилена будет иметь черный цвет, а остальная часть — разную расцветку. Основное назначение ПЭ черной расцветки состоит в выработке трубных изделий, а других цветов — в получении кабельной продукции и потребительских товаров различного назначения.

Промышленность практикует различные способы синтеза полиэтилена. Сначала в промышленности полиэтилен получали путем воздействия температуры порядка 200°C, а также давления 1100-2000 атм., а в качестве инициатора вводили кислород малыми порциями. Но впоследствии и по сей день ПЭ синтезируют под воздействием меньшего, в том числе и атмосферного давления с применением ускорителей реакции. Хороший эффект дало использование как ускорителя реакции триэтилалюминия в комбинации с другим катализатором хлоридом титана. Кроме них, в литературных источниках представлены и другие катализаторы, в том числе и с

дополнительным покрытием. Применяя различные условия синтеза и меняя выбор ускорителя реакции можно выработать полиэтилен, имеющий различные значения степени полимеризации, разные выраженность разветвленности структуры, количество кристаллических областей, а также отличные друг от друга свойства.

Высокая гибкость цепей макромолекул и соответственно эластичность продукта обуславливаются подвижностью молекул веществ линейной структуры, повышенной прочностью цепочек макромолекул и относительно небольшими значениями связей, соединяющих макромолекулы. Большинство высокомолекулярных соединений такого типа довольно хорошо растворяются в большинстве растворителей, а более плотная укладка макромолекул в структуре полимера непосредственно оказывают влияние как на химические, так и на физико-механические показатели. Более плотное расположение макромолекул приводит к возрастанию межмолекулярных связей и, как следствие, к увеличению температуры перехода в эластическое и вязкотекучее состояние, прочности материала, показателя плотности, а также к снижению уровня растворимости. Целесообразнее всего в производстве пленки и различного типа волокон применять высокомолекулярные соединения линейной структуры (в частности, ПЭ, полиамиды и т.п.) [11].

Применение компаундов из самых разнообразных сырьевых материалов, которое дает возможность получать большое разнообразие парафинов, уже внедряется в соответствующих отраслях промышленности. Например, на производство синтетических жирных кислот направляют парафины твердой природы, в которые добавляют продукты, оставшиеся после перегонки парафинообразных углеводородов жидкой консистенции. Последующие тенденции в производстве парафинообразных твердых углеводородов должны строиться вокруг создания смесей, включающих различные парафины с температурами перехода в вязкотекучее состояние 50-60°C. Вполне возможно, что возникнет необходимость в создании технологии комбинации парафинов с

такими соединениями, как ПЭ и воск на его основе, церезин, каучуки и другие высокомолекулярные материалы, которые могут усилить их определенные характеристики.

Как правило, комбинация парафинов с воскообразным ПЭ и с церезином осуществляется при температуре 75-110°C в специальных смесительных установках, в которых предусмотрен нагрев с помощью пара. Такие комбинации в процессе гидролиза образуют сочетание углеводородов, в макромолекуле которых содержится четное количество атомов углерода, а смеси ПЭ и полиизобутилена предварительно перемешивают при помощи каландровых установок, валов или др.

В случае же использования комбинации этиленового мономера с трипропилалюминием, получаемые соединения будут содержать нечетное количество углеродных атомов. Подобным образом Циглер и Натта синтезировали ПЭ со степенью полимеризации порядка нескольких тысяч.

Создание высокомолекулярных веществ такого типа являлось, можно сказать, определяющим фактором с точки зрения качества полимерных материалов. Вместе с тем, физические характеристики полиэтилена, синтезированного в условиях повышенного давления и синтезированного с использованием пониженного давления, в некоторой степени различны [11].

Восстановление ПВХ с использованием литийалюминийгидрида при соблюдении определенных условий не приводит к распаду молекул высокомолекулярного соединения, а также к модификации его формы. В свою очередь, длинные цепи молекул ПВХ, который использовали при производстве ПЭ, имели разветвления значительной длины, хотя плотность распределения этих разветвлений была невысока. Те же самые разветвления можно также наблюдать и в синтезированном из этого ПВХ полиэтилене, что позволяет добиться характеристик, идентичных характеристикам ПЭ, полученного в условиях повышенного давления.

Когда речь заходит о гетерогенных мембранных электродах, необходимо указать, что не во всех случаях имеется возможность произвести полностью гомогенную мембрану. Намного проще произвести мембранный гетерогенный электрод путем внедрения тонкодисперсного соединения с определенными характеристиками в состав инертной мембраны на основе пластических масс (так называемую матрицу). В свою очередь, необходимо, чтобы матрица была механически прочной и нереакционноспособной с химической точки зрения. Как связующее соединение могут использоваться парафин, ПЭ, определенные виды каучуков, полистирол и некоторые другие соединения. Например, силиконовый каучук обладает прекрасной водонепроницаемостью, высокоэластичен и практически не обладает способностью набухать в воде.

Бумага представляет собой материал малой толщины волокнистого строения, основу которого составляют крепко соединенные друг с другом целлюлозные волокна. На данном этапе используются порядка 190 разновидностей бумаги. Кроме того, из бумаги могут изготавливаться разнообразные товары и изделия. Например, бумажный материал в композиции с битумом используют в производстве труб, с успехом заменяющих трубы из керамики, металла и трубы из асбеста и цемента. Простые обои, на которые нанесен нетолстый слой ПВА пленки, пригодны для мытья водой с чуть повышенной температурой [11].

Обработка бумаги высокомолекулярными синтетическими соединениями (на основе фено- и аминокальдегидных смол, ПЭ и др.) позволяет заметно изменить и значительно усовершенствовать ее характеристики. Такой материал уже можно использовать как материал конструкционного назначения, применять в строительной практике при получении штукатурки, отделывать стены, производить обои с разной цветовой композицией, товары для покрытия кровли, возведения перегородок внутри здания и др.

Всем знакомый материал, именуемый фибра, вырабатывают методом пропитывания крепким раствором $ZnCl_2$ бумаги с крупными порами.

Потребительские, в том числе и эксплуатационные характеристики фибры даже превышают показатели таких материалов, как целлулоид, пластмассы с наполнителем из текстильных материалов, винипласт и органическое стекло. Путем обработки картона битумным материалом получают рубероид, не пропускающий воду и тепло, стойкий к действию кислот и массово используемый как материал для кровли.

Методом синтеза полипропилена, имеющего формулу $[-CH_2-CH(CH_3)-]_n$ и полиизобутилена с формулой $[-CH_2-C(CH_3)_2-]_n$ является ионная полимеризация в первом случае пропилена, а во втором — изобутилена. Однако в роли катализатора при получении полипропилена выступают катализаторы Циглера-Натта, а при получении полиизобутилена используют соединения галогенов – хлориды, бромиды и др.

С точки зрения химических свойств полипропилен и полиэтилен похожи друг на друга, но у полипропилена выше механическая прочность и это дает возможность использовать его в производстве трубных материалов для подачи воды разного радиуса, высокоэстетичных товаров для облицовки, стойких к коррозионному разрушению [9,10]. Большую роль в строительстве имеют пленки на основе полипропилена, которые служат хорошим водоизоляционным материалом. В определенных видах работ практикуется получение особых асфальтов с использованием порошкообразного полипропилена, так как это ощутимо влияет на его свойства, повышает срок его службы и придает повышенную теплостойкость. Его используют и как армирующий компонент в составе вяжущих материалов. В данном случае производимый материал строительного назначения по своим свойствам напоминает асбестоцемент, однако производственный процесс более экологичен и безопасен, так как асбестовая пыль при этом отсутствует.

Совместная полимеризация таких простых веществ, как пропилен и этилен проводится с использованием катализаторов Циглера и Натта. Они же используются и в качестве катализаторов при их синтезе как отдельных

полимеров. Проводимая сополимеризация бывает статистического характера, что является ее специфической чертой. Мономерные звенья в этилен-пропиленовом совместном полимере не имеют упорядоченного расположения, поэтому метиленовые группы в них расположены атактично. Такой совместный полимер обладает повышенными эластическими характеристиками, хотя соответствующие гомополимеры, синтезированные с применением тех же катализаторов, обладают высокой степенью кристалличности, имеют упорядоченное, в том числе изотактическое и синдиотактическое расположение мономерных звеньев в макромолекуле и жесткую структуру [2]. При этом гибкость и эластические свойства молекул полимера обуславливаются нерегулярностью структуры и хаотическим чередованием мономерных звеньев в пределах макромолекулы.

С ранних пор известно, что мономерные углеводороды обладают высокими диэлектрическими свойствами. В частности, парафин является прекрасным диэлектриком и повышенные показатели объемного удельного сопротивления около 9 ом·см. Как диэлектрики жидкой консистенции повсеместно известны конденсаторные, трансформаторные и иные масла нефтяного происхождения, которые являются композицией разнообразных углеводородных соединений. Исходя из описанного ранее, синтезированные углеводороды с большим числом молекул имеют и высокие показатели электроизоляционных свойств, так как их строение не подразумевает полярные группы в составе.

В то же самое время, высокая степень полимеризации у синтезированных полимеров, а также специфика их надмолекулярной структуры обеспечивает им свойства, которые низкомолекулярным продуктам идентичного химического строения не присущи. Так, ПЭ и синтезированный впоследствии полипропилен, в отличие от низкомолекулярного парафина, обладают намного большей температурой перехода в вязкотекучее состояние, повышенной твердостью, они

в противовес мономерам обладают хорошей эластичностью, прочностью на растяжение, изделия из них можно вырабатывать экструзией и т.д.[11]

При этом синтез полиэтилена, обладающего сшитой структурой, методом вулканизации обходится недорого и это целесообразнее в технологическом плане в отличие от облучения. Полиэтилен, полученный методом вулканизации, производят под модификацией HFDB в разных композиционных вариациях исходя из целей его применения. С целью применения в пределах закрытых пространств возможно использование материала на основе полиэтилена, прошедшего вулканизацию и не имеющего стабилизатора, который великолепно изолирует электрический ток. Когда же речь заходит об открытых пространствах, используется полиэтилен, включающий в качестве стабилизирующего компонента сажу. Использование даже малых количеств высокодисперсной сажи дает возможность добиться получения полиэтилена разновидности HFDB-4204, который имеет отменные электроизоляционные свойства и повышенную сопротивляемость действию атмосферных факторов. Возможно применение кабелей, имеющих подобную изоляцию, в устройстве систем вторичного подключения при определенных параметрах напряжения как в толще земли, так на открытых пространствах [5,13].

I.3.Разновидности и применение полиэтилена

Обозначения полиэтилена на рынках различных стран может различаться, но наиболее часто практикуемые промышленностью варианты обозначений следующие: ПЭ (полиэтилен), PE (полиэтилен), ПЭНП, ПЭВД, LDPE, PELD, а также PEVD (различные варианты обозначения полиэтилена высокого давления или, что то же самое, полиэтилена низкой плотности), ПЭНД, ПЭВП, PEHD или же HDPE (полиэтилен низкого давления, по-другому полиэтилен высокой плотности), MDPE, PEMD, ПЭСП (различные обозначения полиэтилена средней плотности), VLDPE (полиэтилен с очень низкой плотностью), ULDPE (полиэтилен, обладающей сверхнизкой плотностью), LMDPE (полиэтилен

средней плотности, линейный), ЛПЭНП, LLDPE, а также PELLD (разновидности линейного ПЭ низкой плотности), PEHMW, VHMWPE или же HMWPE (полиэтилен так называемый высокомолекулярный), UHMWPE, PEUHMW (полиэтилен сверх-высокомолекулярный), HMWHDPE (высокоплотный полиэтилен высокомолекулярный), XLPE, PEX (полиэтилен со сшитой структурой), UHMWHDPE (высокоплотный полиэтилен ультравысокомолекулярный), EPE (вспененный полиэтилен), PES, а также SPE (ПЭ хлорированный) и MPE или же mLLDPE (ПЭ линейный низкой плотности металлоценовый) [15].

