

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)

Кафедра «Нанотехнологии, материаловедение и механика»

(наименование)

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

(код и наименование направления подготовки)

Инжиниринг перспективных материалов и диагностика поведения материалов в изделиях

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему «Древеснонаполненный полипропилен как материал для деталей
интерьера автомобилей»

Обучающийся

М.Ю. Воронцова

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент кафедры НМиМ М.Н.Тюрьков

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Содержание

Введение	3
1. Обзор Существующих Материалов Для Изготовления Деталей Интерьера Автомобилей	6
1.1 Дефекты деталей интерьера автомобиля	7
1.2 Пенополиуретан	10
1.3 Полистирольные пластики.....	11
1.4 Полипропилен	12
1.5 Древесно-пластиковые композиты (ДПК)	14
2. Методы Испытаний Полимерных Материалов	16
2.1 Теплостойкость 100°С x 24 часа	16
2.2 Испытания на ударную вязкость по Шарпи	17
2.3 Температура изгиба под нагрузкой	22
2.4 Плотность	24
2.5 Разрушающее напряжение при растяжении и относительное удлинение при разрыве.....	24
2.6 Изгибающее напряжения при максимальной нагрузке.....	25
2.7 Модуль упругости при изгибе	26
2.8 Скорость горения	27
2.9 Определение усадки	31
3. Технология Изготовления Листовых Древесно-Наполненных Пластиков	33
3.1 Исходное сырье и материалы для изготовления ДНПП	39
3.2 Технологический процесс производства листа ДНПП	52
3.3 Разработка экспериментальных составов ДНПП	64
3.4 Технология формования обивки двери методом штампования	67
4. Исследование Свойств Днпп	71
4.1 Климатические испытания.....	71
4.2 Физико-механические свойства.....	73
4.3 Исследование свойств изделий.....	76
Заключение	79
Список используемой литературы	80

Введение

Машиностроение занимает ведущее место в нашей жизни, в сфере которого внедряются самые современные инновационные разработки. В силу экономических требований в автомобилестроении широко предпринимаются попытки совместить высокие технологии используемых материалов и оборудования со снижением стоимости их производства. Одним из перспективных материалов является пластмасса. Кузовные детали современных автомобилей изготавливают из самых технологичных типов пластика. Стойкость этих материалов к ударным нагрузкам, высочайшая антикоррозионная стойкость и малый удельный вес – преимущества, недостижимые металлом. Изделия из пластмассы, эффективно совмещают в себе высокие эксплуатационные характеристики, простоту изготовления и низкую себестоимость [1].

Большинство интерьерных деталей салона автомобиля, таких как бампера, накладки дверей, панели приборов и т.д. изготавливаются из полипропилена. Полипропилен обладает низкой плотностью, высокой механической прочностью, повышенной теплостойкостью, хорошей способностью к восстановлению, а также возможностью к регенерации. Кроме того, полипропилен является экологически чистым материалом, что не мало важно для здоровья человека.

В период, когда серийно используемые конструкции цельноформованных обивок дверей изготавливались на основе жесткого заливочного пенополиуретана, были зафиксированы замечания по деформационной устойчивости и короблению деталей.

В настоящее время особое внимание уделяется разработке древесно-полимерных композитов (ДПК) на основе дешёвых отходов растительного происхождения и термоэластопластов. Первостепенной задачей является выполнение весьма высоких и обоснованных технических требований, разработанных специалистами автопрома к материалам данного класса, а

также поддержание их производства на должном и стабильном уровне качества.

Актуальность данной работы заключается в освоении материала древесно-наполненного полипропилена для изготовления деталей интерьера автомобиля, как наиболее экономичного и рационального с точки зрения комплекса свойств, взамен заливочного жесткого пенополиуретана.

Цель проводимой работы в повышении эксплуатационных характеристик материала, применяемого для изготовления деталей интерьера автомобиля.

Для достижения поставленной цели в рамках данной работы необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ материалов, применяемых для изготовления деталей интерьера автомобилей, выделить ключевые характеристики;
- подобрать материал, обладающий необходимым комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств;
- изготовить опытные образцы материала для производства деталей интерьера автомобиля;
- провести лабораторные испытания по определению физико-механических и эксплуатационных свойств.

Практическая ценность работы:

Показано, что изделия, изготовленные из ДНПП обладают экологичностью, огнестойкостью, высокой теплостойкостью, жесткостью, увеличенным запасом деформационной устойчивости при повышенной температуре, а также элегантным и практичным дизайном.

Разработанная композиция ДНПП рекомендована для производства цельноформованных обивок дверей взамен традиционно используемых обивок из ППУ.

Личный вклад автора заключается в сборе и анализе литературных данных, участии в постановке задач и их дальнейшем решении, в проведении

экспериментальных исследований, обсуждении результатов, в формулировании выводов по сделанной работе.

Структура и объем работы:

Магистерская диссертация представлена на 82 страницах, включает 38 рисунков и 17 таблиц, содержит 41 источник литературы. В состав работы входит введение, 4 раздела, заключение и список используемых источников.

Публикации автора в сборнике научно-практической конференции «Студенческие Дни науки в ТГУ - 2021»: Воронцова М.Ю. / «Исследование свойств композиций полипропилена для деталей интерьера и экстерьера автомобилей» / М.Ю. Воронцова, М.Н. Тюрков // Сборник студенческих работ. Студенческие дни науки в ТГУ -2021. – С. 537-540. По итогам научно – практической конференции, в направлении «Машиностроение» работа заняла 2 место.

1. Обзор Существующих Материалов Для Изготовления Деталей Интерьера Автомобилей

Применение пластмасс в конструкции автомобилей приобретает все более широкие масштабы. Это объясняется в первую очередь тем, что по ряду показателей пластики значительно превосходят традиционные материалы, используемые в автомобилестроении [2]. За последнее время произошли принципиальные сдвиги в области применения пластмасс в производстве автомобилей. Ранее из пластиков изготавливались только детали электротехнического и декоративного назначения [2].

В настоящее время в конструкции автомобилей применяются разнообразные полимеры: полиолефины, ПВХ, фторопласты, полистирол, полиамиды, полиуретаны, стеклопластики и другие [2].

Требования к внешнему виду изделий интерьера и экстерьера автомобиля в последнее время чрезвычайно возросли. Кроме того, материалы должны обладать достаточно высокими вязко-упругими свойствами, с целью обеспечения современных норм пассивной безопасности.

Самое главное преимущество пластиков в том, что они обладают комплексом свойств, необходимых для конкретного конструкционного задания. А от того, насколько соответствует материал условиям эксплуатации, зависит надежность детали и, в конечном итоге, безопасность автомобиля, комфорт водителя и пассажиров [2].

Главными критериями выбора материала являются: цена и вес; технологичность литья; размерная стабильность; вторичная переработка материала; отсутствие каких-либо летучих продуктов и запахов; внешний вид изделия, отвечающий эстетическим требованиям потребителя; система управления энергией удара; устойчивость к механическим воздействиям [1].

1.1 Дефекты деталей интерьера автомобиля

Потребители нередко сталкиваются с возникновением различных видовых дефектов интерьера автомобиля в процессе эксплуатации. Наиболее часто встречающиеся эксплуатационные дефекты деталей интерьера салона автомобиля, такие как появление «трещин», «коробление», «деформация». На рисунках 1-5 приведены примеры дефектов.



Рисунок 1 – Дефект типа «разрушение, образование трещин»



Рисунок 2 – Дефект типа «трещина» на панели приборов



а)



б)

Рисунок 3 – Дефект типа «царапины» на деталях интерьера салона автомобиля

Первостепенной задачей является выполнение весьма высоких и обоснованных технических требований, разработанных специалистами автопрома к материалам данного класса, а также поддержание их производства на должном и стабильном уровне качества.



Рисунок 4 – Дефект типа «коробление» на обивки двери из жесткого ППУ



Рисунок 5 – Дефект типа «коробление» обивки двери из жесткого ППУ (в процессе эксплуатации)

При анализе причин возникновения дефекта «коробление обивки двери» было выявлено, что при повышении температуры, в салоне автомобиля возникает парниковый эффект и температура на поверхности обивок повышается и достигает ста 100°C и выше (рисунок 6). Жесткая заливочная система ППУ обеспечивает теплостойкость изделий при температуре не более 90°C и не гарантирует деформационной устойчивости при более высоких температурных нагрузках.

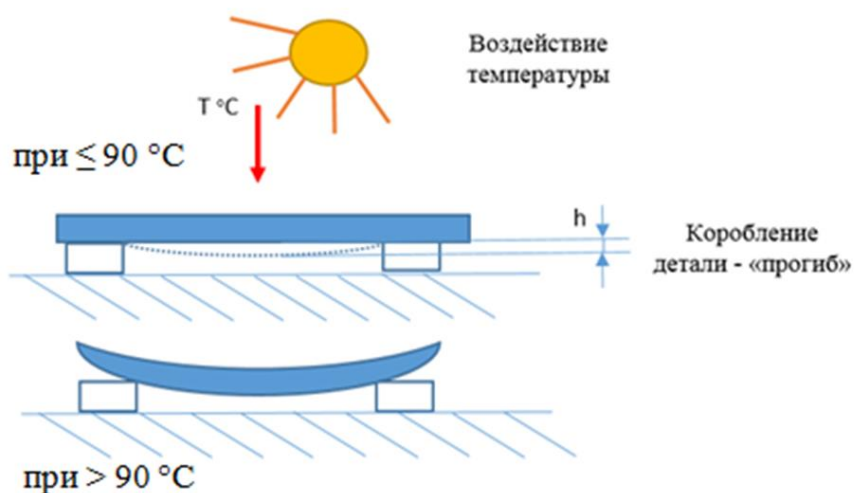


Рисунок 6 – Схема коробления изделия под воздействием температуры

1.2 Пенополиуретан

Пенополиуретан является представителем композитных полимерных материалов, в котором газовая фаза является наполнителем. Пенополиуретаны являются универсальным материалом: на их основе изготавливают эластичные, полужесткие и жесткие материалы.

ППУ обладает достаточно большой универсальностью. Они изготавливаются в широком диапазоне сортов, разной плотности и жесткости. Варианты применения ППУ разнообразны и варьируются от эластичных пен, применяемых в сиденьях, до жестких материалов (рисунок 7), используемых в конструкциях корпуса, например, в качестве подложки дверной панели [3-6].