Общепринятые обозначения полиэтилена, полученного суспензионным методом, включают сам материал (ПЭ), восемь цифр, которые свидетельствуют непосредственно о марке полиэтилена, и наименование нормативно-технического документа, требований которого придерживались при производстве полимера.

Если обозначение полиэтилена начинается с цифры 2, то это говорит о том, что реакция полимеризации при синтезе полиэтилена происходит в присутствии металлоорганических ускорителей реакции комплексного типа под пониженным давлением. Далее идут цифры, свидетельствующие о порядковом номере конкретной марки полиэтилена. Равномерность распределения по массе (гомогенность) ПЭ отражается в четвертой цифре. Когда вырабатывают полиэтилен высокой плотности, его относительной гомогенизации способствует холодное смешение и указывает на это цифра 0. В пятой же по счету цифре находит отражение показатель плотности ПЭ: наименее плотный полиэтилен с плотностью 0,930-0,940 г/см³ обозначается цифрой 6; более плотный (0,940-0,947) — цифрой 7; полиэтилен с плотностью от 0,948 до 0,959 г/см³ — цифрой 8, а самый плотный полиэтилен данной группы с показателем плотности в г/см³ от 0,960 до 0,970 обозначают цифрой 9. При этом в качестве градации плотности конкретной марки ПЭ принимается усредненный показатель. Далее следует число, которое пишется через тире и

отражает специфичную характеристику текучести полимера представленной марки, помноженную на десять. Например, если ПЭ имеет условное обозначение 21008-75 и вырабатывается по ГОСТу 16338-85, это означает, что он синтезирован суспензионным способом при пониженном давлении, его базовая марка имеет порядковый номер 10, плотность его в г/см³ может колебаться от 0,948 до 0,959, полимер гомогенизирован методом холодного смешения, а средняя характеристика текучести расплава у него составляет 7,5 г за 10 минут [15].

При выражении композиционного полимера, в частности ПЭ высокой плотности, в составе которого отсутствует красящее вещество, используют название полимера (полиэтилен), указывают конкретную марку, состоящую из трех цифр, состав других компонентов после тире и указывают стандарт, требования которого были соблюдены.

Если полиэтилен, выработанный в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 16338-85, обозначен, как ПЭ 210-04, это означает, что данная композиция полиэтилена, полученного суспензионным методом при пониженном давлении, имеет основную марку 21008-075 и содержит согласно рецептуре 04 добавочные компоненты. Если же композиция синтезированного полиэтилена получена по рецептуре 70 в газовой фазе при пониженном давлении с применением дополнительных веществ и имеет марку 271, то он указывается, как ПЭ 271-70 и производится по ГОСТу 16338-85.

Композицию ПЭ высокой плотности, в котором содержатся красящие вещества, указывают в виде названия полимера (полиэтилен), к которому дополняют 3 цифры, подтверждающие его конкретную марку, а после тире указываются номер состава дополнительного вещества, если оно имеется, после запятой идет название цвета, а дальше в виде трех цифр условный номер красящего вещества и стандарт, по требованиям которого произведен полимер.

ПЭ высокой плотности с конкретной маркой 21008-075, при производстве которого использовалось красное красящее вещество и применена рецепт. 101,

указывают, как ПЭ 210, после чего следуют название цвета, номер рецептуры и государственный стандарт 16338-85.

Полиэтилен высокой плотности, полученный способом суспензионной полимеризации, выпускают под конкретными марками, начиная с 20108-001. В названии базовой марки высокомолекулярного соединения третья по счету цифра, а также последние три цифры меняются в зависимости от условий получения и конкретной рецептуры добавки. Что касается конкретных марок полиэтилена высокой плотности, синтезированного в газовой фазе, то они обозначаются цифрами от 271-70 и выше и в зависимости от разновидности в качестве первых трех цифр могут указываться 273, 276 и 277, а диапазон изменения последних двух цифр более широк [16].

Краткое указание ПЭ низкой плотности российского производства включает в себя наименование полимера, 8 цифр, сорт разновидности и номер стандарта, которого придерживались в процессе производства.

Если в качестве первой цифры указана единица, значит реакция синтеза мономера шла в условиях повышенного давления в реакторах трубчатого типа либо со специальной мешалкой и применялись инициаторы соответствующего типа.

Последующие две цифры указывают на марку полиэтилена. В четвертой цифре отражается выраженность гомогенности полимера, где ноль отрицает гомогенность расплава, а единица напротив свидетельствует о равномерности распределения вещества.

5-ю цифру рассматривают как выражение примерной плотности ПЭ. Плотность данного вида полиэтилена, как правило, колеблется в пределах от 0,900 до 0,939 г/см³ и в зависимости от плотностного интервала используются цифры от 1 (при минимальном значении плотности 0,900) до 6 (при максимальном значении плотности 0,939). Промежуточные же цифры соответствуют промежуточным интервалам плотностей полиэтилена, что находит отражение в базовой марке материала. После тире следуют цифры,

указывающие на характеристику текучести полимерного расплава, увеличенную в десять раз.

Если марка полиэтилена низкой плотности первого сорта пронумерована числом 15, его плотность составляет $0,919 \text{ г/см}^3$, расплав его получен без гомогенизирующих операций, а характеристика его текучести по стандарту за десять минут составляет 7 г, то обозначаться такой полиэтилен будет как 11503-070 с указанием соответствующего сорта (первый) и стандарта 16337-77, который был взят в качестве НТД.

При выражении композиции ПЭ низкой плотности указывают название полимера (ПЭ), 3 начальные цифры от конкретной марки, после тире номер состава дополнительного компонента, характеристику цветовой гаммы и способа окраски, сорт полиэтилена и номер стандарта, который был взят в качестве базовой нормативно-технической документации. Например, если композиция ПЭ низкой плотности имеет марку 10204-003, соответствующие добавки с обозначением 03 и первый сорт, то его указывают, как ПЭ 102-03 с демонстрацией сорта и государственного стандарта 16337-77. Если же ПЭ высокого давления имеет характерный цвет, то он указывается дополнительно вкуче с тремя цифрами, отражающими номер состава красителя [15].

Тем же образом, композицию ПЭ низкой плотности с конкретной маркой 10204-003, которая имеет окрас розового оттенка с номером состава 104 и первый сорт, соответственно обозначают как ПЭ 102 с указанием цвета, номера рецептуры красителя, соответствующего сорта и госстандарта 16337-77.

Подтверждение условий назначения находит дополнительное отражение в маркировке ПЭ повышенного давления, который используют, в основном, в производстве разноцелевых пленочных материалов, товаров, которые непосредственно соприкасаются с продовольственными товарами, водой для принятия внутрь, веществами косметического назначения и лекарствами, игрушечных товаров, а также если полимер предназначен для долгосрочного хранения в специальных складах.

В качестве основополагающих марок ПЭ низкой плотности, который синтезируют в устройствах, обеспечивающих соответствующее перемешивание, обозначают различными марками от 10204-003 и до 12103-200 (всего восемь марок).

Если же при получении ПЭ низкой плотности был использован реактор с соответствующим трубчатым устройством, то его основополагающие марки указывают в виде цифр от 15003-002 и до 18404-200. Всего для обозначения такого рода полиэтилена используется двадцать одна разновидность марок.

В производстве кабельных товаров применяются композиции, включающие ПЭ низкой плотности и ПЭ низкого давления, а также стабилизаторы и другие дополнительные вещества определенного назначения. Такие композиции используются в производстве экструзионным способом изоляционных покрытий, пленок и листов, которыми укрывают кабельную продукцию [16].

В производстве кабельной продукции используют определенные конкретные марки композиционного ПЭ низкой плотности от 10204-003 до 17803-015 (пяти наименований) с рецептурой дополнительно введенных веществ от 01 до 100 (двенадцать базовых обозначений), а также ПЭ низкого давления, полученного методом суспензионной полимеризации, с четырьмя марками от 20408-007 до 20808-024 с рецептурой дополнительно введенных веществ от 07 до 57 (пяти наименований).

Кроме этих марок, используется также ПЭ высокой плотности, синтезированный с помощью реакции полимеризации в газовой фазе, марок 271-порошок, а также 273-порошок с рецептурой дополнительно введенных веществ от 70 до 83 (всего пять наименований).

При указании композиционных разновидностей ПЭ, применяемого при изготовлении кабельной продукции, представляют название полимера, три цифры, отражающие наименование конкретной марочной символики полимера, после тире номер состава дополнительно введенных веществ, обозначение К,

которое говорит о том, что полимер предназначен для производства кабельной продукции и условное обозначение ГОСТа, который был принят в качестве базовой НТД.

В частности, если полиэтилен указан в виде 102-09К и представлено обозначение государственного стандарта 16336-77, это значит, что подразумевается композиция ПЭ низкой плотности с конкретной маркой 10204-003 и с номером рецептуры дополнительно введенных веществ 09, произведенный в соответствии с указаниями вышеотмеченного государственного стандарта.

Если же рядом со словом полиэтилен представлена маркировка 204-07К с указанием государственного стандарта 16336-77, то это следует понимать как композицию ПЭ высокой плотности с конкретной маркой 20408-007 и номером состава дополнительно введенных веществ 07, который предназначен для производства кабельной продукции [15].

Когда осуществляют заказ полимера, за марочной символикой, как правило, следует сорт. Необходимо также указание признака назначения в случае, если из полиэтилена предполагается производить товары электротехнического назначения, продукцию, контактирующую с продовольственными товарами, водой для потребления внутрь, косметикой, лекарствами, а также игрушки для детей любого возраста. То же самое должно быть указано, если полимер предназначен для долгосрочного хранения на складах [17].

Однако на потребительском рынке зачастую встречается и полиэтилен отличных от перечисленных нами ранее марок, потому что большая часть производственных предприятий действует согласно своим техническим условиям, стараясь идти в ногу со временем, а также учитывая современные тенденции полимерной промышленности и несколько ограниченную мобильность государственных стандартов.

Из всех полимеров наиболее широкое распространение получил полиэтилен. Он является лидером мирового производства высокомолекулярных соединений, составляя основу чуть ли не трети производимых на планете пластических масс. Технологический процесс производства полиэтиленовых товаров не ставит перед производителем сложных задач. Из него можно выработать изделия большинством распространенных методов. Его можно подвергать сварке высокотемпературным газом, прутьями из присадок, посредством трения, а также используя контактную быструю сварку. В отличие от поливинилхлорида при переработке полиэтилена не возникает необходимость в оборудовании узкого назначения, а на современном этапе мировой промышленности известно бесчисленное множество добавочных компонентов и красящих веществ, которые вводят с целью сообщения большого спектра дополнительных потребительских свойств полиэтиленовым материалам и изделиям.

Литьевым методом под давлением полиэтилен перерабатывают в самые разнообразные товары широкого потребления, в том числе бытовые товары, канцелярские товары, игрушки. Экструзией вырабатывают трубы на основе полиэтилена и марки PE63, и марки PE80, а также марки PE100, кабельную продукцию (наиболее перспективным считается ПЭ сшитой структуры), полимер в виде листов, применяемый в упаковочных и строительных целях, и всевозможные пленочные полимерные материалы, используемые в различных промышленных сферах [2,9,10].

Нередко применяется экструзионно-выдувной способ и метод ротационного формования пластизолей для переработки полиэтилена в изделия в виде емкостей, разнообразных сосудов, посуды. Путем термовакуумного формования вырабатывают различные материалы, которые используют в упаковочных целях. В сфере производства строительных материалов специального назначения с успехом используются разновидности пространственного полиэтилена, хлорсульфированного, полиэтилена с очень

высокой молекулярной массой, а также полученного с применением вспенивания.

Особняком в мировой промышленности стоит полиэтиленовый рециклинг. Очень широко применяется последующая переработка полимерных отходов, сбыт и применение вторичного полимера, на которых специализируются очень много производителей на всем мировом пространстве. Чаще всего с этой целью после предварительной очистки отходов используют экструзию, измельчение и производство вторичного полиэтилена в виде гранул, который в дальнейшем направляют на переработку в изделия.

Больше всего полиэтилен применяют при выработке технических пленок и бытовых пленочных материалов. Широкое использование полиэтилена в качестве упаковочного материала обусловлено его невысокой плотностью, прекрасной химической устойчивостью, малым водо- и влагопоглощением, удовлетворительной прозрачностью, прекрасной подверженностью сварке и удобством переработки, отсутствием воднопаровой проницаемости, повышенной вязкостью и его высокоэластическими свойствами.

Пленочные материалы на основе полиэтилена широко применяют в производстве упаковки для таких товаров, как птица, овощи и фрукты, хлеб, мясные продукты, а также в качестве упаковочного материала, фиксирующего грузы. ПЭВД применяется в производстве комбинированных пленочных материалов, полученных совместной экструзией с иными полимерами-термопластами, а также в качестве покрытия картона, металлической фольги, бумажной продукции и даже целлофана. Назначение слоя ПЭ повышенного давления в перечисленных пленках, выработанных комбинированным методом, состоит в сообщении отменной свариваемости, а остальных слоев — в придании прочности и дополнительной непроницаемости, в особенности запаха [16].

Иногда с целью приобретения нужных свойств полиэтилен модифицируют винилацетатом. Такая модификация с учетом сохранения прочности материала

придает пленке лучшую прозрачность и повышенную свариваемость. В итоге такие пленки в результате нагревания приобретают высокую адгезию и хорошо проявляют себя при нанесении на бумагу и ряд других материалов для упаковки. В России сополимер, образованный из этилена совместно с винилацетатом полимеризацией в массе в условиях повышенного давления, представлен как Сэвилен. Он довольно часто применяется для получения так называемых «витых» шлангов, которые используют в качестве воздухоотсоса в разных технологических приборах и аппаратах [15].

Из полиэтилена вырабатывают материалы и изделия самого разного назначения, в частности пленки для сельского хозяйства, упаковки, термически усаживающиеся и типа стретч, емкости всевозможных объемов и форм, строительные материалы, товары, используемые в быту, волокна, изделия санитарно-технического назначения, различные детали автомобилей, машин и оборудования, изоляцию для кабельной продукции, медицинские протезы, пористые и ячеистые материалы и т.д.

Список товаров и материалов из полиэтилена можно продолжать и далее. Он постоянно пополняется, так как производство осваивает все новые и новые разновидности полиэтилена, который имеет измененные потребительские свойства. В частности полиэтилен с очень высокой молекулярной массой (СВМПЭ), обладающий сверхвысокой прочностью, повышенной ударостойкостью, способностью не растрескиваться и не истираться, служит сырьем, на основе которого производят муфты, набор шестерен, различные роlikообразные детали, втулки, изоляционные детали различных приборов, которые работают в режимах повышенной и очень высокой частоты. Из этого вида полиэтилена нередко производят изделия пористой структуры, такие, как заглушающие прокладки, фильтры, различные протезы для суставов и других частей тела.

Говоря об изоляции проводников электрического тока, следует отметить, что повышенная диэлектрическая способность как чистого полиэтилена, так и

совместно с полиизобутиленом, низкая водопроницаемость дают возможность заметно расширить сферы его применения (табл.1) и вырабатывать из него изоляцию электропроводов, кабельную продукцию, делая его практически незаменимым материалом в производстве средств связи, сигнальных приборов,

Таблица1

Структура потребления ПЭ в разных промышленных сферах

Изделия и материалы	%
Листовые и пленочные материалы	65-70
Изделия, выработанные литьевым методом	10-11
Изделия, полученные экструзией	5-10
Изоляция кабельных материалов	5-8
Выдувные товары	1-6
Трубные и профильные изделия	1-3
Прочие товары	1-9

в устройстве систем телеуправления, установок с применением высоких частот, обмоток электрических проводов в двигателях, постоянно контактирующих с водой.

Изоляция кабельного материала, сделанная из полиэтилена, по ряду показателей превосходит каучуковую. Такой кабель легче, податливее и у него повышенная электрическая прочность. По нанесенному на провод тонкому слою ПЭ, может наноситься покрытие из гибкого поливинилхлорида, что придает повышенную защиту от повреждений механического характера. Применяется в кабельной промышленности и ПЭНП со структурой, частично сшитой малым количеством органических перекисей или способом облучения электронами [15].

Пленочные и листовые материалы готовят из полиэтилена как высокой, так и низкой плотности. Если получаемые пленки должны быть тонкими и эластичными, то чаще используется именно ПЭНП. Как правило, при производстве пленок из полиэтилена используются два метода экструзии: вязкотекучий полимер после продавливания через отверстие кольцевой щели

раздувается или после продавливания через отверстие плоской щели вытягивается. Такие пленки имеют толщину от 0,02 до 0,30 мм, ширину, достигающую в ряде случаев 10 м и длину до 200 м.

Широко распространено и производство листового полиэтилена, толщина которого составляет 1-7 мм, а ширина — до 1300 мм. Такие пленки используют как футеровочный, а также электроизоляционный материал и направляют на переработку вакуумным формованием в бытовые и технические товары.

Основное большинство материалов на основе ПЭНП используется в упаковочных целях, с успехом заменяя целлофан, ПВХ, поливинилфторид, поливиниловый спирт, лавсан и т.д., остальная же часть идет на производство бытовых товаров разнообразного назначения. Зачастую эти пленки применяются как упаковка для замороженных мясных продуктов, их используют в производстве аэростатов, специальных приспособлений, применяемых в метеорологической практике и исследовательской деятельности при изучении атмосферы, ими покрывают нефтепроводы и газопроводы для предотвращения процессов коррозии. Прозрачные пленочные материалы применяются и в сельскохозяйственной практике, с успехом заменяя стекло при возведении теплиц и парников. Используют также черную пленку, когда необходимо укрыть слой почвы для теплоизоляции в процессе роста различных сельскохозяйственных культур, изолировать дно силосной ямы, мелких водохранилищ и т.д. Полиэтиленовые пленки все шире и шире используются как материал для кровли и стен в процессе возведения помещений, где хранятся урожай, различные машины и приборы [16].

Такие предметы повседневного пользования, как плащевые материалы, скатерти, шторы, другие товары вспомогательного назначения тоже могут производить из ПЭ пленки. Кроме того, она может составлять одностороннее покрытие для металлической фольги, бумажной и тканевой продукции, целлофана.

Пленка на основе полиэтилена, имеющая армирующий холст, значительно прочнее пленки аналогичной толщины без армирующего холста. Такой полиэтилен включает две пленки, которые с двух сторон покрывают нити натурального или искусственного происхождения, а также стеклоткань, которая представляет собой армирующий каркас. Армированные пленки малой толщины идут, в основном, на производство скатертей и тепличных пленок, а пленки повышенной толщины используют в производстве мешочных материалов и упаковки. Если же в качестве армирующего холста используется редкая стеклоткань, то областью применения такой пленки часто являются защищающая одежда и материал, которым обкладывают емкости разного назначения.

Очень часто полиэтиленовые пленки применяют в качестве липких пленок с клеевым покрытием, а также лент, используемых при восстановлении высокочастотных кабелей и как защитное антикоррозионное покрытие для подземных стальных труб. Такие пленки из полиэтилена, а также липкие ленты имеют одностороннее покрытие на основе невысокомолекулярного полиизобутилена или же его композиции с бутилкаучуком. Толщина таких пленок колеблется в пределах от 60 до 95 мкм, а ширина их составляет 85-160 мм [16].

Полиэтилен низкой и высокой плотности широко применяется и как антикоррозионное покрытие на изделиях из металла, которое может наноситься как газопламенным напылением, так и вихревым способом.

Материалы на основе полиэтилена являются пластмассой, наиболее широко используемой при производстве экструзией, а также центробежного литья различной трубной продукции, которую отличают невысокая масса, низкая сопротивляемость потоку жидкости, гибкость, удобство сварки и монтажных работ, высокая сопротивляемость коррозии и низким температурам.

Длина полиэтиленовых труб, вырабатываемых одним из непрерывных способов, может быть разной, внутренний диаметр изменяться в пределах 5-300

мм, а толщина — от 1,5 до 11 мм. ПЭ трубы с малым диаметром навиваются на барабаны. Литьевым методом готовят трубную арматуру, в том числе трубы в форме «колен» под прямым углом и под 45°, муфты, переходники, «бочонки», тройники и т.д. Трубные изделия, диаметр которых доходит до 1500 мм и более, а толщина составляет порядка 25 мм вырабатывают литьевым центробежным способом.

Повышенная устойчивость к химическим реагентам и гибкость ПЭ труб обусловили их применение как материал, транспортирующий разные жидкости, в том числе воду, химически агрессивные растворы, а также газы, служащий для формирования водопроводной сети как внутри зданий, так и снаружи, используемый в оросительных системах и др.

Рабочие диапазоны температур труб из полиэтилена пониженной плотности составляют не выше 60°C, а из полиэтилена повышенной плотности доходят до 100°C. Кроме того, они прекрасно себя зарекомендовали в условиях пониженных температур, выдерживая 60 градусный мороз, и отлично сопротивляются почвенному воздействию [15].

Изготовленные методом экструзии, а также прессованием листовые материалы из полиэтилена служат полуфабрикатом для товаров широкого назначения, полученных штампованием, вакуумформованием и шаблонным деформированием. Некоторые товары больших размеров типа лодок, баков и др. можно выработать из порошкообразного полиэтилена методом горячего спекания. Также определенные детали из полиэтилена можно произвести сваркой, пропустив через горячий воздух при температуре 260°C. Различными разновидностями формования и сварочным методом можно получить вентили, колпаки, изделия типа контейнеров, детали различных сложнотехнических товаров, фильтрующие элементы, емкостные товары, детали для перемешивания жидкостей и т. п.

Чуть ли не самым распространенным способом производства товаров из полиэтилена является литье под давлением. Например, полиэтиленовые бутылки

со всем разнообразием объемов от мелких до крупных широко используют в фармацевтической промышленности, а также в химической отрасли. К тому же, литьевым методом изготавливают изделия электротехнического назначения, посуду, ящики, детские товары и другие изделия.

Выбор конкретного производственного процесса обуславливается прежде всего маркой определенной разновидности полиэтилена, которую необходимо получить с набором присущих ему свойств. Например, способ суспензионной полимеризации приемлем в производственном процессе марочного полиэтилена для труб, для дальнейшей выработки изделий экструзионным способом и для получения полиэтилена с высокой степенью полимеризации. При применении метода полимеризации в растворе получают линейный ПЭ низкого давления для переработки в пленочные материалы повышенного качества и разновидности полиэтилена, которые перерабатывают литьевым способом и ротационным формованием. Используют также и газофазный способ полимеризации при получении марок полиэтилена, идущего на производство товаров широкого потребления.

ГЛАВА II: ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

II.1. Современный ассортимент пластмассовых труб и объекты исследования

На потребительском рынке существует большое разнообразие труб для водопроводных систем, отопления, а также канализационных труб. Хотя в недалеком прошлом с подобной целью применялись, можно сказать, только трубопроводы из стали и чугуна. И лишь к середине двадцатого века постепенно начали применять материалы на основе высокомолекулярных соединений. Довольно прочно вошли в нашу жизнь пакеты и кульки, различные емкости и парниковые пленки из полиэтилена. Чуть позднее мы познакомились с одноразовой посудой, мебельной продукцией и термоустойчивыми товарами из пластических масс. На данном этапе мы как само собой разумеющееся принимаем рамы для окон и трубную продукцию из пластических масс. Но очень часто азербайджанские потребители с несколько недоверием относятся к продолжительности эксплуатации труб из полимеров. И усиливают это недоверие цветные трубы из высокомолекулярных соединений, которые выглядят как «несерьезный» материал в сравнении с массивными и прочными трубами из сплавов железа [18].