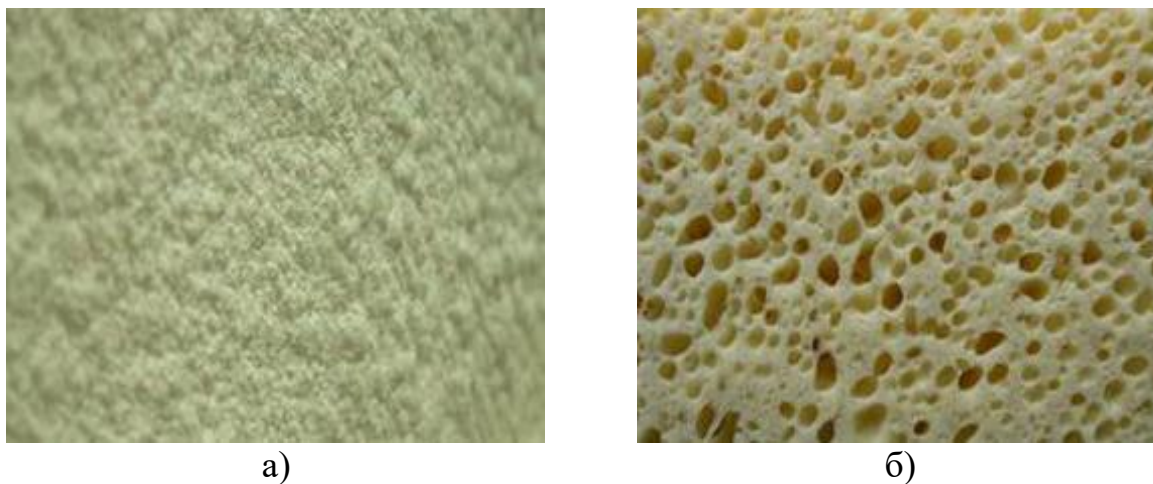


Рисунок 7 – Жесткий пенополиуретан (ППУ)

Жесткие пенополиуретаны получили в автомобилестроении большое распространение. Они предназначены для изготовления формованных деталей внутреннего интерьера. Технология формования деталей из жесткого ППУ позволяет получать изделия практически любой формы и размеров [3].

Как показала практика, композиция из ППУ имеет ряд преимуществ, это в частности повышенная износостойкость и абразивная стойкость, но невысокий предел рабочих температур, по сравнению с другими видами пластиков [6].

В таблице 1 представлены физико-механические характеристики ППУ, применяемого в серийном изготовлении обивок дверей:

Таблица 1 – Основные физико-механические характеристики ППУ

Наименование показателя	Значение
Верхний предел рабочих температур, °С	90
Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м ²	0,6
Температура изгиба под нагрузкой при 1,8МПа, °С	80
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа	2,45
Усадка (100 ± 2)°С x24 часа., %	0,5

1.3 Полистирольные пластики

Полистирольные пластики – полимеры, полученные полимеризацией стирола или сополимеризацией этого мономера с другими мономерами. Полистирол, т.е. полимер, полученный полимеризацией стирола, обладает высокой водостойкостью, прекрасными диэлектрическими свойствами, хорошей химической стойкостью. Основными недостатками полистирола: низкая атмосферостойкость, невысокая термическая стойкость, склонность к растрескиванию, низкие прочностные свойства. Поэтому чистый полистирол не применяется в конструкции автомобиля. Широкое применение находят сополимеры стирола – АБС-тройной сополимер акрилонитрилбутадиена и стирола [2].

Сополимеры АБС, или АБС-пластики, обладает высокой механической прочностью, достаточной тепло-, морозо- и атмосферостойкостью. Они стойки к воздействию бензина и смазочных масел. Детали из АБС-пластика имеют хороший декоративный вид [2].

В автомобильной промышленности применяются для изготовления кожуха вентилятора отопителя, кожух облицовочного вала руля, решётку

радиатора, кожух радиатора отопителя, корпус сопла, ручки и заслонки воздухопроводов, облицовки стоек, дверей, боковины [2].

1.4 Полипропилен

В настоящее время особое внимание уделяется освоению производства ряда новых марок композиций полипропилена, предназначенных для изготовления деталей интерьера и экстерьера автомобилей [1].

Полипропилен (ПП) как основа полимерных композиций для деталей экстерьера автомобилей к настоящему времени уверенно вышел на первое место среди других промышленных пластиков. Наряду с основной - экономической причиной (ПП значительно дешевле и стабильнее по ценам, чем альтернативные пластики) в его же пользу проявляются и ярко выраженные экологические преимущества как в сфере переработки в изделия, так и в сфере эксплуатации на автомобильной технике. В отличие от тех же ППУ, АБС и ПК, с ним нет проблем с последующей утилизацией материала после выхода изделий из эксплуатации [1].

Полипропилен (-CH₂-CH-) n CH₃ – продукт полимеризации пропилена при низком давлении. По сравнению с полиэтиленом полипропилен имеет более высокую механическую прочность и жёсткость, большую теплостойкость и меньшую стойкость к старению. Имеет хорошие химические и диэлектрические свойства [4]. Разрушающее напряжение при растяжении достигает 25-4- МПа. Недостатком полипропилена является его невысокая морозостойкость (-20°C). В автомобилестроении полипропилен применяется для изготовления колец и прокладок изолирующих пружин подушки опоры двигателя, расширительного бачка, чехла защитного рычага привода ручного тормоза, крышки и корпуса блока предохранителей, для антикоррозионной футеровки резервуаров, электроизоляционных деталей, а также изготовления деталей применяемых при работе в агрессивных средах, корпусные детали автомобилей и корпуса аккумуляторов, прокладки, фланцы, корпуса

воздушных фильтров, конденсаторы, вставки демпфирующих глушителей, зубчатые и червячные колёса, ролики, подшипники скольжения, фильтры масляных и воздушных систем, рабочие детали вентиляторов, насосов, уплотнения, кулачковые механизмы, изоляция проводов и пружин [4].



Рисунок 8 - Гранулы полипропилена

Полипропилен (рисунок 8), сочетающий прочность с небольшим весом, занимает особое место в автомобилестроении. Такую популярность материал приобрел не сразу. Долгое время производители автомобилей придерживались классических решений (металл, дерево, ткань и др.). Однако практика показала, что полипропилен достаточно прочный, долговечный, устойчив ко многим химическим растворителям и кислотам, обладает высокой теплостойкостью и формоустойчивостью. Немаловажное значение имеет его маленький вес. Легкий вес изделий из полипропилена делает автомобили более экономичными. Для получения определенных свойств состав полипропилена может меняться с использованием различных наполнителей: органические волокна, древесный наполнитель, стекловолокно, тальк, слюда, каолин, углеродные и другие наполнители.

1.5 Древесно-пластиковые композиты (ДПК)

Для любого материала механические свойства являются его самыми основными показателями эффективности. Полимер - это типичный вязкоупругий материал, механические свойства которого зависят от времени и температуры. Древесно-пластичные материалы, состоящие из полимерной матрицы и древесных наполнителей, также обладают вязкоупругими характеристиками и проявляют механические свойства, связанные со временем и температурой эксплуатации.

Древесно-пластиковые композиционные материалы сочетают в себе отличные эксплуатационные характеристики как дерева, так и пластика. Такими как низкая стоимость, зеленая охрана окружающей среды, лучшая тепловая и акустическая изоляция, лучшая долговечность, коррозионная стойкость, защита от плесени, возможность вторичной переработки и другие [8].

Такие материалы обладают лучшей прочностью и жесткостью, чтобы заменить традиционные высокоэффективные волокнистые или армированные стекловолокном композиты, это помогает облегчить все более серьезные экологические проблемы и нехватку ресурсов.

Довольно широко древесно-полимерные композиты используются в автомобильной промышленности. Древесно-пластмассовые композиты обладают огнезащитными свойствами, которые получают путем смешивания и добавления огнезащитных агентов с древесным порошком, полимером и другими добавками. Огнеопасность - очень важный показатель для деталей интерьера и экстерьера автомобилей, к которому предъявляются жесткие требования [7].

Классификацию древесно-пластмассовых композитов можно условно представить в виде схемы (рисунок 9):

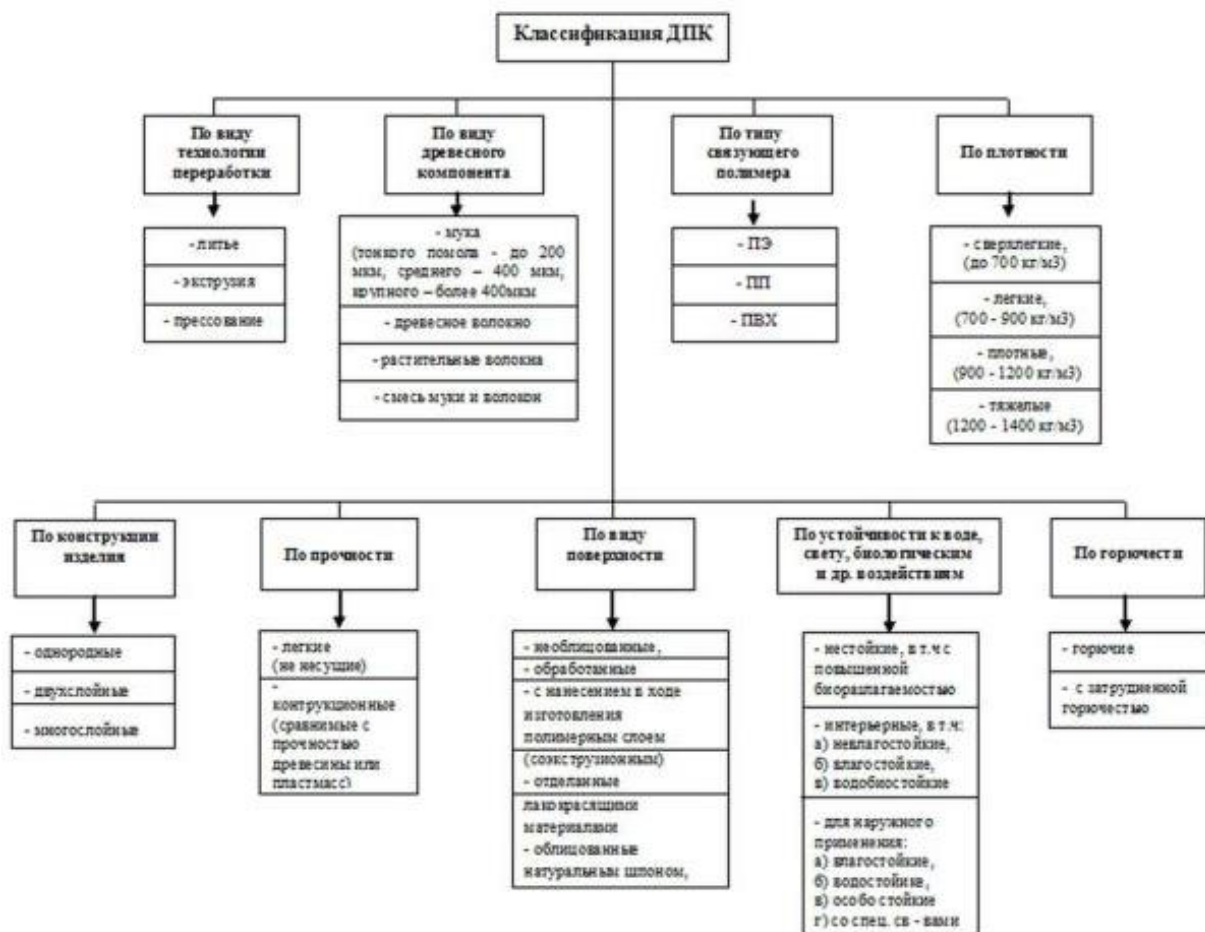


Рисунок 9 – Классификация ДПК

Выводы по разделу

Используемые на данный момент материалы для изготовления деталей интерьера автомобиля не обеспечивают необходимых нам характеристик. В процессе эксплуатации этих материалов постоянно возникают разного рода дефекты, такие как «трещины», «коробление», «деформация». Для обеспечения приемлемых эксплуатационных характеристик требуется или разработка принципиально новых, или модификация существующих материалов.