В то же время среднестатистический европейский потребитель давно перешел на трубную продукцию из высокомолекулярных соединений, которая занимает основную часть трубных элементов коммуникаций его жилища. Уже и на внутреннем рынке ассортимент полимерных труб овладевает все новыми и новыми просторами.

Чтобы выявить положительные и негативные стороны пластмассовых труб, в первую очередь взглянем на полимеры. В противовес металлам и асбестоцементу полимеры являются веществами органического происхождения, учитывая все их преимущества и минусы, во многом

напоминают природные высокомолекулярные соединения — кожу, древесные материалы и шерсть.

Полимерам присущи определенные преимущества:

— они прекрасно сопротивляются химическому воздействию и действию коррозии [3,13,14];

— вопреки пониженной массе и плотности, полимеры достаточно твердые, прочные и гибкие материалы;

— полимеры обладают высоким уровнем технологических свойств, хорошо формуются и прекрасно окрашиваются;

— показатели теплопроводности у высокомолекулярных соединений намного ниже по сравнению с металлами, что оказывает влияние на теплосохранность жидкостей, транспортируемых посредством полимерных труб.

В то же время полимеры имеют и определенные недостатки:

— они уменьшают свою прочность в результате нагрева, большинство из них горит, а в результате влияния ультрафиолетовых лучей подвержены старению, т.е. становятся хрупкими и деструктируют;

— коэффициент термического расширения у них достаточно высок и практически десятикратно превышает аналогичный показатель у стали, хотя полимеры и более эластичны.

Учитывая вышеуказанное, технологи, работающие в сфере производства товаров из высокомолекулярных соединений, зачастую успешно стараются нивелировать их недостатки и воспользоваться преимуществами. Сфере химической промышленности известны десятки полимеров, однако широкое применение, включая и производство трубной продукции, нашли лишь некоторые из них.

На первых позициях в производстве полимеров для труб стоят полиэтилен, полипропилен и поливинилхлорид.

Это термопластичные полимеры, которые в процессе нагрева переходят через высокоэластическое состояние в вязко-текучее, в результате же охлаждения, наоборот, затвердевают.

Трубы на их основе производят экструзией или выдавливанием посредством горячего шнека. Сформированные трубы имеют очень гладкую поверхность, их гладкость в десять раз превосходит гладкость стальных труб.

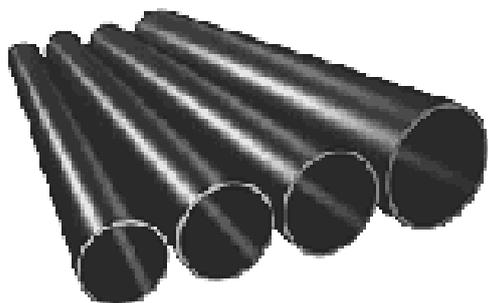
Больше всего используют трубы из полиэтилена [19,20,21]. На первых порах их вырабатывали на основе обычного полиэтилена. К их недостаткам



можно отнести повышенную потерю прочности при нагреве и ускоренное старение. Они подходили только для проведения труб для холодной воды. Где-то к 80-м годам стали доступны методы «сшивания» макромолекул линейного полиэтилена друг с другом [10]. Так впервые

был получен «сшитый» полиэтилен, который был значительно прочнее и более стоек как к действию тепла, так и к действию ультрафиолетовых лучей. Однако посредством таких труб можно было транспортировать только воду ниже температуры кипения. Однако увеличение теплостойкости такого полиэтилена привело к снижению его способности свариваться. «Сшитый» полиэтилен в международной практике указывают как PE-X, где символ X подразумевает сшитость полиэтилена. На данный момент производство таких труб занимает больше половины объема всего производства полимерных труб. Ввиду комплекса своих достоинств «сшитый» ПЭ PE-X с успехом применяется для транспортировки как холодной, так и горячей воды, в том числе и в

отопительных системах, включая «теплый» пол.



После полиэтилена в выработке трубной продукции следует полипропилен. По показателям своих потребительских свойств он

напоминает «сшитый» полиэтилен, хотя по жесткости он его превосходит.

По этой причине трубы из полипропилена вырабатывают кусками определенных размеров, что причиняет определенные неудобства в процессе транспортировки и вынуждает использовать много соединительных деталей при установке. Относительно большие предприятия для устранения этих недостатков предлагают разнообразные вариации трубных систем как посредством сварочных элементов, так и с применением металлических составляющих [18].



Поливинилхлорид довольно повсеместно распространенный в строительной индустрии полимер, однако при выработке труб он занимает третье место вслед за вышеотмеченными полимерами. Чаще всего применяют непластифицированный вариант ПВХ. Экологи с недоверием относятся к хлору, который содержится в составе поливинилхлорида и препятствует его использованию для транспортировки питьевой воды.

Однако среди преимуществ ПВХ необходимо отметить практическое отсутствие горючести и более высокую сопротивляемость агрессивным химическим средам. Он также прекрасно справляется с ультрафиолетовым излучением, что предопределяет его преимущественное применение в водосточных системах и при прокладке канализационных труб.



Наконец, полибутен, используемый в производстве труб — это очередной полимер из ряда алифатических углеводородов. Он является биологически безвредным, обладает повышенной эластичностью в сравнении с полипропиленом. У полибутена повышенные прочностные характеристики, он стоек к воздействию ультрафиолетового излучения и

повышенной температуры, напоминая в этом отношении «сшитый» полиэтилен.

Трубы из полибутена продемонстрировали хорошие характеристики при применении в горячем водоснабжении, а также как в системах централизованного отопления, так и при укладке «теплых» полов. Полибутеновые трубы могут прослужить порядка 50-ти лет, если температура рабочей жидкости не превышает 72°C, а давление держится на уровне 0,3 МПа. Однако использовать эти трубы можно в режиме нагрева до 95°C. Хорошая свариваемость труб на основе полибутена дает возможность применять их в качестве внутренней разводки.

Маркировочные данные труб из высокомолекулярных соединений включают вид полимера, размер наружного диаметра, а также давление транспортируемой жидкости. Трубы для внутренних водопроводных сетей могут иметь диаметр наружных поверхностей 10 мм, 12 мм, 16 мм, 25 мм, 32 мм, 40 мм и др.

На трубах также указывается их толщина, а давление жидкости, как правило, устанавливается в барах. В данном случае имеется в виду давление жидкости внутри трубы при температуре 20°C, способствующее сроку службы трубы порядка 50 лет.

Чтобы оценить значение этих показателей (табл. 2), необходимо иметь в виду, номинальное водное давление системы водоснабжения не превышает 6 бар. Верхний предел давления, являющийся критическим для трубы за короткий промежуток времени, во много раз превышает номинальное. Если рабочая температура воды превышает 20°C, то даже при стабильно низком давлении долговечность полимерной трубы снижается и, чтобы она осталась неизменной и составляла 50 лет, необходимо снизить номинальное давление.

Свойства материалов, используемых для выработки пластмассовых труб и деталей к ним

Характеристики	ПЭ низкого давления	ПЭ среднего давления	ПЭ высокого давления	Поливинил- хлорид	Поли- пропи- лен	Полибу- тен
Плотность, г/см ³	0,94-0,97	0,93- 0,94	0,90-0,93	1,3-1,4	0,90	0,91
Предел текучести, МПа	20-31	16-19	10-11	50-58	25-27	18-20
Разрывное удлинение, %	800	790	600	49	340	310
Модуль упругости, МПа	870	610	200	2800	1150	470

На местном рынке представлены некоторые разновидности как полиэтиленовых, так и полипропиленовых, поливинилхлоридных и других полимерных труб.

ПЭ 80 представляет собой полимер, наименьшая прочность которого (MRS) составляет 8 МПа. На данный момент его, можно сказать, полностью заменил ПЭ 100, хотя трубы из ПЭ 80 являются наиболее гибкими не только по сравнению с ПЭ 100, но и в сравнении с другими разновидностями полиэтилена.

Минимальная длительная прочность же полимера ПЭ 100 составляет 10 МПа [22]. Существуют также разновидности полиэтилена с идентичной ПЭ 100 наименьшей длительной прочностью, которые проходят дополнительные расширенные испытания, соответствуют требованиям тех или иных специфических стандартов, таких, как PAS 1075 и др., обладают повышенной

стойкостью к постепенному распространению трещин и т.п. Среди таких разновидностей полиэтилена можно выделить ПЭ 100+, ПЭ 100-RC и т.д.

Следует отметить, что в технологическом процессе производства напорных труб предусмотрено использование лишь специализированного сырья, которое на протяжении длительного времени устойчиво к действию гидравлических нагрузок согласно требованиям как соответствующих местных стандартов, так и стандартов ИСО [22,23].

Основным специфическим показателем такого сырья служит MRS или, как было указано выше, минимальная длительная прочность, которая отражает способность полимерных труб сопротивляться внутреннему давлению в течение 50-летнего срока эксплуатации. Этот показатель связан соответствующими формулами с рабочим давлением жидкости.

Изредка пока еще встречаются и полиэтиленовые трубы ПЭ 63, но их доля в общем выпуске трубной продукции ничтожно мала. Диаметры труб колеблются в пределах 20-1200 мм, а расчетное рабочее давление устанавливается от 5 до 18 МПа. Длина труб варьируется в зависимости от внутреннего диаметра. Трубы меньшего диаметра выпускают в бухтах до 50 м и более, а толстые трубы выпускают кусками до 12 метров.

Основываясь на анализ структуры потребительского рынка трубной продукции, в качестве объектов для исследований мы отобрали наиболее распространенные в торговой сети нашей страны трубы ПЭ 100, PE-X и другие разновидности полиэтилена от различных производителей из ближнего и дальнего зарубежья.

II.2. Характеристика методов исследования

Применение как полимерных труб различной природы, в том числе из полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида, так и металлопластиковых, которые используются для монтажа водопроводной и отопительной сети

требует проведения разнообразных, в том числе и жестких продолжительных испытаний, чтобы удостовериться в их будущей долговечности [24,25]. По этой причине практически во всех ГОСТах, которые предусматривают требования к материалам такого рода, предполагаются проведение устойчивости труб в условиях постоянно действующего неизменного давления при 20°-ной, 80°-ной и 95°-ной температуре в течение 1000-часового промежутка времени и термоустойчивости в течение года [17].

Требования ГОСТа 24157-80 применяют с целью испытаний полимерных труб различного состава и природы на устойчивость к номинальному давлению. Подобные исследования могут быть проведены посредством установки SCITEQ-2000 Series, которую выпускает датская компания SCITEQ-Hammel A/S. Это один из основных в мире производителей испытательного оборудования для проверки труб из высокомолекулярных органических соединений давлением.

В этой установке присутствует достаточно большой терморезервуар с водой с фиксированными габаритами, узел обеспечения давления и узел, регулирующий его и температуру.

В терморезервуаре могут быть созданы условия для пятиканального режима тестирования. Каждый из создаваемых каналов обеспечивает поддержание строго определенного давления в трубах с помощью управляющего блока. Само собой разумеется, что давление в создаваемых каналах может отличаться.

При этом один канал предполагает возможность подсоединения еще трех каналов и даже еще нескольких образцов. Номинальная температура при оценивании должна поддерживаться достаточно точно и не отклоняться более, чем на 0,4%. То же самое касается и рабочего давления в трубе касательно каждого из каналов. Временной интервал испытаний определяется или по стандарту, или по предварительной договоренности.

Исследования труб из различных видов полимеров осуществляются на основании заявок производителей при осуществлении выпуска новых видов продукции, при ее сертификации или время от времени (раз в квартал или в год), если это предусмотрено стандартом. Помимо этого, проведение подобных испытаний может осуществляться согласно обращению предприятия, которое объявило тендер с целью определения поставщика трубной продукции, наиболее полно удовлетворяющей требованиям долговечности. Вышеуказанное оборудование SCITEQ-2000 Series предполагает и долговременные испытания металлополимерной трубной продукции и определенных деталей [26].

Имеется ряд методов оценки качества полимерных труб, которые не предполагают разрушение материала, однако чаще всего применяют *рентгеновское исследование*, дающее возможность установить степень выраженности дефектов труб и соединительных деталей, приготовленных из различных видов металлов.

Суть этого вида контроля состоит в том, что лучи проникают через материал по-разному в зависимости от наличия дефектов или воздушных пор и там, где они присутствуют наблюдаются черные пятна.

При этом искомая установка рентгеновских испытаний может быть различной, однако она в любом случае снабжена камерой наблюдения, а также компьютером с определенным программным обеспечением.

Благодаря подобным методам испытаний помимо диагностики качества исследуемых труб и соответствующих деталей, удастся проведение испытаний, устанавливающих конкретные величины и позволяющих проводить переработку полученных изображений с помощью соответствующих компьютерных программ.

Акустические способы оценки качества труб предполагают исследования посредством акустических преобразователей [27]. Приборы, работа которых основана на таких методах оценки, располагаются по длине образцов, фиксируя особые звуковые импульсы, исходящие от дефектных областей.

Подаваемые импульсы трансформируются в специфический код, после чего согласно временным параметрам и параметрам колебательных движений их относят к отдельным группам. Далее полученные группы суммируются и осуществляется сравнение полученных результатов с результатами, соответствующими параметрам бракованной продукции. Испытательные данные получают на основе ультразвуковых, а также магнитных колебаний.

Порядок проведения акустического способа оценки качества трубы состоит в следующем. В подвижные трубы направляются лучи от ультразвуковых, а также магнитных колебаний как вдоль них, так и поперек. При акустическом контакте с пустотами наблюдается заметное усиление звука, которое в конечном итоге выражается в виде специального кода. Индикатором создания акустического контакта является появление импульсов дна в передаваемых каналах установки.

В случае, если контакт наблюдается, соответствующая информация передается на компьютер. Коды импульсов, передаваемые дефектами, различающимися по месту расположения и размерам, дифференцируются дефектоскопом согласно временным параметрам.

Входной контроль, с помощью которого оценивается качество трубной продукции, проводится путем внешнего осмотра и простейших измерений.

Согласно требованиям ГОСТ Р 50838-95, сначала с помощью измерительных инструментов измеряют размеры труб при температуре $23\pm 5^{\circ}\text{C}$, в том числе средний наружный диаметр, толщина стенки, длина и степень овальности трубы [28].

Далее проводятся измерения относительного удлинения при разрыве. Эти испытания проводят на пяти образцах в форме лопаток, которые готовят из отобранных проб, т.е. из отрезков труб, приготовленных посредством механической обработки. Образцы с относительно тонкой стенкой разрешается вырубать методом штамповки. Необходимо следить, чтобы главные оси образцов и трубы были параллельны, так же, как и толщина их должна быть

одинаковой. Перед испытанием образцы выдерживают в течение как минимум двух часов при температуре $23\pm 2^{\circ}\text{C}$.

В испытательной машине величина скорости раздвижения зажимов нормируется соответственно толщине «лопаток». Если ее величина составляет менее 6 мм, то зажимы должны раздвигаться со скоростью 100 ± 10 мм/мин, во всех остальных случаях данная скорость должна составлять $25\pm 2,5$ мм/мин.

При оценке качества полиэтиленовых труб определяют также изменение их длины в результате прогрева при $110\pm 2^{\circ}\text{C}$ согласно требованиям ГОСТ-27078, а также постоянное внутреннее давление в соответствии с требованиями ГОСТ-24157.

При определении устойчивости труб к газовым составляющим для испытаний отбираются трубы, диаметр которых составляет 32 мм, а руководствуются требованиями государственного стандарта ГОСТ-24157.

Подвергаемый испытаниям образец вначале заполняется конденсатом синтетического происхождения, в состав которого входят в равных количествах н-декан и триметил-бензол. Предварительно исходные образцы, в которых содержится конденсатная смесь, кондиционируют на протяжении 1500 часов на воздухе с температурой $23\pm 5^{\circ}\text{C}$. Далее на образцы действуют водой при 80°C , которая оказывает постоянное внутреннее давление на трубы. Это давление равносильно исходному напряжению 2 МПа, действующему на протяжении 20 часов. Трубы не должны разрушаться под таким воздействием [28].

Для оценки термостабильности полиэтиленовых труб используют метод дифференциально-термического анализа с применением дифференциального сканирующего калориметра, который регулирует температуру с точностью до $0,5^{\circ}\text{C}$, и баллонов с азотом и кислородом. При этом как минимум три образца массой $15\pm 0,5$ мг помещают в алюминиевую чашку, а ее вместе с пустой идентичной чашкой располагают в термическом анализаторе. Измерительный отсек калориметра накрывается крышкой с проделанным отверстием. Камера продувается азотом из баллона, скорость потока которого составляет ≈ 50

мл/мин. Далее камера нагревается до 200°C с постоянной скоростью и по термограммам, где фиксируется зависимость разности температур нагрева камеры от времени, а также теплового потока определяется термостабильность полимерных труб. Та же самая последовательность операций имеет место и при подаче вместо азота кислорода из другого баллона. В обоих случаях конечной точкой испытаний является максимальное значение экзотермы окисления.

Устойчивость полимерных труб к быстрому распространению трещин оценивают с помощью специальной установки [28]. Внешняя обойма в ней с соответствующим диаметром имеет форму колец, которые позволяют трубам расширяться под действием давления и в то же время препятствуют радиальному расширению, если труба разрушится. Установка содержит также внутреннюю оправку, которая включает: несущий стержень; содержащую специальную выемку под соответствующим бойком наковальню, а также так называемые декомпрессионные перегородки с соответствующим шагом, манометры, которые определяют и собственно подают внутреннее давление и заглушки, располагаемые по концам образца. Создаваемые условия позволяют наполнять большую часть исходного образца сжатым воздухом.

Предусматриваются также испытания устойчивости полиэтиленовых труб к медленному распространению трещин [29,30].

На данном этапе любой производитель, желающий заниматься выпуском товаров высокого качества, должен систематически проверять показатели потребительских свойств как продукции, так и сырья для его производства. Здесь подразумеваются и ультразвуковые испытания, и предварительная выдержка исследуемых образцов в определенных условиях с последующими измерениями физико-механических и так называемых «тепло-технических» показателей.

Таким образом, устанавливается устойчивость к неизменному внутреннему давлению, к воздействию разрушающей нагрузки (разрыву), установление прочности при разрыве, показателя текучести продукции,

стойкости к деформации сжатия, относительного удлинения, характеристики трения внутри трубы, максимально возможное усилие при действии растяжением, характеристики показателей устойчивости к постоянным и меняющимся изгибающим нагрузкам, ударным воздействиям и т.д. В большинстве случаев проводятся также определение устойчивости к высоким, низким температурам и к их попеременному воздействию.

При оценке качества полиэтиленовых труб руководствуются требованиями стандарта ГОСТ 18599-2001, если по ним предполагается транспортировать воду, и ГОСТ 50838-2009 в случае, если они предназначены для транспортировки газов. При выпуске труб технического назначения чаще всего к руководству принимаются технические условия предприятий-изготовителей [31].

II.3. Анализ показателей качества полиэтиленовых труб

Использование полиэтилена в технологии выпуска газопроводных труб в свое время послужило осуществлению ощутимых изменений в сфере мировой прокладки трубопроводов. На данный момент почти 90% вновь прокладываемых трубопроводов производится из различных марок полиэтилена.

Обсуждения, связанные с оценкой специфичности технологического процесса производства труб на основе полиэтилена, и исследования со стороны таких ученых, как С.А.Горелов, Ф.И.Бабенко, Д.А.Виноградов, В.В.Новоселов различных показателей потребительских свойств наиболее широко применяемых при строительстве трубопроводов марок полиэтилена дали возможность сделать детальный анализ специфических особенностей применения труб на основе полиэтилена. Данные анализа позволили сформулировать ряд выводов о свойствах и показателях качества ПЭ.

В частности, физико-химические свойства полимера позволяют добиться отменной герметичности и хорошей стабильности при воздействии агрессивных сред, которые содержатся как в почве, так и в составе транспортируемой жидкости, что в конечном итоге повышает стойкость материала к коррозии и препятствует возникновению карбонатных отложений на стенках труб [32].

Кроме того, для сварочного процесса таких труб нет необходимости в тяжелой громоздкой технике. Для осуществления процесса сварки достаточно привлечения 1-2 лиц. Значительно уменьшается расход электрической энергии либо топливных ресурсов в сравнении с металлическими трубами, особенно со стальными. Большая длина труб, намотанных на катушки или собранных в бухты, позволяет снизить число соединительных «стыков» в десятки раз. Перечисленные факторы сильно ускоряют скорость монтажных работ и уменьшают себестоимость прокладочных работ.

Ввиду низкой плотности и, соответственно, массы полиэтиленовых труб их укладка может осуществляться без грузоподъемной техники, а транспортабельность такой продукции по сравнению со стальными трубами повышается в 2-4 раза.

Немалую роль в создании потребительских предпочтений играет и долговечность трубопроводов из полиэтилена с нормативным сроком службы до 50 лет, а расчетным чуть ли не до 150 лет. Положительным моментом является и низкий показатель гидравлического сопротивления, т.е. высокая пропускающая способность. Благодаря тому, что гладкость ПЭ труб почти на треть превышает подобный показатель у стальных труб, уменьшаются потери давления транспортируемой жидкости. В результате появляется возможность применения труб с меньшим диаметром, чем у стальных, что в конечном итоге выгодно с экономической точки зрения.

Гибкость трубопровода из полиэтилена облегчает строительство и дает возможность отказаться от приобретения ряда деталей. Нормальная пористость грунта позволяет добиться и высокой устойчивости к гидроударам [33].

Трубопроводы, сделанные из стали, должны быть защищены посредством изоляционного слоя от пассивной коррозии, тогда как их полимерные аналоги в подобных мерах не нуждаются. По причине низкой теплопроводности всех марок полиэтилена произведенным на их основе трубам не требуется изоляции в масштабах, которые используются для стальных труб. Принимая решение о материале для создания сети трубопровода, принимается во внимание и то, что труба из полиэтилена обходится дешевле, чем металлическая труба с изоляцией.

Не следует забывать и о блуждающих токах. Полимерные трубы в процессе эксплуатации хорошо сопротивляются их воздействию, тогда как в случае с металлическими трубами нередко возникает пробой. Подобное наблюдается из-за высоких электроизоляционных свойств полимера.

Что касается газопроницаемости полиэтиленовых трубопроводов, то и здесь полиэтилен превосходит металлические аналоги. Вдобавок ко всему, соединения в полимерных трубопроводах упрощены и вполне долговечны, вместе с самими трубами они технологичны и выгодны с финансовой точки зрения. Полимерным трубам присуща санитарно-гигиеническая безопасность, их вполне просто обрабатывать, переводить в вязко-текучее состояние даже при относительно низких температурах, у них пониженный модуль упругости.

Однако, как и все пластические массы, полиэтиленовые трубы имеют изменчивые показатели и некоторую анизотропию в свойствах. Наблюдается и определенная взаимосвязь между природой, характером действующей силы, временем ее действия и напряжением, изменением формы материала трубы. Повышение температуры эксплуатации также снижает эксплуатационные параметры полиэтилена. Улучшения эксплуатационных характеристик

полиэтиленов можно добиться добавкой к другим компонентам особых присадок различного типа.