2. Методы Испытаний Полимерных Материалов

Оценка качества изделий из полимерных материалов заключается в обеспечении эксплуатационных свойств детали в определенных условиях. Для этого нам необходимо провести климатические испытания и определить физико-механические показатели на соответствие требуемым характеристикам. Физико-механические характеристики, условия испытаний и требования различаются в зависимости от места установки деталей в транспортное средство и условий эксплуатации, поэтому после подбора материала необходимо исследовать само изделие. Существуют стандартные методы испытаний материалов, по которым может быть сделано заключение о возможности применения его для производства деталей интерьера автомобиля, эти методы и использовались в настоящей работе.

2.1 Теплостойкость 100°C x 24 часа

Для проведения испытания использовалась термокамера (рисунок 10), обеспечивающая температуру (100 ± 2) °C. Из разных участков листа вырезали три образца, размером 200x200 мм. Образцы разместили на плоском металлическом листе, предварительно посыпанном тальком, поместили в термокамеру с температурой (100 ± 2) °C на 24 часа. Далее образцы извлекают из термокамеры и, не снимая с листа, оставляют на 2 часа при комнатной температуре. Осматривают образцы и отмечают возможные изменения внешнего вида, в том числе отклонения от плоскостности с точностью до 1мм. За результат испытания принимается наибольшая величина отклонения.



Рисунок 10 – Климатическая камера
КХТВ-800



Рисунок 11 - Маятниковый копер
Instron CEAST серии 9050

2.2 Испытания на ударную вязкость по Шарпи

Испытания на ударную вязкость по Шарпи проводилось с использованием оборудования маятниковый копер фирмы Instron модель CEAST серии 9050 (рисунок 11) в соответствии с ГОСТ 4647-2015 «Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Шарпи» [10].

Маятниковый копер предназначен для определения ударных свойств термопластичных материалов. Принцип действия копра основан на измерении величины энергии, которая затрачивается на разрушение образца при ударе молотом маятника, свободно качающегося в поле силы тяжести. С маятником связан датчик угла поворота на базе фотоэлектрического преобразователя, регистрирующий начальный и конечный углы поворота маятника в начале падения и потенциальной энергии в точке взлета маятника. Значение потенциальной энергии определяется массой и углом отклонения маятника.

Управление копром осуществляется с помощью панели управления (рисунок 12) через программное обеспечение CeastPND[11].



Рисунок 12 - Панель управления маятникова копра

Данное оборудование имеет следующие технические и метрологические характеристики: номинальное значение потенциальной энергии сменного маятника – 2 Дж, допускаемое отклонение запаса потенциальной энергии маятника от номинального значения $\pm 0,5\%$, диапазон измерения энергии $0,02 \div 1,60$ Дж, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения энергии $\pm 0,02$ Дж, потеря энергии при свободном качании маятника за половину полного колебания 1%. Это соответствует требованиям методики и полностью нам подходит [11].

Данный метод применяют для определения ударных нагрузок и оценки хрупкости или вязкости материала. Сущность метода заключается в испытании, при котором образец, лежащий на двух опорах (рисунок 13), подвергается удару маятника с постоянной скоростью (при ударе "плашмя") [10].



Рисунок 13 -
Положение образца на
опорах



Рисунок 14 - Молот Шарпи
с запасом энергии 2 Дж

Для испытаний использовались подготовленные образцы без нанесения надреза. Для испытания использовался маятниковый копер с запасом энергии маятника 2 Дж (рисунок 14) и скоростью маятника 2,9 м/сек.

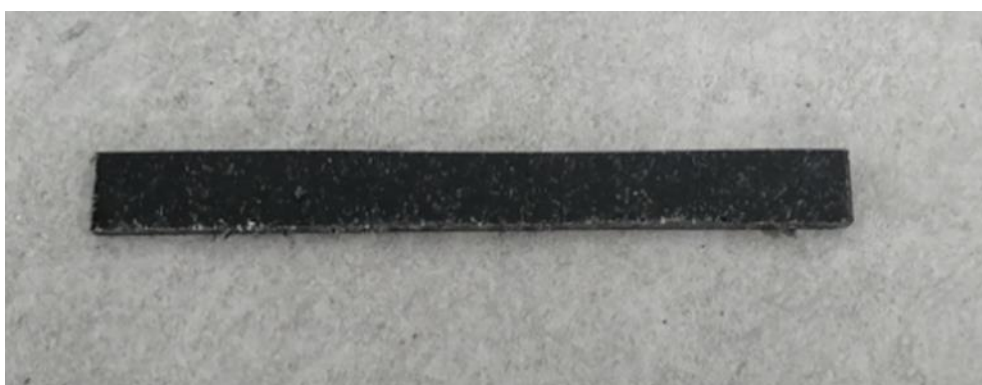


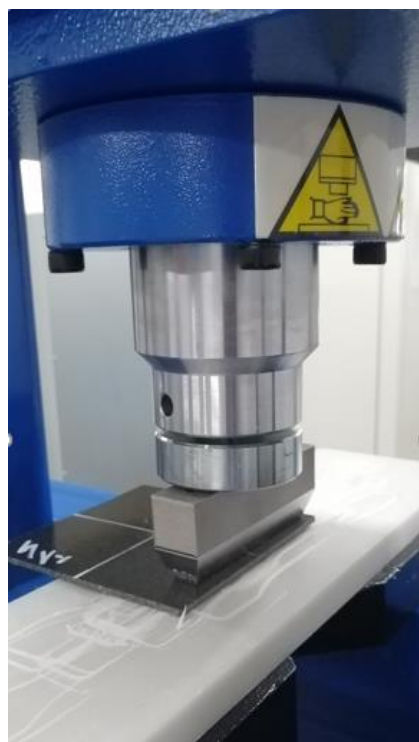
Рисунок 15 - Образец для испытаний на ударную вязкость

Образцы (рисунок 15) изготавливают методом механической обработки. Вырезают (вырубают) образцы типа 2, размером 80 x 10 x 4 мм в разных местах

вдоль и поперек направления экструзии. Не менее десяти образцов в каждом из направлений экструзии. Мы изготавливали образцы с использованием ленточной пилы Makita (рисунок 16), вырубного гидравлического прессы Nordberg N3630L (рисунок 17) и вырубного ножа (рисунок 18).

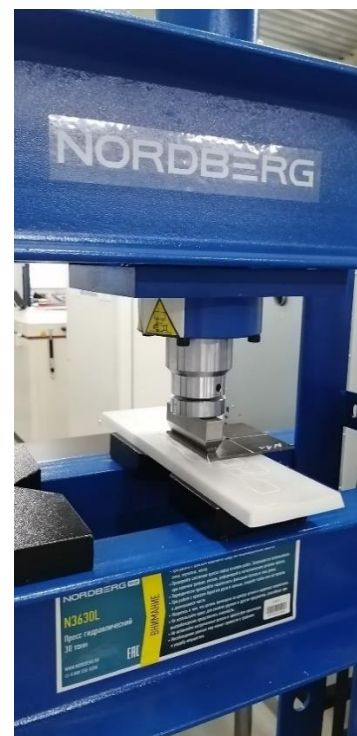


Рисунок 16 - Процесс изготовления образцов на ленточной пиле Makita



а)

Рисунок 17 - Вырубной гидравлический пресс Nordberg N3630L



б)



Рисунок 18 - Вырубной нож



Рисунок 19 - Замеры размеров образцов микрометром МК-25 0.01 ЧИЗ

Перед испытанием нам необходимо провести замеры толщины и ширины образцов [12]. Для замера размеров образцов мы использовали микрометр МК-25 0.01 ЧИЗ (рисунок 19).



Затем образец помещается на опоры (рисунок 20), его размеры заносятся в ПО маятникового копра и проводятся испытания, снимаются полученные результаты.

Рисунок 20 - Проведение испытаний ударная вязкость по Шарпи

2.3 Температура изгиба под нагрузкой

Температуру изгиба под нагрузкой мы определяли на приборе фирмы Instron HDT/Vicat с 2 независимыми рабочими станциями модель HV3S (рисунок 21) в соответствии с ГОСТ 12021-2017 "Пластмассы и эбонит. Метод определения температуры изгиба под нагрузкой"[13].

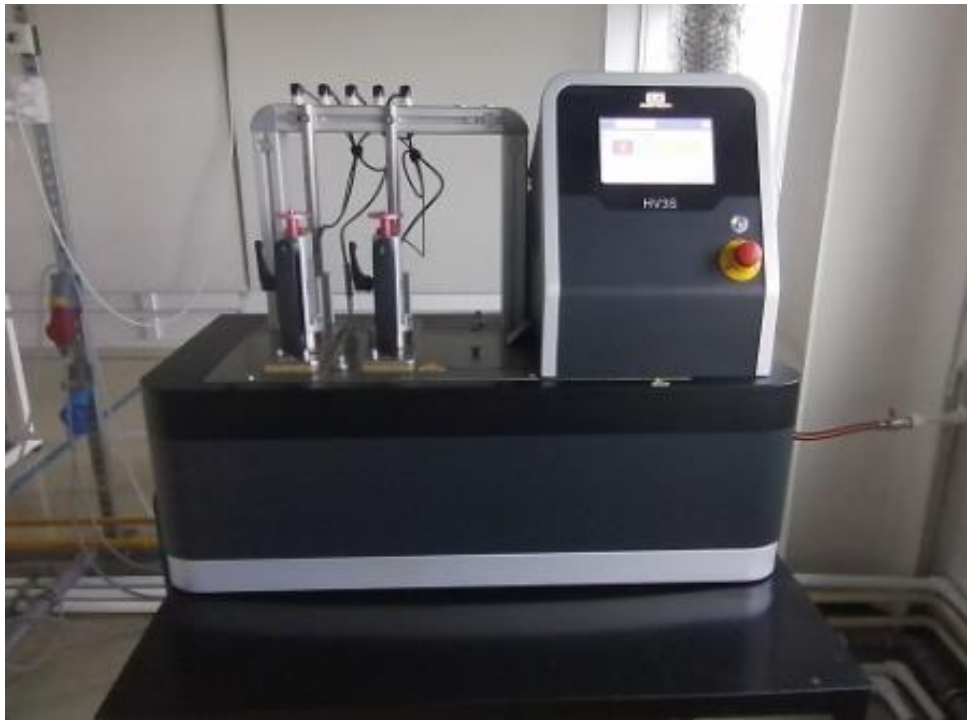


Рисунок 21 - Прибор Instron HDT/Vicat с двумя независимыми рабочими станциями модель HV3S

Прибор HDT/VICAT предназначен для измерений температуры размягчения пластика по Вика (VICAT) и температуры деформации пластика под воздействием механической нагрузки (HDT) в соответствии с требованиями международных стандартов. Система оснащена двумя рабочими станциями. Оборудование имеет электронное микропроцессорное управление, клавиатуру и графический светодиодный дисплей. Все системы используют измерительные преобразователи линейных перемещений (LVDT) и независимые термосопротивления, размещенные в каждой станции и обеспечивающие высокую точность и воспроизводимость результатов [14].

Для испытания из листов вырезали в разных местах вдоль и поперек направления экструзии не менее двух образцов. Температуру изгиба определяли при напряжении 1,80 МПа [15].