Известно, что с целью газификации целесообразнее применять полимерные трубы для эксплуатации под средними и повышенными характеристиками напора, в основном под землей. При такой планировке трубы подвергаются относительно ровной деформации сжатия, принимают равновесное состояние по причине уравнивания давлений, которое оказывают на трубопровод транспортируемая жидкость изнутри и слои почвы снаружи (с условием, что монтажные работы были выполнены в соответствии с предъявляемыми требованиями). При этом установлено, что грунтовой слой земли давит на полимерные трубы несколько усложненным механизмом и здесь основное значение имеют не столько сами характеристики полиэтилена, сколько их стабильность в период эксплуатации. Следует учесть, что полиэтилен не обладает абсолютной стойкостью к воздушному атмосферному слою, вследствие чего эксплуатация труб из него в наземных коммуникациях не совсем уместна [34].

По большому счету проведенные исследования демонстрируют то, что накопленный опыт проводки и монтажа полимерных труб, а также восстановления вышедших из строя металлических газопроводов с использованием полиэтиленовых труб, практика их работы в деле и проведенные испытания физико-механических свойств говорят о больших перспективах использования ПЭ труб в системах газовой сети.

ГЛАВА III: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

III.1. Исследование некоторых свойств полиэтиленовых труб

С повышением культурного уровня и материального благосостояния граждан в обществе повышаются и требования к качеству и комфортабельности материалов и предметов широкого потребления [36]. Представителям первобытного общества достаточно было четырех стен и потолка над головой, а в наше время невозможно вообразить нормальную жизнь без элементарного комфорта, в частности отопительных приборов, света, газа, воды и водостока. Соответственно создание большинства этих элементов комфорта трудно представить без применения трубопроводов.

По мере развития химической промышленности и науки о высокомолекулярных соединениях считавшиеся классическими природные материалы все больше заменялись синтезированными из мономеров полимеров. Однако полимеров, синтезированных из низкомолекулярных и иных соединений, очень много, а широкое промышленное применение нашли лишь некоторые из них. Еще меньшее количество высокомолекулярных соединений подходит для прокладки и монтажа систем водо- и газоснабжения. Уместно еще раз подчеркнуть, что это полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид и т.д. Как системы водоснабжения, так и канализационные, водосточные системы можно классифицировать на две подгруппы: для наружной прокладки и для прокладки внутри помещений.

В водопроводных системах внутри помещений применяют трубы с небольшим диаметром, относительно тонкостенные, не обладающие повышенной прочностью. С этой целью очень часто применяют трубы из полиэтилена низкого давления с диаметром 25 мм, которая хорошо подходит и для водопроводной, и для канализационной сети внутреннего использования [35].

Несколько иным материалам с измененными показателями потребительских свойств отдается предпочтение при планировании наружных трубопроводов. Связано это в первую очередь с тем, что во внешних коммуникациях велика вероятность наличия областей с высокими показателями внешнего воздействия на трубы. Здесь возможна и грунтовая трамбовка, и повышенное давление со стороны автомобильных путей сообщения, и вероятность прокладки определенных участков сети в толще монолита конструкции из железобетона. В данном случае целесообразно применение двухслойных труб, выработанных на основе полиэтилена низкого и высокого давления, и подобным им материалам.

Материалам такой конструкции свойственны очень важные в данных условиях характеристики: повышенная жесткость в поперечном направлении и достаточно хорошая гибкость вдоль трубы. Благодаря поперечной жесткости сдавливающие внешние усилия удастся в определенной степени нивелировать и не дать им возможность сузить трубу, а гибкость в продольном направлении дает возможность укладки сетей даже по замысловатой кривой в обход препятствий всевозможной природы, которые могут возникать в грунтовом слое или на поверхности земли [35].

Пластмассовые трубы используются и в иных промышленных отраслях. Из них часто изготавливают каналы с целью дальнейшего прокладывания кабельной продукции, например линий электропередачи, рассчитанных на работу с различными параметрами тока. Через эти трубы можно прокладывать и компьютерные, телефонные, антенные и другие коммуникации, в которых не используется электрический ток высокого напряжения. С этой целью чаще всего используют трубу из полиэтилена высокой плотности с внутренним диаметром 100 мм, наиболее приспособленные для этого. Ввиду показателей свойств материала, применяемого в производстве составных частей вышеуказанных прокладочных каналов, этим материалам присущи все необходимые в данном случае характеристики: хорошие диэлектрические

свойства, высокая способность защищать основной материал от действия влаги и запыления в случае, если места стыков сварены достаточно герметично.

Конечно, очень сложно перечислить все разнообразие применяемых материалов, видов, габаритных характеристик и конструкций, на основе которых выпускают трубы для монтажной и строительной промышленности, тем более, что ассортимент этих труб постоянно обновляется и расширяется.

В процессе исследования мы рассматривали только преимущественные сферы применения данных материалов и перечисляли только самые основные с той или иной точки зрения марки и габариты товаров. В результате мы получаем достаточно обширное представление особенностей и современных тенденций в вопросах эксплуатации синтетических материалов в промышленности и в быту.

Особого внимания заслуживают трубы холдинга «Евротрубпласт», предназначенные для отопительных трубопроводов, в которых давление транспортируемой жидкости доходит до десяти бар, и пользующиеся повышенным спросом у населения. Материал для таких труб — это сшитый полиэтилен, который имеет каркас из синтетических волокон «джи-пекс-а» или же «джи-пекс-ам».

Укрепление труб посредством особо прочных наполнителей типа металлическая проволока, стеклянное волокно или ткань, нити из синтезированных высокомолекулярных соединений служит повышению прочностных показателей, что приводит к возрастанию внутреннего давления трубы. Другой задачей здесь является экономия сырьевых материалов, а, следовательно, и себестоимости продукции с учетом неизменности таких показателей качества материала, как номинальное внутренне давление, интервал рабочих температур и долговечность [37,38,39,40].

Немалый интерес представляли для нас и комбинированные металлопластмассовые трубы, которые широко применяются в самых

различных отраслях и сферах промышленного производства. Они имеют жесткий армирующий металлический каркас, который получен методом сварки взаимно перпендикулярных частей. Как выяснилось, такие металлопластмассовые трубы обладают повышенной химической устойчивостью ввиду присутствия полимера и хорошими прочностными характеристиками, которые обусловлены наличием жесткого стального армирующего каркаса. На данном этапе усовершенствование технологии выпуска трубной продукции происходит с тенденцией к снижению себестоимости продукции, уменьшения бракованного материала, увеличения экологичности производственного процесса, получения более высоких показателей прочностных характеристик, а также возрастания количества выпущенной продукции [41,42].

Мы попытались исследовать и сравнить друг с другом различные показатели физических, реологических и химических свойств наиболее распространенных разновидностей полиэтилена с тем, чтобы предложить наилучший вариант для выпуска металлопластмассовых труб, обладающих наибольшей прочностью и максимально возможной низкой себестоимостью продукции.

В качестве пробных образцов мы отобрали определенные разновидности полиэтилена, наиболее широко применяемые в производстве труб. Это полиэтилены низкого давления марок 277-73, 273-83, PE 6948C, Sabic Vestolen, Dowlex и другие марки от различных производителей как в ближнем, так и в дальнем зарубежье.

Определялись показатели текучести полимерного расплава при определенных температурах и нагрузках. Для определения теплоты плавления отобранных разновидностей полимера использовался дифференциально-термический анализ со строго определенной интенсивностью нагрева. С применением того же метода устанавливали выраженность кристаллических областей полиэтилена для производства труб. Пробы для оценки физико-

механических характеристик изготавливали способом горячего прессования при определенных температуре и давлении, после чего снижали их температуру выдержкой в холодном прессе в течение короткого промежутка времени.

Показатели теплостойкости определяли методом Вика, прочностные и разрывные характеристики устанавливали посредством разрывной машины. Для измерения твердости материала использовали твердомер, а действие углеводородов в жидкостном виде на физико-механические характеристики оценивали посредством доведения образцов до кипения в нефти в определенный промежуток времени, после чего устанавливали показатели различных физико-механических свойств.

В результате исследования вышеуказанными методами было установлено, что максимальная температура перехода в вязко-текучее состояние наблюдалась у полиэтилена марки Siolen EP (табл.3). Он же был самым «кристаллическим» из всех образцов. Идентичные же эксплуатационные характеристики полимера серии Dowlex находятся на более низком уровне, что говорит о значительном влиянии степени кристалличности полиэтилена на температуру его плавления. Объяснить это можно более высокой упорядоченностью упаковки макромолекул у первого вида полиэтилена, что, несомненно, уменьшает расстояние между макромолекулами и усиливает межмолекулярные связи.

Оценка реологических свойств полимера, представляющих собой особое значение с точки зрения технологических характеристик, дает возможность констатировать, что полиэтилен Siolen EP, даже имея низкое значение показателя текучести расплава, имеет наименьшую энергию активации процесса вязкого течения. Уменьшенные показатели энергии активации и высокие характеристики теплового эффекта в процессе перехода в вязко-текучее состояние дают возможность предположить, что энергетические расходы экструзионного технологического процесса снизятся.

Теплофизические характеристики различных марок ПЭ

Разновидность полиэтилена низкого давления	Температура плавления, °С	Степень кристалличности, %	Текучесть расплава, г/10 мин.	
			188°С	211°С
Siolen EP	140	57±2	0,24	0,32
277-73	136	50±2	16,43	26,02
Dowlex	136	49±2	2,01	2,90
Sabic Vestolen	138	51±2	0,80	1,09
PE 6948C	136	48±1	0,20	0,30
273-83	138	50±2	0,55	0,74

Сравнение реологических характеристик испытуемых материалов с показателем кристалличности разновидностей ПЭ показало, что пробы с более высокой степенью упорядоченности структуры имеют более низкую энергию активации процесса вязкого течения. Может быть, это связано с более низкой степенью полимеризации наиболее «кристалличных» полиэтиленов.

Прочность при разрыве так же, как и твердость, стабильность, в особенности во время перевозки жидкостей и газов в условиях повышенного давления являются очень важными показателями в процессе производства и при потреблении труб. Как выяснилось, более прочны полиэтилены разновидностей 273-83 и Siolen EP. Практически то же самое можно сказать и о пределе текучести во время растяжения.

Процесс нагрева в нефти до кипения в подавляющем большинстве материалов вызывает уменьшение предела прочности при разрыве, однако на полиэтилен 273-83 это не действует, у полиэтилена Siolen EP этот показатель изменяется незначительно. Хоть образцы полиэтилена марок 273-83 и 277-73 и имеют наибольшую твердость в исходном состоянии, после вышеуказанного кипячения она заметно снижается, тогда как идентичный показатель у всех других разновидностей полиэтилена, наоборот, увеличивается, что, возможно, связано с возникновением процессов структурирования в сложной смеси

углеводородов. Лишь Siolen EP не меняет свою твердость. В результате воздействия нефти он повышает число упругости и снижает свою пластичность.

Таким образом, подводя итог проведенным нами исследованиям, можно констатировать, что полиэтилен разновидности Siolen EP имеет определенные достоинства в сравнении с более широко применяемым полиэтиленом Dowlex. В то же время необходимо отметить, что его производство обходится дешевле полиэтилена марки Dowlex и это, в свою очередь, повышает конкурентоспособность продукции, в том числе и полимерных труб, выработанных на его основе.

III.2. Экспертиза качества полиэтиленовых труб

Применение перспективных и усовершенствованных материалов в прокладке трубопровода для питьевой воды и в технических целях на данном этапе ставит перед экспертами новые задачи, в том числе и с гигиенической точки зрения [32].

В этом случае могут иметь место определенные проблемы по причине отрицательного воздействия этих материалов на химический состав жидкости, которая находится чуть ли не в постоянном контакте с полимерными материалами. Вот почему вопросы экспертной оценки качества и определения вида пластмассы, являющейся сырьем для выработки трубной продукции, приобретают повышенное значение [43,44].

Всем известно, что первичные показатели свойств воды могут значительно ухудшаться из-за процессов структурирования и деструкции, разложения на низкомолекулярные продукты, которые происходят в полимерных трубах. Квалифицированные эксперты при проведении оценки качества и соответствующих видов экспертиз пластиковых труб в оборудованных лабораториях должны выявить концентрации подобных соединений в искомым

материалах, а также сравнить их с требованиями государственных стандартов или технических условий, предъявляемых к такого рода материалам [45].

Для проведения полноценной оценки качества полимерных материалов необходимо решение нижеследующих задач и условий:

1. Полимерные трубы должны быть выработаны из материалов, которые в первую очередь не должны способствовать снижению органолептических показателей качества воды.
2. Процесс использования полимерных труб по прямому назначению не должен приводить к переходу химических соединений в транспортируемую жидкость, а если этот процесс все же имеет место, то концентрация этих соединений не должна выходить за пределы допустимых уровней, предусмотренных санитарно-гигиеническими нормами и правилами.
3. Испытываемые образцы потребительского товара не должны способствовать развитию в транспортируемой среде любых микроорганизмов и в то же самое время нейтрализовать действие дезинфицирующих веществ.
4. На полимерную продукцию должен иметься выданный в утвержденном порядке соответствующий документ от структур санэпиднадзора, согласно которому разрешается ее использование в конкретных целях.
5. Полимерная продукция, импортируемая из различных зарубежных стран, должна быть сертифицирована в соответствующем порядке в стране, где производился ее выпуск или со стороны местных сертифицирующих органов.

Как правило, проводится физико-химическая экспертиза полимерного материала с соблюдением указаний по гигиенической оценке товаров, выработанных на основе синтезированных веществ и предназначенных для установки и монтажа трубопроводной сети питьевой воды [46]. Помимо

испытываемых образцов труб на основе полимерных материалов чаще всего предоставляется и дополнительная информация:

1. Марка, промышленное и химическое название пластической массы, из которой изготовлены испытываемые образцы;
2. Определенные эксплуатационные параметры, в том числе предполагаемая температура эксплуатации, примерная продолжительность контактирования с транспортируемой жидкостью и т.д;
3. Наименование, почтовый адрес, телефоны и факс предприятия-производителя полимерной трубной продукции;
4. Название и номер государственных стандартов и технических условий, на основании которых были выпущены трубы;
5. Насколько это возможно информация о различных свойствах пластической массы, в том числе о его паропроницаемости, устойчивости к агрессивным средам, к резким термическим перепадам и т.п.

В данном случае температурный фактор стоит отметить как один из самых главных в процессе проведения экспертизы качества данного вида продукции, так как он предопределяет способность труб выполнять свою функцию безотказно в течение продолжительного времени, в пределах которого эксплуатируется материал [47].

Повышенные температурные показатели эксплуатации могут заметно уменьшать износоустойчивость, а слишком низкие отрицательные температуры приводят к значительному снижению показателя ударной прочности пластмассовых труб. Говоря по-иному, увеличивается вероятность возникновения дефектов механического характера. Все это относится в полной мере и к полиэтилену низкого давления, который является одним из основных материалов, используемых для монтажа и установки водопроводной и канализационной распределительной сети. Однако именно полиэтилен в

отличие от других термопластичных полимеров не меняет свои основные эксплуатационные характеристики в широком интервале температур, выдерживая и 60-ти градусный мороз, и нагревание до аналогичной положительной температуры. Полиэтилен обладает химической стабильностью, выдерживая длительное время практически без изменений действие как слабых, так и концентрированных органических кислот и щелочей [48].

Одной из новинок современного потребительского рынка стал радиационно сшитый, а также химически сшитый полиэтилен, устойчивый к нагреву до температуры 90°C, что позволяет применять его для проводки отопительных систем и для подачи горячей воды. Такой полиэтилен с течением времени может вытеснить из рынка многослойные комбинированные материалы подобного назначения [49].

Чтобы иметь возможность применять такой термопластичный полимер, как поливинилхлорид для установки водопроводной сети, в нем должны быть специфические составные компоненты, увеличивающие его безвредность во время контакта с водой внутреннего потребления. Поэтому, когда речь заходит об экспертизе поливинилхлоридной трубы, особое значение необходимо придавать проверке их химического состава с точки зрения санитарно-гигиенической оценки. Те же самые, а также некоторые другие показатели тщательно проверяют при экспертизе труб на основе полибутена, поливинилденфторида и фторопластов. Даже несмотря на то, что в случае, если строго придерживаться предписанной рецептуры и стандартной технологии изготовления, политетрафторэтилен является чрезвычайно термически и химически стабильным полимером, даже небольшие изменения эксплуатационных характеристик можно выявить с помощью современных методов исследования.

Быстрое развитие синтеза низкомолекулярных веществ в промышленных масштабах привело к постепенному вытеснению коррозионно нестойких

металлических труб лишенными этого недостатка трубами из пластических масс [50]. Полимерные материалы, сочетающие в себе комплекс положительных свойств применяемых до них традиционных материалов, прочно вошли в жизнь как рядового потребителя, так и большинства производителей и их не напрасно называют одним из самых перспективных материалов для производства труб. Однако расширяя масштабы их использования с этой целью, необходимо тщательно и всесторонне исследовать их различные свойства и в первую очередь санитарно-гигиенические.

Резюмируя вышесказанное, необходимо указать, что качество полиэтиленовых труб для транспортировки воды зависит от целого комплекса показателей потребительских свойств, которые предусмотрены нормативно-техническими документами на продукцию, в том числе стандартами, техническими условиями и т.д. Однако при экспертизе их качества в большинстве случаев проводится оценка, в основном, тех показателей, которые оказывают непосредственное влияние на эксплуатационные характеристики полиэтиленовых труб и прежде всего физико-механические свойства и срок службы.

III.3. Анализ преимуществ, недостатков и специфики применения полиэтиленовых труб

Многообразие сырьевых материалов, применяемых для производства трубной продукции и используемых в процессе прокладки водопроводной и отопительной сети, ставит не только перед экспертом, но даже перед обычным потребителем задачу правильно выбрать товар согласно условиям эксплуатации по цене, соответствующей его качеству. На местном потребительском рынке представлен широкий ассортимент труб из полиэтилена как низкого, так и высокого давления, сшитого полиэтилена,

полиэтилена повышенной термостойкости PE-RT, полипропилена, поливинилхлорида, а также металлопластиковые трубы [52].

Трубы на основе полимерных материалов начали массово применять при установке водопроводных и отопительных коммуникаций в домах и квартирах в 90-х годах прошлого столетия, после чего с течением времени они почти полностью вытеснили тяжелые металлические трубы из стали и чугуна. Факторами, которые предопределили выбор широкого круга потребителей стали низкая масса, невысокая цена, простота установки и ремонта и очень высокая коррозионная устойчивость. Однако все еще встречаются определенные категории потребителей, относящихся с недоверием и настороженностью к полимерным трубам. Поэтому возникает необходимость в оценке основного комплекса характеристик трубной продукции из пластических масс с тем чтобы выявить преимущества и недостатки труб их тех или иных видов материалов.

Трубы из полиэтилена низкого давления используются для установки сети холодного водоснабжения и для напорной распределительной канализационной сети. Использовать его в целях прокладки трубопровода для горячей воды и системы отопления нельзя.

Полиэтилен высокого давления, который синтезируют из низкомолекулярных соединений в условиях высокого давления, обладает пониженной плотностью и температурой перехода в вязко-текучее состояние около 110°C. Трубы из него, как правило, принято использовать для укладки канализационной системы, не подвергающейся повышенному давлению, и в качестве материала, защищающего кабельную продукцию. На его основе выпускается целый ряд потребительских товаров, например, пакеты, пленочные материалы для упаковки, трубная продукция, электрическая изоляция для высоковольтной кабельной продукции, всевозможные емкости для воды, вспомогательные детали мебели и др. [52]

При этом следует отметить, что плотность полиэтилена низкого давления выше, а его прочностные показатели лучше, чем у полиэтилена высокого давления. Температура его перехода в вязко-текучее состояние, которая составляет около 130°C также на 20°C превосходит аналогичный показатель полиэтилена высокого давления, а его способность пропускать влагу и газ в пять раз хуже относительно полиэтилена высокого давления. У него к тому же более высокая химическая устойчивость к маслам различной природы и к жирам.

Трубы из полиэтилена низкого давления используют с целью установки трубопроводы на открытом воздухе для холодного водоснабжения. На данном этапе полиэтилен низкого давления представлен, в основном, разновидностью ПЭ-100, которая практически вытеснила марку ПЭ-80. Материалы марки ПЭ-100 вполне возможно применять и с целью прокладки канализационных систем для воды при повышенном давлении. Наиболее часто их применяют при наружном монтаже трубопровода для холодной воды, а полипропиленовые трубы без армирующего каркаса — при внутреннем монтаже, поскольку полиэтилен низкого давления более стоек к относительно низким показателям температуры, хотя с точки зрения эстетических свойств уступает полипропилену. Трубы из ПНД наиболее часто бывают черного цвета, а по всей длине они маркируются синей лентой, что говорит о возможности ее использования для холодного водоснабжения.

Говоря о положительных сторонах труб на основе полиэтиленов низкого и высокого давления, в первую очередь необходимо отметить их высокую долговечность, составляющую свыше 50-ти лет. Им не нужна катодная защита в процессе прокладки через почвенный слой, поскольку на них не действует электрохимическая коррозия. Они дешевле металлических труб, не уступая им по основным эксплуатационным характеристикам. Диаметр их внутренней поверхности ввиду ее гладкости остается практически неизменным и она

остаётся свободной от различных отложений на протяжении долгого периода времени.

Помимо этого, из-за пониженной теплопроводности он характеризуется малыми потерями тепла и низкой вероятностью появления конденсированной жидкости снаружи. Эластичность труб из полиэтилена низкого давления, радиус которых может повышаться на несколько процентов при замерзании жидкости с условием обратимости процесса, позволяет им не разрушаться под действием отрицательных температур. Они значительно легче металлических труб тех же размеров и предназначенных для работы с тем же давлением, что намного упрощает их перевозку и установку, они, особенно трубы из полиэтилена низкого давления, более устойчивы к перепадам внутреннего давления.

Полиэтиленовые трубы в отличие от металлических очень легко, удобно свариваются, а места сварки труб из полиэтилена низкого давления вообще работают безотказно в течение всего срока службы. Трубы из ПНД и ПВД химически абсолютно безопасны, в них без всякого вреда можно транспортировать воду для внутреннего употребления даже при самых пониженных температурах порядка -50°C .

Для полноценной оценки труб из полиэтилена повышенного и пониженного давления уместно упомянуть и их отрицательные стороны. Они непригодны для применения в отопительных трубопроводах и для транспортирования горячей воды, их можно использовать для длительного контакта с водой при температуре 40°C и непродолжительного контакта с водой при 80°C . Показатель механической прочности этих труб ниже металлических, а долговечность при прокладке в почвенных слоях нередко бывает связана с их подвижностью.

Отрицательно на показатели качества вышеуказанных труб действует и ультрафиолетовое излучение, устойчивость к которому в определенной степени обусловлена природой веществ, ускоряющих процесс полимеризации этилена.

Стоит отметить и специфическую уязвимость полимера, т.е. вероятность образования трещин под влиянием внешних факторов, однако при наличии высокой степени полимеризации полиэтилену низкого давления данный недостаток не присущ.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Выпускаемые в мире несколько типов полиэтилена (ПЭ), произведенные по различным технологиям, значительно отличаются друг от друга как по целому ряду присущих им свойств, так и по сферам их применения. Обозначения полиэтилена на рынках различных стран может в определенной степени различаться. Объем выпуска трубных и профильных изделий на основе полиэтилена составляет до трех процентов всех выпускаемых в мире полиэтиленовых изделий.