2.4 Плотность

Плотность определяли по ГОСТ 15139 методом обмера и взвешивания. Для испытаний вырезали не менее трех образцов размером 50 x 50 мм из разных мест листа [9]. Суть методики в определении плотности образца по отношению массы к его объему. Определяется непосредственно способом обмера и взвешивания. Масса образца определяется взвешиванием с точностью до 0,0001 г. Линейные размеры необходимо производить с точностью до 0,1% от минимального размера образца [16]. Взвешивание проводилось на аналитических весах фирмы AND (рисунок 22). Для измерения линейных размеров использовался электронный штангенциркуль Калиброн (рисунок 23). Используемое оборудование соответствует требованиям ГОСТ и подходит нам для проведения измерений.



Рисунок 22 – Весы аналитические фирмы AND



Рисунок 23 - Электронный штангенциркуль Калиброн

2.5 Разрушающее напряжение при растяжении и относительное удлинение при разрыве

Разрушающее напряжение при растяжении и относительное удлинение при разрыве определяли по ГОСТ 11262 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение» [17] на образцах лопатка типа 2 (рисунок 25). Для испытаний

использовалась разрывная машина фирмы Instron (рисунок 24) со скоростью движения захватов 5 мм/мин [17]. Для испытания вырезали образцы в разных местах вдоль и поперек направления экструзии. Использовались по пять образцов в каждом направлении экструзии [15].



Рисунок 24 - Испытательная машина Instron



Рисунок 25 - Вырубной нож, лопатка тип 2

2.6 Изгибающее напряжения при максимальной нагрузке

Определение изгибающего напряжения при максимальной нагрузке по ГОСТ 4648 «Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб» [18]. Для испытаний из отобранных листов вырезают (вырубают) образцы в разных местах вдоль и поперек направления экструзии и фрезеруют: не менее пяти образцов в каждом из направлений экструзии. Размеры образца: длина 80мм, ширина $(10+0,5)$ мм. Расстояние между опорами по ГОСТ 4648 п.3.2 (15-17h), образцы укладывают на опоры пленкой верх. Нагружение проводят по

трехточечной схеме. Скорость относительного перемещения нагружающего наконечника составляет 2 мм/мин. Испытание продолжают до достижения максимальной нагрузки [15].

2.7 Модуль упругости при изгибе

Модуль упругости при изгибе определяли по ГОСТ 9550 «Пластмассы. Методы определения модуля упругости при растяжении, сжатии и изгибе» [19]. Для испытания из отобранных листов вырезают (вырубают) образцы в разных местах вдоль и поперек направления экструзии и фрезеруют. Количество образцов должно быть не менее трех в каждом направлении экструзии. Размеры образца: длина 80мм, ширина 25мм, допускается испытание образцов длиной не менее 80мм, шириной (10+0,5) мм. Расстояние между опорами по ГОСТ 4848 п.3.2 (15-17h), образцы укладывают на опоры пленкой вверх. Нагружение проводят по трехточечной схеме (рисунок 26). Скорость относительного перемещения нагружающего наконечника составляет 1 мм/мин [15].



Рисунок 26 - Оснастка для испытаний на изгиб

2.8 Скорость горения

Определение скорости горения проводили по ГОСТ 25076 «Материалы неметаллические для отделки автотранспортных средств» [20]. Для испытания из отобранных листов вырезали в разных местах не менее трех образцов в виде прямоугольника длиной 360 мм и шириной 100 мм.

Этот метод испытаний определяет метод определения горизонтальной скорости горения материалов, после воздействия небольшого пламени. Он используется для оценки однородности производственных партий таких материалов с точки зрения их горючести.

Целью этого испытания является определение горизонтальной скорости горения и типа возгорания материалов, находящихся внутри пассажирского салона транспортного средства (особенно внутри) или под капотом [24].

Для проведения испытаний применяют камеру горизонтального горения (рисунок 27), которая изготавливается как правило из нержавеющей стали. На передней части камеры имеется окно из огнеупорного стекла, через которое испытатель наблюдает за процессом горения образца во время испытаний.



Рисунок 27 - Камера горизонтального горения

Через специальное отверстие в камере вводится U-образный держатель с образцом. На дно камеры помещается поддон для сбора расплавленного материала. Можно добавить алюминиевую фольгу, чтобы облегчить очистку камеры после проведения испытаний. Эту алюминиевую фольгу необходимо уложить таким образом, чтобы она идеально соответствовала геометрии посуды, не загораживая вентиляционные отверстия. Во время самого испытания эта камера должна быть помещена лабораторный вытяжной шкаф со скоростью воздуха $V_{air} \pm 0,3$ м/с.

Рамка, в которой крепится испытательный образец имеет U-образную форму и изготавливается из коррозионно-стойкого материала. Нижней основной поддерживающей рамки с ручкой и верхней прижимной рамки, предотвращающей изгибание образца при горении. Поперек нижней рамки натянута нихромовая проволока диаметром 0,3-0,4 мм для поддерживания образцов (рисунок 28).



Рисунок 28 – Рамка-держатель образца в камере сжигания

В самой камере сгорания располагаются направляющие планки для фиксации держателя с образцом. Образец вводится в камеру через

специальное окно, расположенное в правой стенке. На направляющих планках через каждые 50 мм друг против друга установлено по шесть штифтов. Первые штифты и последние штифты каждого ряда выше остальных и служат отметками начала и конца мерной базы горения, равной 250 мм. Начало мерной базы находится на расстоянии 40 мм от оси газовой горелки. Высоту пламени газовой горелки устанавливают по габаритному штифту, равному 40 мм и расположенному на направляющей планке [20].

Для проведения теста вырезают образцы в двух разных направлениях: вдоль направления полимеризации и перпендикулярно ему. Размер образцов должен составлять 360 x 100 мм, толщиной до 13 мм [20].



Рисунок 29 - Секундомер

Камеру сжигания ставят в вытяжном шкафу и зажигают горелку Бунзена [19]. Затем закрывают дверку оборудования и включают вентиляцию в вытяжном шкафу. Ждут, когда стабилизируется пламя огня. Держатель с образцом вводят в камеру и поджигают в течение 30 с, с момента, когда образец войдет в контакт с пламенем, затем горелку выключают. Когда образец прогорит расстояние 250 мм, считают время на секундомере

(рисунок 29) и измеряют линейкой длину сгоревшего участка [20]. На рисунке 30 можно увидеть пример проведения испытаний.



Рисунок 30 - Горизонтальная воспламеняемость полимерных материалов

Огнестойкость композитного материала характеризуется скоростью и особенностями горения испытываемых образцов [20].

Скорость горения, мм/мин, вычисляют по формуле (1):

$$V = 60 \cdot \frac{l}{t}, \quad (1)$$

где l - длина сгоревшего участка образца, мм;

t - время горения образца на этом участке, с.

Оценку огнеопасности материала проводят сравнением всех результатов испытаний образцов, принимая при этом наибольшую скорость горения за основной результат.

Материал огнеопасен, если он имеет скорость горения более 100 мм/мин и неогнеопасен, если:

- имеет скорость горения 100 мм/мин и менее,
- не загорелся за 30 с от пламени горелки,
- погас, не догорев до начала мерной базы.

2.9 Определение усадки

Для проведения испытания необходим термошкаф (рисунок 31), обеспечивающий температуру (150 ± 2) °С, и измерительный инструмент, обеспечивающий определение размеров образца с точностью до 0,1 мм [15].



Рисунок 31 – Внешний вид термошкафа

Из разных участков листа вырезали не менее трех образцов размером 50x50 мм. Измеряли ширину каждого образца в долевом и поперечном направлении. Образцы выкладывали на металлический лист, предварительно посыпанный тальком, и помещали в термошкаф с температурой (150 ± 2) °С на 30 мин. Затем образцы извлекались из термошкафа и выдерживались на воздухе в течение 1 часа, после чего определялось изменение размеров в долевом и поперечном направлениях. Рассчитывалась усадка (в процентах) в долевом и поперечном направлениях по формуле (2):

$$\text{усадка} = \frac{l_0 - l}{l_0} \times 100, \quad (2)$$

где l_0 - первоначальный размер, мм,

l - размер образца после термообработки, мм.

За результат испытания принимают наибольшее значение усадки в каждом из направлений [15].

Выводы по разделу

Использованные в работе методы испытания материалов и изделий из них – стандартные, проводятся по ГОСТ, что обеспечивает достоверность результатов. Данные методы могут применяться в качестве оценки физико-механических и технологических свойств изделий из полимерных материалов (и композиционных материалов на их основе).

3. Технология Изготовления Листовых Древесно-Наполненных Пластиков

Для решения проблемы повышения теплостойкости обивок дверей до 100 °С было сформировано направление по разработке и освоению обивок дверей на основе ЛДПМ (листовой древесно-полимерный материал).

Древесно-наполненный полимерный композитный материал обладает более лучшей формоустойчивостью, не коробится, дает возможность непосредственно в процессе штамповки деталей наносить декоративное тканевое покрытие. Учитывая этот фактор, была разработана и успешно реализована программа по внедрению обивок дверей автомобиля на основе ЛДПМ.

Совместно со специалистами производства листового ДНПП была разработана подходящая рецептура материала ЛДПМ, отработана технология формования, технические требования к готовым изделиям.

ДНПП-лист – композиционный материал (органопластик). Под композиционным материалом понимают макроретерофазные материалы, состоящие из двух и более разнородных компонентов, обладающих различными физическими или механическими свойствами [5].

ДНПП-лист состоит из полимерной основы (матрицы), армированной наполнителями. Матрицей служит полипропилен (синтетический полимер), основной наполнитель – древесная мука (натуральный, природный биополимер). Поэтому ДНПП-лист можно по праву называть полимер-полимерным композиционным материалом.

Композиционные материалы на основе полипропиленовой матрицы предназначены для изделий конструкционного, электротехнического, антифрикционного и общетехнического назначения, эксплуатация которых допускается при воздействии механических нагрузок при температуре до 130 °С.

Для достижения требуемых свойств дисперсно-упрочненного композиционного материала (ДНПП) необходимо очень равномерное распределение древесной муки в полипропилене. Для этого полипропилен должен хорошо смачивать поверхность древесной муки и обладать по отношению к ней высокой адгезией. Древесная мука должна максимально полно заполнять объем полипропилена и вместе с тем последний должен полностью смачивать каждую частицу наполнителя. С этой целью в композиционный материал вводят в небольших количествах другие наполнители, облегчающие гомогенизацию (придание однородности строения и состава) смеси [9].

Дело в том, что удельная работа, затрачиваемая на гомогенизацию смеси, зависит от адгезионных (когезионных) характеристик, поверхностной (межфазной) энергии и особенностей структуры ингредиентов композиционной системы. В ДНПП композиционную систему для снижения энергозатрат при ее гомогенизации вводят тальк и стеарат кальция. Стеарат кальция помогает полипропилену хорошо смачивать поверхность частиц древесной муки. Следствием этого является высокая однородность строения и состава композиции, а также обеспеченность перераспределения нагружения в любом из элементов полимерной композиции.

Амортизирующий наполнитель (древесная мука) принимает большую долю нагрузки, которая действует на материал, и определяет его механические и теплофизические, электро- и радиотехнические, магнитные, фрикционные свойства. Из-за незначительной совместимости полимеров (полипропилен/древесина) их смеси всегда гетерофазны, но благодаря высокой вязкости не расслаиваются и стабильны в условиях эксплуатации. Смесь полимеров обеспечивает повышение модуля упругости, ударной вязкости, прочности или динамической выносливости основного полимера (полипропилена). Защищающий полимер образует в смеси непрерывную фазу, изолируя защищаемый полимер [9]. Матрица (защищающий полимер, полипропилен) обладает пластическими свойствами и обеспечивает

монолитность между наполнителем, определяет герметичность, тепло-, влаго- и химическую стойкость композиционного материала, а также теплофизические, электро- и радиотехнические свойства.

Таким образом, регулируя соотношение полимера и древесной муки можно создавать материал с заданными свойствами, исходя из его назначения. Для изменения механической прочности, ударной вязкости, динамической выносливости можно прибегнуть к химической и структурной модификации полимерной матрицы. Или, например, для улучшения механических характеристик листа, особенно для повышения ударной прочности и снижения ползучести, можно рекомендовать в качестве упрочняющего элемента полимерной композиции волокнистые наполнители [21]-[25].

В конечном итоге все определяется технико-экономическими соображениями, которые, чаще всего, и являются критериями оптимизации служебных свойств ДНПП, что требуется и по какой цене.

ДНПП-лист изготавливается в соответствии с требованиями ТУ по технологическому регламенту, утвержденному в установленном порядке. ТУ разрабатывается предприятием – изготовителем листа и согласовывается предприятием-потребителем. Лист предназначен, в основном, для изготовления методом термоформования, с одновременным кашированием декоративными материалами, деталей внутренней отделки автомобилей.

Принцип работы линии термоформования, где ДНПП-лист перерабатывается в нужные для автомобиля облицовочные детали, заключается в следующем: ДНПП-лист укладывается при помощи загрузчика на транспортную решетку печи. Транспортная решетка перемещает ДНПП-лист в зону нагрева. Нагревание до пластичного состояния осуществляется керамическими элементами инфракрасного излучения, скомпонованными в две зоны – верхнюю и нижнюю. Во время нагрева ДНПП-листа прессовщик укладывает в штамп облицовочный материал и закладные детали. После достижения нужной температуры ДНПП-лист автоматически укладывается на штамп формования. При смыкании штампа происходит формование детали с

одновременным дублированием ее облицовочным материалом и запрессовкой закладных, а также осуществляется периметральная вырубка с образованием облоя. После размыкания штампа прессовщик извлекает отформованные детали и рамы с облоем. Устанавливает второй комплект рам с облицовками и закладные детали, опускает защитную решетку, после чего начинается следующий цикл формования [26].

Лист ДНПП выпускается в соответствии с требованиями технических условий (ТУ 2246-001-55875629-2002), разработанных ЗАО «Техно-Полимер» и согласованных с ОАО «АВТОВАЗ» и Госсанэпиднадзором Самарской области. Внешний вид лицевой и обратной сторон листов должен соответствовать контрольным образцам, утвержденным установленным регламентом. На поверхности листов не должно быть неровностей, складок, пористости, надрывов или других дефектов структуры, а также посторонних включений (рисунок 32).

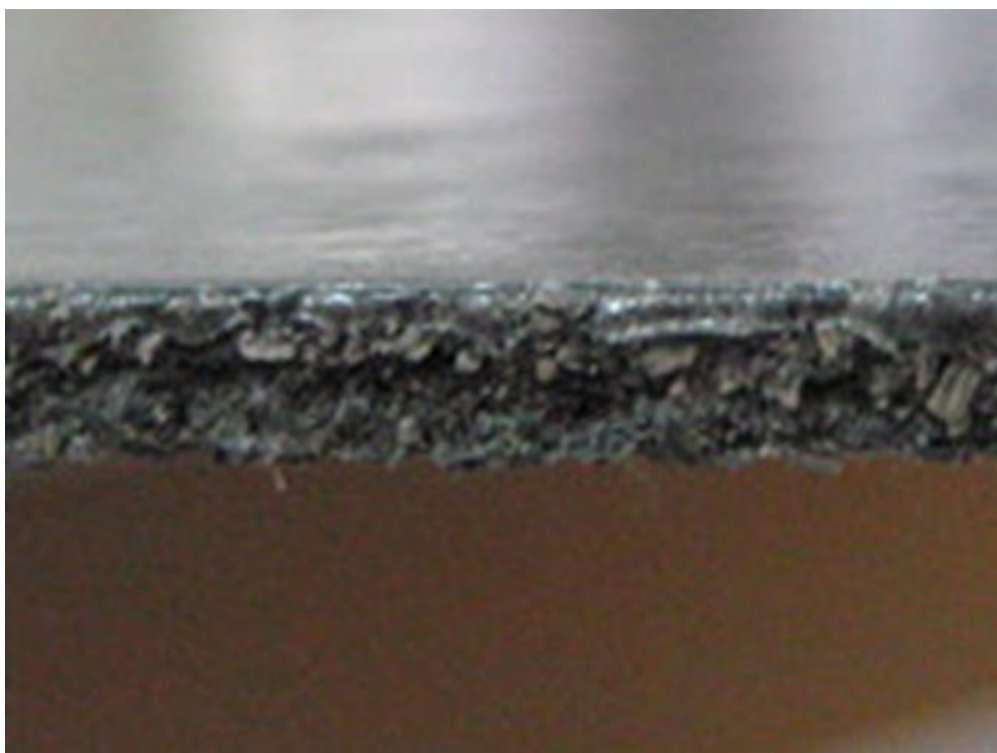


Рисунок 32 – Поперечное сечение листа ДНПП

Размеры выпускаемых листов по длине, ширине и толщине согласовываются с потребителем при заказе. Номинальные размеры листа: длина до 2200 мм, ширина до 1700 мм, толщина 1-4 мм.

Здесь следует заметить, что длина листа определяется (измеряется) вдоль направления экструзии, а ширина – поперек направления экструзии. Поэтому в некоторых случаях в соответствии с размерами заказанного листа, длина может быть меньше ширины. Об этом следует помнить при определении физико-механических характеристик получаемого листа, т.к. эти характеристики анизотропны. Лист ДНПП должен обладать свойствами, представленными в таблице 2:

Таблица 2 – Свойства листового ДНПП

№	Показатель	Значение продольное/поперечное
1	Удельный вес, г/см ³	0,95-1,00
2	Предел прочности при растяжении, МПа,	≥ 20/15
3	Предел прочности при изгибе, МПа	≥ 36/27
4	Модуль упругости при изгибе, МПа	≥ 2500/1800
5	Ударная вязкость по Шарпи без надреза, МПа	≥ 6/6
6	Водопоглощение, %	≤ 1
7	Относительное удлинение при разрыве	≥ 2/2
8	Теплостойкость, °С, продольное/поперечное	≥ 120/120
9	Усадка, %	≤ 0/0
10	Скорость горения, мм/мин	≤ 100
11	Морозостойкость	Не должно быть растрескивания
12	Поведение в сухой горячей среде	Допускается отклонение от плоскостности до 2мм
13	Поведение во влажной горячей среде	Допускается отклонение от плоскостности до 2мм

Изготовление наполненного древесиной полипропиленового листа (ДНПП-листа) относится к производству пластических масс. Пластмассы – это полимерные материалы, которые могут приобретать заданную форму при термообработке в изделия и сохраняют ее во время эксплуатации. По масштабам производство пластиков занимает первое место [4].

В них сочетаются большая механическая прочность, малая плотность, высокая химическая стойкость, хорошие теплоизоляционные и электроизоляционные свойства и т.д. Пластмассы производят из доступного сырья, они легко поддаются механической переработке в самые разнообразные изделия. Все это обусловило широкое использование их буквально во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства, в технике и повседневной жизни [4].

За последние годы полимерные материалы нашли применение во всех отраслях промышленности, став конкурентоспособными с более традиционным металлом, деревом, керамикой, бумагой и др. Сегодня трудно себе представить функционирование многих машин, механизмов и устройств, передовые высокие технологии, в частности, у биологов и медиков без участия новых полимерных материалов [4].

Пластмассы – материалы на основе природных или синтетических высокомолекулярных соединений (полимеров), способные под влиянием нагревания и давления формоваться и затем устойчиво сохранять (в результате охлаждения или отверждения) приданную им форму.

Основной компонент гомогенных пластмасс – полимер; остальные ингредиенты вводят для модификации его свойств, например, для повышения текучести расплава, снижения температур размягчения и стеклования (пластификаторы) [27].

Типичным примером термореактивных полимеров является фенолоформальдегидная смола, которую синтезируют поликонденсацией фенола с формальдегидом в присутствии небольших количеств кислот или щелочей.

В термопластах (причина перехода - температура) полимер находится на заключительной стадии образования, но его структура обеспечивает многократный переход в вязкотекучее состояние при нагревании, а при охлаждении – в стеклообразное. Поэтому, при формовании размягченного термопласта конфигурация изделий фиксируется охлаждением. Пластики из термопластов отличаются меньшей деформационной устойчивостью при нагружении, показатели их свойств более резко изменяются с повышением температуры.

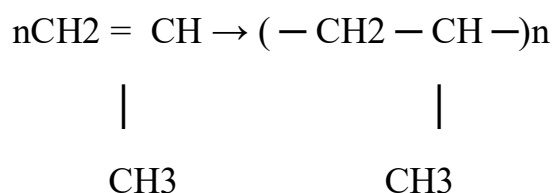
3.1 Исходное сырье и материалы для изготовления ДПП

Полипропилен. На ряду с высокомолекулярными веществами природного происхождения (каучук, полисахариды, белки, нуклеиновые кислоты и др.) все большее значение в нашей жизни приобретают синтетические высокомолекулярные вещества и получаемые на их основе полимерные материалы - многочисленные пластмассы, волокна, каучуки [2].

Полипропилен синтезируют полимеризацией из мономера – пропилена, $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$.

Согласно существующей классификации органических соединений и номенклатуре названий пропилен имеет и другие названия: пропен, алкен, олефин, ненасыщенный или непредельный ациклический углеводород, содержащий в молекуле одну 2-ую связь $\text{C} = \text{C}$, углеводород алифатический и жирный углеводород. Поскольку первый член этого ряда соединений этилен, то углеводороды этого ряда называют также этиленовыми углеводородами [5].

В краткой форме можно записать уравнение полимеризации полипропилена из пропилена:

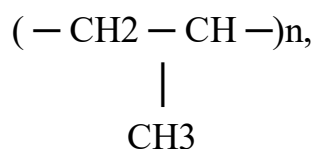


Такое последовательное присоединение молекул в ходе цепной реакции продолжается до тех пор, пока не произойдет обрыв цепи (например, при соединении друг с другом растущих радикалов) [5].

Рассматриваемые особенности строения полимеров существенно сказываются на их свойствах. Низкомолекулярные вещества обычно характеризуются определенными температурами плавления, кипения и другими константами. Если мы будем нагревать полимер линейной структуры, то заметим, что сначала он будет размягчаться, затем по мере дальнейшего повышения температуры начнем постепенно плавиться, образуя вязкотекучую жидкость. Попробуем далее нагревать полимер с целью осуществить его перегонку. Мы обнаружим, что полимер не перегоняется, подвергается разложению. Полимеры пространственной структуры при нагревании разлагаются, даже не переходя в вязкотекучее состояние [5].