Материалы на основе полиэтилена являются пластмассой, наиболее широко используемой при производстве экструзией, а также центробежного литья различной трубной продукции, которую отличают невысокая масса, низкая сопротивляемость потоку жидкости, гибкость, удобство сварки и монтажных работ, высокая сопротивляемость коррозии и низким температурам.

На основе исследований, проведенных в соответствии с темой диссертационной работы, мы пришли к нижеследующим выводам и считаем нужным сделать нижеследующие предложения.

1. Длина полиэтиленовых труб, вырабатываемых одним из непрерывных способов, может быть разной, внутренний диаметр изменяться в пределах 5-300 мм, а толщина — от 1,5 до 11мм. ПЭ трубы с малым диаметром навиваются на барабаны. Литьевым методом готовят трубную арматуру, в том числе трубы в форме «колен» под прямым углом и под 45°, муфты, переходники, «бочонки», тройники и т.д. Трубные изделия, диаметр которых доходит до 1500 мм и более, а толщина составляет порядка 25 мм вырабатывают литьевым центробежным способом.

2. Повышенная устойчивость к химическим реагентам и гибкость ПЭ труб обусловили их применение как материала, транспортирующего разные жидкости, в том числе воду, химически агрессивные растворы, а также газы,

служащего для формирования водопроводной сети как внутри зданий, так и снаружи, используемого в оросительных системах и др.

3. Рабочие диапазоны температур труб из полиэтилена пониженной плотности составляют не выше 60°C, а из полиэтилена повышенной плотности доходят до 100°C. Кроме того, они прекрасно себя зарекомендовали в условиях пониженных температур, выдерживая 60 градусный мороз, и отлично сопротивляются почвенному воздействию.

4. Синтез полиэтилена, обладающего сшитой структурой, методом вулканизации обходится недорого и это целесообразнее в технологическом плане в отличие от облучения.

5. «Сшитый» полиэтилен РЕ-Х значительно прочнее и более стоек как к действию тепла, так и к действию ультрафиолетовых лучей по сравнению с его традиционными разновидностями. Он с успехом применяется для транспортировки как холодной, так и горячей воды, в том числе и в отопительных системах, включая «теплый» пол.

6. Основываясь на анализ структуры потребительского рынка трубной продукции, в качестве объектов для исследований мы отобрали наиболее распространенные в торговой сети нашей страны трубы ПЭ 100, РЕ-Х и другие разновидности полиэтилена от различных производителей из ближнего и дальнего зарубежья.

7. Физико-химические свойства полимера позволяют добиться отменной герметичности и хорошей стабильности при воздействии агрессивных сред, которые содержатся как в почве, так и в составе транспортируемой жидкости, что в конечном итоге повышает стойкость материала к коррозии и препятствует возникновению карбонатных отложений на стенках труб.

8. Трубопроводы, сделанные из стали, должны быть защищены посредством изоляционного слоя от пассивной коррозии, тогда как их полимерные аналоги в подобных мерах не нуждаются. По причине низкой

теплопроводности всех марок полиэтилена произведенным на их основе трубам не требуется изоляции в масштабах, которые используются для стальных труб.

9. Как и все пластические массы, полиэтиленовые трубы имеют изменчивые показатели и некоторую анизотропию в свойствах. Наблюдается и определенная взаимосвязь между природой, характером действующей силы, временем ее действия и напряжением, изменением формы материала трубы. Повышение температуры эксплуатации также снижает эксплуатационные параметры полиэтилена. Улучшения эксплуатационных характеристик полиэтиленов можно добиться добавкой к другим компонентам особых присадок различного типа.

10. Накопленный опыт проводки и монтажа полимерных труб, а также восстановления вышедших из строя металлических газопроводов с использованием полиэтиленовых труб, практика их работы в деле и проведенные испытания физико-механических свойств говорят о больших перспективах использования ПЭ труб в системах газовой сети.

11. В результате исследования было установлено, что максимальная температура перехода в вязко-текучее состояние из всех исследованных материалов наблюдалась у полиэтилена марки Siolen EP. Он же был самым «кристаллическим» из всех образцов. Идентичные же эксплуатационные характеристики полимера серии Dowlex находятся на более низком уровне, что говорит о значительном влиянии степени кристалличности полиэтилена на температуру его плавления. Объяснить это можно более высокой упорядоченностью упаковки макромолекул у первого вида полиэтилена, что, несомненно, уменьшает расстояние между макромолекулами и усиливает межмолекулярные связи.

12. Можно констатировать, что полиэтилен разновидности Siolen EP имеет определенные достоинства в сравнении с более широко применяемым полиэтиленом Dowlex. В то же время необходимо отметить, что его производство обходится дешевле полиэтилена марки Dowlex и это, в свою

очередь, повышает конкурентоспособность продукции, в том числе и полимерных труб, выработанных на его основе.

13. На данном этапе основными направлениями развития промышленности по выработке полиэтиленовых труб видятся повышение их механической прочности, особенно в условиях подвижности почвы, с сохранением комфорта свариваемости, повышение безвредности продукции, контактирующей с питьевой водой, и снижение ее себестоимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брык М.Т., Липатова Т.Э. Физико-химия многокомпонентных полимерных систем — Киев: Наукова думка, 1986
2. В.Д.Альперн. Полиэтилен 100: Новые рубежи // Трубопроводы и экология, №3, 2001
3. Воробьева Г.Я. Химическая стойкость полимерных материалов — Москва: Химия, 1984
4. Бартенев Г.М. Прочность и механизм разрушения полимеров — Москва: Химия, 1984
5. Эммануэль Н.М., Бучаченко А.Л. Химическая физика старения и стабилизация полимеров — Москва: Наука, 1982
6. Шляпинтех В.Я. Фотохимические превращения и стабилизация полимеров — Москва: Химия, 1979
7. Теплов В.И. и др. Коммерческое товароведение — М.: ИТК «Дашков и К^о», 2000
8. <https://dcenter.hse.ru>
9. И.В.Гвоздев. Трубные марки полиэтилена типа ПЭ 100 // Полимергаз, №1, 2001
10. В.Е.Бухин. Сшитый полиэтилен перспективный материал для систем водоснабжения и отопления. Трубопроводы и экология // №4, 1998
11. <http://chem21.info>
12. Тагер А.А. Физико-химия полимеров — Москва: Химия, 1978
13. Зуев М.С. Разрушение полимеров под действием агрессивных сред — Москва: Химия, 1979
14. Моисеев Ю.В., За Г.Е. Химическая стойкость полимеров в агрессивных средах — Москва: Химия, 1979
15. <http://poltavhim.pl.ua>
16. <https://polymers.com.ua>

17. ГОСТ 18599-2001. Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия
18. <http://svarmetall.ru>
19. В.С.Логинов, Кайгородов Г.К. Полиэтиленовые подземные газовые сети — Ленинград: Недра, 1991
20. Под редакцией Карнауха Н.Н. Полимеры в газоснабжении. Справочник — Москва: Машиностроение, 1998
21. В.Ю.Каргин и др. Полиэтиленовые газовые сети. Материалы для проектирования и строительства — Саратов, 2001
22. <http://www.polyplastic.ru>
23. <http://spb-pik.ru>
24. Федюкин В.И., Дурнов В.Д., Лебедев В.Г. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции — Москва: Фимен-Рилант, 2000
25. Голубятникова А.Г. и др. Исследование непродовольственных товаров — Москва: Экономика, 1982
26. <http://kompozit-test.ru>
27. <https://santehstandart.com>
28. <http://arielplast.ru>
29. <https://воронежпласт.рф>
30. <http://tehstroj.ru>
31. <https://ingplast.ru>
32. Шектель В.О., Катаева С.Е. Миграция вредных химических веществ из полимерных материалов — Москва: Химия, 1978
33. <http://gubkin.ru>
34. И.П.Сафронова и др. Полиэтиленовые трубопроводы — это просто. — Москва, 2007
35. <https://msd.com.ua>

36. Лифиц И.М. Теория и практика оценки конкурентоспособности товаров и услуг — М.: Юрайт, 2001
37. Варакута С.К. Управление качеством продукции — Москва: Инфра-М, 2001
38. Сероштан М.В., Михеева Е.Н. Качество непродовольственных товаров — М.: ИТК «Дашков и К^о», 2000
39. Петрище Ф.А. Теоретические основы товароведения и экспертизы непродовольственных товаров — М.: ИТК «Дашков и К^о», 2004
40. Мишин В.М. Управление качеством — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006
41. <https://cyberleninka.ru>
42. <http://files.stroyinf.ru>
43. Николаева М.А. Товароведение потребительских товаров. Теоретические основы — М.: НОРМА, 2004
44. Неверов А.Н., Чалых Т.И. Товароведение и экспертиза промышленных товаров — М.: МЦФЭР, 2005
45. Вилкова С.А. Экспертиза потребительских товаров — М.: ИТК «Дашков и К^о», 2007
46. Ляшко А.А., Ходыкин А.П., Волошко Н.И., Снитко А.П. Товароведение, экспертиза и стандартизация — М.: «Дашков и К^о», 2015
47. Жиряева Е. Товароведение — С.-Пб.: Питер, 2002
48. <http://sud-expertiza.ru>
49. <https://www.expertiza.expert>
50. <https://studref.com>
51. ГОСТ Р 50838-2009. Трубы из полиэтилена для газопроводов
52. <https://termogorod.ru>

Polietilen boruların müasir çeşidi və keyfiyyətinin ekspertizası

Magistr Usubzadə Lalə Elşən qızı

XÜLASƏ

Dissertasiya işində polietilen boruların müasir çeşidi təhlil edilmiş və keyfiyyətinin ekspertizası aparılmışdır.

Magistr dissertasiyasının qarşısında qoyulan məqsədə çatmaq üçün aşağıda qeyd olunan məsələlər həllini tapmışdır: polietilenin istehsal vəziyyəti və dünya bazarında müşahidə edilən tendensiyalar, polietilenin quruluşu, xassələri və alınması, müxtəlif növləri və tətbiq sahələri haqqında material sistemləşdirilmiş, plastik kütlələrdən hazırlanmış boruların müasir çeşidi öyrənilməklə tədqiqat obyektləri və metodları müəyyənləşdirilmiş, polietilen boruların keyfiyyət göstəriciləri təhlil edilmiş, bəzi istehlak xassələri tədqiq edilmiş, keyfiyyət ekspertizası aparılmışdır, tədqiqatlar polietilen boruların üstünlükləri, çatışmazlıqları və tətbiq spesifikasiyasını müəyyənləşdirməyə imkan vermişdir. Dissertasiyanın aktuallığı daxili bazarda mövcud olan polietilen boruların müasir çeşidinin öyrənilməsi, onların istehlak xassələrinin tədqiq edilməsi, ekspertizasının aparılması və yekun etibarilə üstünlüklərinin, çatışmayan cəhətlərinin müəyyənləşdirilməsi yolu ilə tətbiqi ilə bağlı təkliflərin verilməsindən ibarətdir.

Modern type of polyethylene pipes and quality expertise

Master Usubzadeh Lala Elshan

SUMMARY

In the dissertation, the modern type of polyethylene pipes were analyzed and their quality was examined.

The following issues have been solved to achieve the objectives of the master dissertation: condition of polyethylene production and trends observed in the world market, structure, properties and acquisition of polyethylene, varied types and material about application areas is systematized, research objects and methods have been identified with the study of modern types of plastic pipes, quality indicators of polyethylene pipes have been analyzed, some consumption characteristics have been investigated, quality expertise have been carried out, studies have identified the advantages, shortcomings and application specifications of polyethylene pipes. The relevance of dissertation consists of determination and application-related suggestions of the study of current types of polyethylene pipes existing in the domestic market, investigation of their consumer properties, their examination and ultimately, their advantages and deficiencies.