Такой небольшой экскурс в мир полимеров (веществ, построенных из макромолекул) здесь крайне необходим для того, чтобы творчески подходить к свойствам полипропилена и правильному выбору технологических параметров ведения процесса с целью получения ДНПП-листа с нужными, наперед заданными служебными свойствами [5].

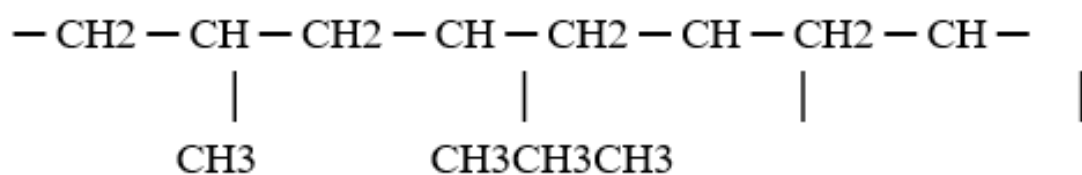
Полипропилен, $[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-]_n$, (хостален, данлай, моплен, новолен, олеформ, поли-про, пропатен, профакс и др.) – карбоцепной линейный полимер: твердый, в тонких слоях прозрачный, в толстых – молочно-белый продукт. Молекулярный вес в пределах 30000-700000. Термопластичный, кристаллический полимер. Плотность 0,905-0,920 г/см³, температура плавления 160-170°С, прочность на растяжение 24-40МПа, относительное удлинение 200-800 %, удельное объемное электрическое сопротивление 10¹⁷ Ом·см. Удельное поверхностное электрическое сопротивление 10¹⁶ Ом.



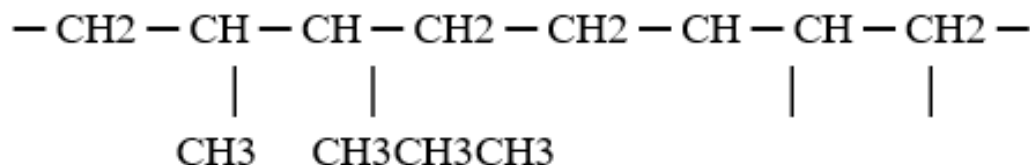
Электрическая прочность на переменном токе на пластинах толщиной 1 мм-30-35 кВ/мм. Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 Гц - $(3\div 5) \cdot 10^{-4}$. Влагопоглощение за 30 суток при 200 °С – 0,03%. Коэффициент объемного расширения при 200 °С – 0,00033. Удельная теплоемкость 0,40-0,50 кал·г/град. Теплопроводность 0,00033 кал/сек·см·град. Морозостойкость –100 °С и ниже.

Полипропилен имеет много общего с полиэтиленом. В отличие от полиэтилена он размягчается при более высокой температуре и имеет повышенную прочность. На первый взгляд это непонятно. Наличие в полипропилене боковых, метильных групп – CH₃, казалось бы, должно препятствовать тесному примыканию макромолекул друг к другу: прочность полимера и температура плавления в таком случае должны не повышаться, а напротив, понижаться. Чтобы понять «противоречие» следует обратиться к более подробному выяснению строения вещества [5].

При полимеризации молекулы пропилена, вообще говоря, могут соединяться между собой по-разному:



или



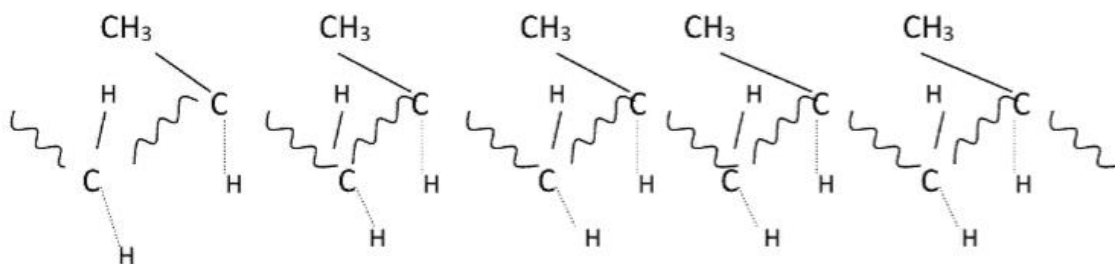


Рисунок 33 - Стереоспецифическая полимеризация

Благодаря этому силы взаимного притяжения между макроцепями возрастают, что и сказывается на свойствах изделий. Изотактический полипропилен (один из видов полимеров стереорегулярных) получают стереоспецифической полимеризацией мономера в присутствии стереоспецифических катализаторов (обычно гетерогенные катализаторы Циглера-Натта-металлоорганические соединения и их комплексы, содержащие, главным образом, переходные металлы или литий). Стереоспецифическая полимеризация приводит (рисунок 33) к образованию макромолекул упорядоченного строения (стереорегулярных полимеров), для чего необходимо обеспечение строго определенной ориентации мономера в каждом акте роста цепи. Стереоспецифичность таких систем обычно связывают с координацией мономера на атоме металла активного центра. Для изотактического полипропилена присуща спиральная конформация, которая получается при повороте каждого мономерного звена цепи на 120° относительно предыдущего вокруг связи С-С. В данном случае в периоде идентичности вдоль оси спирали укладывается три мономерных звена, которые образуют один виток спирали [5-8].

Синдиотактический полипропилен (разновидность полимеров стереорегулярных) получают также полимеризацией (радикальной или ионной) пропилена на катализаторах Циглера-Натта (например, на гомогенном катализаторе, содержащем соединения ванадия-ацетилацетонат, комплекс VCl_4 с анизолом - в сочетании с AlR_2Cl). Свободные энергии

активации образования изотактической и синдиотактической последовательности звеньев не равны вследствие различного невалентного взаимодействия боковых групп. Свободная энергия активации присоединения в синдио-положение обычно оказывается ниже. Такое различие в большинстве случаев определяется неравенством теплот активации для обоих типов присоединения, поэтому при понижении температуры полимеризации в полимере возрастает доля синдиотактических звеньев. Если представить цепь синдиотактического полимера в виде вытянутого плоского зигзага, то заместители асимметричных углеродных атомов в мономерных звеньях будут поочередно располагаться над и под плоскостью зигзага. Регулярное строение цепей синдиотактических полимеров позволяет во многих случаях осуществить их кристаллизацию [28]-[30]. При образовании кристаллической решетки синдиотактические полимеры принимают конформации, отвечающие минимуму потенциальной энергии. Например, для синдиотактического полибутадиена – 1,2 и поливинилхлорида такой конформацией является плоский зигзаг. В других случаях, например, при наличии в мономерных звеньях цепей больших заместителей, условно минимуму энергии могут отвечать различные спиральные конформации макромолекул, получающиеся при повороте звеньев цепи на некоторые углы вокруг одинарных связей. Спираль синдиотактического полипропилена характеризуется тем, что в периоде идентичности укладываются 4 мономерных звена, образующие 2 витка, спираль 42 (у изотактического полипропилена спираль 31).

При обычных температурах в зависимости от молекулярного веса представляет собой вязкую жидкость или каучукоподобный некристаллизующийся материал с температурой стеклования порядка –400.

В аморфном состоянии, а также в растворе конформации молекул и свойства изотактических, синдиотактических и атактических (нерегулярных) полимеров, как правило, мало отличаются друг от друга. Способность к кристаллизации является основной причиной, обуславливающей различия в

физико-механических свойствах изотактических, синдиотактических и атактических полимеров в конденсированной фазе. Так, изотактический и синдиотактический полипропилен (кристаллизующиеся волокнообразующие полимеры) имеют температуры плавления соответственно 176 и 1810°С. Атактический же полипропилен (некристаллизующийся, нерегулярный и аморфный) имеет температуру стеклования, как уже указывалось выше, - 400. Для различных пространственных структур полипропилена (изотактический, синдиотактический, атактический) плотности, температуры стеклования, дипольные моменты, инфракрасные спектры, спектры ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и др. заметно отличаются. По этим свойствам можно судить о тактичности полимера. Наиболее надежным и абсолютным методом количественной оценки микроструктуры макромолекул является метод ЯМР высокого разрешения [23].

Подводя итог характеристике полипропилена, можно с уверенностью рекомендовать для производства ДНПП-листа изотактическую структуру полипропилена. Это основная и наиболее важная стереохимическая разновидность полипропилена. Не случайно у некоторого марок полипропилена нормируется массовая доля изотактической фракции, которая обычно составляет не менее 95%.

Полипропилен выпускается согласно ГОСТ или ТУ, где указывается тип катализатора, вид материала по химсоставу (гомополимер или сополимер), примененные стабилизирующие добавки, область применения и устанавливаются технические требования к полипропилену, поставляемому на внутренний рынок и на экспорт. В таблице 3 приводятся технические требования, которым должен соответствовать поставляемый полипропилен.

Таблица 3 – Технические требования к полипропилену

№ п/п	Наименование показателя	Норма для различных марок
1	Показатель текучести расплава, г/10мин	0,2÷40
2	Массовая доля летучих веществ, %, не более	0,09
3	Предел текучести при растяжении, МПа, не менее	не нормируют или 32÷34
4	Относительное удлинение при пределе текучести, %, не менее	не нормируют или 10
5	Массовая доля изотактической фракции, %, не менее	не нормируют или 95
6	Стойкость к термо-окислительному старению, ч, не менее	не нормируют или 250÷360 (при 1500С)

К ДНПП-листу, идущему для изготовления методом термоформования (с одновременным кашированием декоративными материалами) деталей внутренней отделки автомобилей, предъявляются все более повышенные требования. Например, сегодня на первый план выдвигаются формоустойчивость, ударопрочность, эластичность и травмобезопасность [31].

Таким образом, целенаправленно изменяют свойства полимеров путем модификации состава. Химическая модификация достигается внутримолекулярными превращениями при введении в макромолекулы небольшого количества фрагментов иной химической природы. К химической модификации можно отнести сшивание полимера, синтез сополимеров, в том числе блок-сополимеров и привитых сополимеров. Структурная модификация полимеров заключается в преобразовании надмолекулярной структуры полимера при сохранении химического строения макромолекулы. Такую модификацию осуществляют внешним механическим воздействием на твердое полимерное тело и изменением температурно-временного режима структурообразования полимера из расплава [5-8].

Синтез сополимеров уже освоен промышленностью и является одним из эффективных путей создания и модификации полимеров с заранее заданным комплексом свойств (например, блок-сополимеры). Сополимеры содержат в макромолекулах несколько типов мономерных звеньев, чаще всего два (бинарные сополимеры), реже – три (терполимеры). Различают регулярные сополимеры (мономерные звенья различного типа распределены с определенной периодичностью) и нерегулярные, или статистические.

Блок-сополимеры состоят из линейных макромолекул, в которых химически связаны блоки гомополимеров или (и) статистических сополимеров, различающихся по составу или строению. Например, разные молекулярные звенья с различным их числом в блоке. Блоки могут соединяться между собой не непосредственно, а с помощью низкомолекулярного, сшивающего агента [5]. Блок-сополимеры, в макромолекулах которых чередуются блоки одинакового состава, но различной пространственной структуры, называют стереоблокполимерами. Блок-сополимеры, как правило, сочетают свойства составляющих их блоков. На этой особенности в ряде случаев основана химическая модификация полимеров, и этим, в основном, блок-сополимеры отличаются от статистических сополимеров [5-8].

Учитывая вышесказанное можно рекомендовать, если потребуется в дальнейшем увеличивать ударопрочность, эластичность и травмобезопасность листа, вместо полипропилена использовать блок-сополимер на основе полипропилена, полиэтилена и каучука.

Древесная мука – мелкий сыпучий продукт, получаемый сухим размолом древесины (рисунок 34). Сама древесина (ксилема) является тканью древесных и кустарниковых растений, состоящей из клеток с одревесневшими оболочками и имеющий сосудистую проводящую систему [20]. Химический состав и свойства древесины в основном определяются составом и строением тех отмерших и лишенных протоплазмы и ядра клеток, из которых древесина состоит на 90-95% [20].



Рисунок 34 - Древесная мука

Свежесрубленная древесина содержит 60-100% воды (в расчете на массу сухой древесины). Элементный состав сухой древесины (в % по массе): 48-52С, 6-7Н, 43-45 О, 0,1-0,6N. Главные составные части: целлюлоза (40-50%), лигнин (20-30%), гемицеллюлозы (17-40%). Плотность (в кг/м³) древесного вещества 1500, древесины березы и сосны при влажности 12% - соответственно 630 и 500. Объемная усушка древесины 12-15%. Предел прочности вдоль волокон на сжатие, изгиб и растяжение для березы и сосны с влажностью 12% соответственно 55, 110, 168 и 48, 86, 104 МПа. Удельная теплоемкость сухой древесины 1,7-1,9 кДж/(кг·к) при 0-100 °С. Древесина плохо проводит тепло и электрический ток (для березы вдоль волокон при влажности 8% $\rho=4,21 \cdot 10^8 \text{ Ом} \cdot \text{м}$), хорошо - звук (вдоль волокон – в 10 раз лучше, чем воздух, и в 3-4 раза лучше, чем вода). В некоторых случаях древесину подвергают консервированию при помощи антисептиков и огнезащитной обработке антипиренами. Применение: топливо, химическое сырье, конструкционный и поделочный материал, сырье для производства древесной муки, древесных и древеснослоистых пластиков, древесноволокнистых и древесностружечных плит [32]-[34]. На химической переработке древесины основаны все лесохимические производства.

Поскольку применяемая для получения ДНПП-листа древесная мука подвергается в экструдере действию температур (220°С) и давления (100атм), следует более детально остановиться на фазово-химическом составе древесины, чтобы можно было прогнозировать происходящие с ней процессы и управлять ими [5-8].

Древесная мука – ткань высших растений, служащая для проведения воды и растворов минеральных солей к листьям, где из хлорофилла, углекислого газа, воды и при поглощении энергии солнечного излучения образуется глюкоза (моносахарид С6Н12О6), которая затем превращается в сложные биополимеры [20].

Древесная мука должна поставляться в соответствии с требованиями ГОСТ 16361-87 «Мука древесная, технические условия». В зависимости от назначения и показателей качества древесная мука изготавливается девяти марок (120, 140, 160, 180, 200, 250, Т, 560, 1250). В таблице 4 приведены технические требования к древесной муке:

Таблица 4 – Требования к древесной муке

	Наименование показателя	Норма для различных марок
1	Влажность, %, не более	8,0
2	Массовая доля золы, %, не более, в муке марок:	
	120,160	0,6
	140,180,250,Т	0,8
	200,560,1250	1,0
3	Массовая доля окрашенных примесей, %, не более, в муке марок:	
	120,160	0,1
	140,180,Т	0,2
	200,250,560,1250	4,0

Продолжение таблицы 4

	Наименование показателя	Норма для различных марок
4	Массовая доля металломагнитных примесей, %, не более, в муке марок:	
	120,160	0,0005
	140,180,250,Т	0,0010
	200,560,1250	0,0016
5	Насыпная плотность, кг/м ³ , в муке марок:	
	120,140,160,180	от 100 до 140
	200,250,Т,560,1250	не нормируется
6	Массовая доля остатка, %, в муке марок:	
	120-на сетке 01, 160-на сетке 0125, не более	11,0
	120-на сетке 014, 160-на сетке 018, не более	1,0
	120-на сетке 02, 160-на сетке 025, не более	0,0
	140-на сетке 01, 180-на сетке 0125, не более	18,0
	140-на сетке 014, 180-на сетке 018, не более	2,0
	140-на сетке 02, 180-на сетке 025, не более	0,0
7	200-на сетке 018, не более	5,0
	200-на сетке 025, не более	0,4
	250-на сетке 025, не более	3,5
	250-на сетке 0355, не более	0,2
	Т на сетке 0063, не менее	60
	Т на сетке 018	от 5,0 до 18,0
	Т на сетке 025, не более	5,0
	560 сетке 025, не менее	45
	560 сетке 056, не более	5,0
	1250 сетке 063, не менее	50,0
	1250 сетке 1,25, не более	5,0
8	Массовая доля смол и масса, %, не более, в муке марок:	
	120,140,160,180,250,Т	4,0
	200,560,1250	5,0

Наличие посторонних примесей, кроме указанных, не допускается. Для муки марки 560, которую мы использовали для производства ДНПП-листа,

массовая доля кислот не должна превышать 0,08%, массовая доля смол и масел не должна превышать 3,0%.

Мы привели здесь достаточно сравнительный анализ состава древесины и процессов ее химической переработки с тем, чтобы можно было прогнозировать происходящие процессы при использовании древесной муки в качестве наполнителя ДНПП-листа. Древесная мука, в нашем случае, подвергается температурному воздействию (как с доступом, так и без доступа воздуха) до 2500С и давлению до 100 бар в среде расплавленного полипропилена. В древесной муке успевают, хотя время пребывания ее в экструдере и не велико, протекать начальные процессы энергохимической переработки древесины. Газ вместе с продуктами пирогенного распада и влагой выходят из экструдера в виде парогазовой смеси. Осаждение смоляного тумана, который отсасывается вакуум-насосом из камеры дегазации, осуществляется в вакуумных водоохлаждаемых конденсаторах [35] – [36]. Для более глубокого осаждения смоляного тумана в работу можно включить два последовательно работающих конденсатора. Вместе со смоляным туманом отсасывается и пыль древесной муки, которая не успевает смешаться с расплавленной массой материального цилиндра экструдера. Это происходит в том случае, когда уровень расплава в цилиндре слишком мал. Пыль транспортируется через вакуумные конденсаторы и улавливается водяным кольцом вакуумного насоса и далее, в конечном итоге, попадает на биологическую очистку.

При производстве ДНПП-листа тальк используется по своему прямому назначению по двум параметрам: как наполнитель и как твердая смазка. С помощью талька можно существенно влиять на физико-механические свойства получаемого листа, а стоимость его практически не отличается от стоимости другого наполнителя – древесная мука. В качестве красителя используется сажа.

Поскольку для придания ДНПП-листу черного цвета достаточно небольшого количества сажи (0,04-0,05%), то для более равномерного

распределения красителя в окрашиваемой среде, вводят ее в термоформуемую композицию в виде гранул (рубленая стренга), изготовленных с большим содержанием полипропилена или полиэтилена, в соотношении 1:20. Таких «черных» гранул вводят в экструдер до 1%.

Все пигменты подразделяются на органические и неорганические. В свою очередь неорганические пигменты могут быть природными (охра, мел, сурик) и искусственными (сажа, ультрамарин, белила). В нашем случае в качестве пигмента (краситель в виде тонкого порошка) используется сажа.

Сажа (технический углерод) – высокодисперсный продукт черного цвета, образующийся в результате неполного сгорания или термического разложения углеводородов, содержащихся в природных и промышленных газах, а также в нефтяных и каменно-угольных маслах. Например, при горении углеводородов, имеющих значительную молекулярную массу (парафин – смесь твердых углеводородов) образуется много копоти. Когда горят газообразные вещества, они хорошо смешиваются с воздухом, и поэтому обычно сгорают полностью. При горении расплавленного парафина кислорода не хватает для окисления всего углерода и углерод выделяется в свободном виде. Это и есть сажа. Углерод может быть выделен из алканов и при сильном нагревании. Такой процесс, в частности, происходит при сжигании метана в недостатке кислорода. В этом случае одна часть метана сгорает, а другая часть разлагается под воздействием выделившейся энергии: $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2 - Q$.

В приведенной реакции углерод выделяется в мелкодисперсном виде, т.е. в виде сажи. Средний диаметр частиц (преимущественно сферической формы) 10-40нм, плотность 1,80-1,95 г/см³. Частицы образованы слоями углеродных атомов, подобных слоям в графике но не плоских, а изогнутых. Сажа состоит главным образом из углерода (не менее 90%); содержит 0,3-0,8% Н₂, до 10% хемосорбированного О₂, 0,05-0,5% минеральных примесей.

Поскольку для придания ДНПП-листу черного цвета достаточно небольшого количества сажи (0,04-0,05%), то для более равномерного распределения красителя в окрашиваемой среде, вводят ее в термоформуемую

композицию в виде гранул (рубленая стренга), изготовленных с большим содержанием полипропилена или полиэтилена, в соотношении 1:20. Таких «черных» гранул вводят в экструдер до 1%.

Сажа в качестве красителя выбрана, не случайно, т.к. помимо черного стандартного цвета, придаваемого ДНПП-листу, она стабилизирует полимер (помогает избежать деструкции полипропилена под действием тепла, УФ-лучей и т.д., т.е. избежать преждевременное старение полимера).

Перечень материалов, используемых при изготовлении листа ДНПП «Кодренален» приведен в таблице 5:

Таблица 5 – Материалы, используемые для производства листа ДНПП

Наименование материала	Марка	Нормативная документация
Полипропилен	Бален 01030	ТУ 2211-074-05766563-2005
Древесная мука	560	ГОСТ 16361-87
Полипропиленовая пленка	Филмопол	ТУ 2245-008-29007916-98
	Грандикаст	ТУ 2245-001-76572124-2006
	СРР SH	ТУ 2245-003-51634717-2008
Концентрат	Баско П1901/ПП	ТУ 2243-001-23124265-2000
	Томполен ПП-40	ТУ 2243-020-36295287-2004
	КТУ П-245	
Тальк молотый	ТРПН	ГОСТ 19729-74
Стеарат кальция	-	ТУ 6-22-05800165-722-93

3.2 Технологический процесс производства листа ДНПП

На рисунке 35 показана компоновка оборудования (план, фасад) экструзионной линии, по которой можно более наглядно описать технологический процесс, избегая условного изображения оборудования, которое обычно делается на технологических схемах.

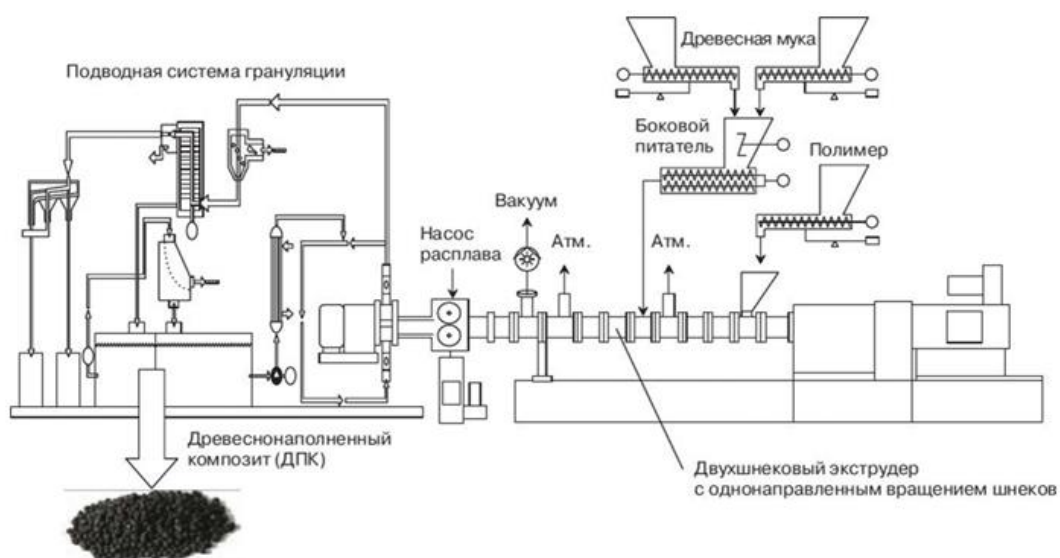


Рисунок 35 - Схема экструзионной линии и технологического процесса

Исходные сырьевые компоненты поступают на производство на автотранспорте. В дальнейшем планируется использование для этих целей также железнодорожного транспорта. Пленка поступает в рулонах, все остальное – в мешках. Имеются три силоса – накопителя вместимостью по около 50м³ (полипропилен, рецикл, древесная мука). Из силосов-накопителей материал поступает с помощью транспортных систем (вращающаяся стальная спираль в полимерной трубе) в технологические бункеры, находящиеся на площадке. На этой же площадке находятся еще два технологических бункера – для талька и для красителя, которые всегда загружаются вручную из мешков. Здесь следует заметить, что в случае неисправности транспортных систем или силосов-накопителей полипропилен, рецикл и древесная мука также могут загружаться вручную из мешков в соответствующие технологические бункеры [35-36].

Каждый технологический бункер снабжен гравиметрическим дозатором. На бункерах полипропилена и рецикла непрерывное ленточное гравиметрическое дозирование, на бункерах талька, красителя и древесной муки установлены дифференциальные гравиметрические дозаторы. На все

дозаторы имеются инструкции, где описано устройство, принцип действия и управление дозаторов.

После дозирования четыре ингредиента (полипропилен, рецикл, тальк и краситель) собираются шнековым питателем экструдера и подаются в его первую зону. Небольшое количество воздуха, выделяющееся при загрузке первой зоны, очищается в рукавном фильтре, находящемся над зоной загрузки. По мере продвижения загруженного материала он нагревается от стенок материального цилиндра экструдера и плавится. Температура по зонам экструдера поддерживается автоматически по заданной программе. К четвертой зоне материального цилиндра экструдера полипропилен, стеарат кальция и полипропилен красителя, а также полипропилен и стеарат кальция рецикла плавятся и перемешиваются с нерасплавившимся тальком, древесной мукой и сажой. Смесь приобретает вязкотекучее состояние. Полипропилен является кристаллизующимся полимером, поэтому смесь на его основе может существовать в вязкотекучем состоянии при температурах выше температуры его плавления. Полимеры в вязкотекучем состоянии сохраняют некоторую упорядоченность, которая обусловлена существованием долгоживущих структурных флуктуаций. Важнейшей реологической характеристикой системы в вязкотекучем состоянии является вязкость. Вязкость такой системы зависит от молекулярного строения полимера, его молекулярной массы, содержания посторонних ингредиентов (пластификаторов, наполнителей и т.п.), температуры и условий деформирования. При механическом нагружении системы, находящейся в вязкотекучем состоянии, развиваются преимущественно необратимые деформации (вязкое течение). Модуль упругости полимеров в вязкотекучем состоянии не превышает 0,1МПа, времена релаксации составляют менее 10с.

В четвертой зоне в перемещаемую двумя шнеками экструдера вязкотекучую смесь подается двухшнековым питателем свежая древесная мука. Из древесной муки сразу начинает удаляться влага, которая в виде пара вместе

с воздухом и пылью древесной муки удаляется через проем в экструдере и через зонт выбрасывается в атмосферу.

Свежая мука подается в четвертую зону под углом вязкотекучему потоку экструдера, поэтому место встречи двух перекрестных потоков является хорошим начальным условием для качественного перемешивания. Дальнейшее перемещение уже общего потока двумя вращающимися в одну сторону шнеками сопровождается выравниванием однородности количественного и качественного состава смеси.

В предпоследней (седьмой) зоне экструдера происходит дегазация перемещаемого материала. В камере дегазации поддерживается вакуум с помощью водокольцевого вакуумного насоса и имеются две прорези в материальном цилиндре над верхней мертвой точкой каждого шнека. Летучие компоненты от дегазационной камеры благодаря вакууму направляются в вакуумные конденсаторы. Вакуумные конденсаторы снабжены рубашками охлаждения, через которые циркулирует охлаждающая вода от холодильной установки. В вакуумных конденсаторах происходит конденсация парогазовой смеси в результате чего образуется вязкая жидкость темного цвета с резким запахом (супер первичный древесный деготь и древесное масло). Этот конденсат периодически сливается из конденсаторов и отправляется на утилизацию. Источником летучих парогазовых компонентов в дегазационной камере является древесная мука, которая подвергается температурному воздействию (как с доступом, так и без доступа воздуха) и давлению в среде расплавленного полипропилена. В древесной муке успевают, хотя время пребывания ее в экструдере и невелико, протекать начальные процессы энергохимической переработки древесины. В результате образуется парогазовая смесь вместе с продуктами пирогенного распада и влагой. Для более глубокого осаждения смоляного тумана в работу можно включить два последовательно работающих конденсатора. Вместе со смоляным туманом отсасывается и пыль древесной муки, которая улавливается водяным кольцом водокольцевого вакуумного насоса и сбрасывается с водой в канализацию.

Ниже представлен количественный и качественный состав воды, сбрасываемой в канализацию с вакуумного насоса. После зоны дегазации материал поступает в восьмую зону экструдера, где начинает формироваться избыточное давление. Восьмая зона экструдера связана с головкой экструдера отверстием (проходом) длиной 250 мм и диаметром 50 мм. Этот проход обеспечивает гидравлическое сопротивление, необходимое для формирования избыточного давления в восьмой зоне экструдера.

Далее материал, попав через проходное отверстие в головку экструдера, под действием давления заполняет пустые полости головки и выдавливается в виде вязкотекучей ленты через щелевую фильеру. Равномерное истечение материала из фильеры регулируется при помощи ряда болтов изменением зазора между внутренней поверхностью и регулировочной рейкой.

Таким образом, в течение всего времени пребывания материала в экструдере происходит пластикация полимерной композиции в процессе ее нагревания и интенсивной механической обработки. В результате такой пластикации, которая начинается уже при смешении полимера с другими ингредиентами и заканчивается экструзией, система переходит в вязкотекучее состояние, что существенно облегчает переработку полимерной композиции в изделие. При механическом нагружении полимеров, находящихся в вязкотекучем состоянии, развиваются преимущественно необратимые деформации (вязкое течение). Для кристаллизующихся полимеров переход в вязкотекучее состояние наступает при температурах выше температуры плавления [21]. При наличии в перерабатываемой композиции аморфных полимеров следует помнить, что они существуют в вязкотекучем состоянии при превышении температуры текучести. Полимеры в вязкотекучем состоянии сохраняют некоторую упорядоченность, которая обусловлена существованием долгоживущих структурных флуктуаций [21].

По деформационному поведению формируемой вязкотекучей полимерной композиции можно констатировать, что здесь сочетаются явления, характерные как для упругих тел, так и для вязких жидкостей (вязкоупругое

тело – реологическая модель Кельвина). Вязкоупругость твердых тел состоит в том, что при их деформировании часть работы внешних сил рассеивается в форме тепла (диссипирует). Вязкоупругость проявляется, если длительность нагружения совпадает по порядку величины со временем, необходимым для внутримолекулярной перестройки, что характерно, например, для всех полимерных тел. Так, вязкоупругость определяет их демпфирующую способность, ползучесть при длительном нагружении, саморазогрев при циклическом нагружении.

Вышедшая из щелевой фильеры вязкотекучая лента подвергается каландрованию на каландре. Каландрование (каландрирование) – метод обработки пластмасс, резиновых смесей, тканей, бумаги на машинах (каландрах), состоящих из 2 или большего числа полых цилиндров (валков), расположенных параллельно и вращающихся навстречу друг другу. Применяют для получения тонких листов или пленок, сдваивания (дублирования) предварительно сформованных листов, нанесения на ткань слоя полимерного материала, уплотнения хлопчатобумажных тканей, глянцеваания бумаги, тиснения различных материалов (валки таких каландров имеют поверхностную гравировку) [22]. На каландре выходящая из экструзионной головки вязкотекучая лента одновременно уплотняется, доводится до требуемой толщины и охлаждается. На каландре наносится (накатывается) дублирующая, адгезионная пленка и также могут накатываться другие тканые и нетканые материалы.

Наш каландр трехвалковый. Валки расположены параллельно один над другим, диаметром 500 мм каждый. Длина валка 2000 мм. Максимальный зазор между валками 50 мм. Рабочая скорость до 6,3 м/мин. Каждый валок управляется двигателем постоянного тока 2,2 кВт с редуктором. Частоты вращения двигателя постоянного тока синхронизированы тахогенератором. Валки выполнены из стали, их поверхности хромированы, установлены на прочном стальном суппорте, на подшипниках. Валки выполнены с внутренней полостью для прохода терморегулирующей жидкости. Жидкость циркулирует

по спирали, образуя однородную температуру в каждой точке контактных поверхностей. Центральный валок закреплен неподвижно, а два других валка подвижные и перемещаются с помощью рычагов и гидравлических поршней, валки имеют свою гидростанцию [38 - 40]. Терморегулирующей жидкостью является вода, которая подается в систему терморегуляции валков каландра из общего замкнутого контура деминерализованной воды. Вращающиеся сочленения для входа и выхода воды встроены в оба конца каждого валка. К раме каландра, к ее боковым стойкам крепятся попарно 4 пластины с 4 гнездами для двух валов, на которые помещают рулоны с пленочным материалом для накатки его на поверхность листа. Пленка поступает на поверхность нижнего валка каландра.

С одной стороны вращаемые пленкой валы имеют тормоза в виде барабана, который тормозится перекинутым через него кожаным ремнем. Натяжка ремня регулируется. Такой тормоз предохраняет рулон от самораскручивания во время натяжения пленки. Пленка под прямым углом подается в зону захвата между поверхностью нижнего валка и поверхностью формируемого листа.

Система терморегуляции валков каландра состоит из 3 модулей регулирования температуры, работающих с водой в закрытом цикле, каждый для своего валка. Каждый модуль регулирования температуры состоит из:

- расходный бак для деминерализованной воды;
- стальной ресивер с опорной рамой;
- иммерсионные нержавеющие обогреватели;
- насос;
- электронный термометр;
- теплообменник;
- электрические средства управления встроены в главную панель;
- мощность нагрева 24кВт;
- теплопередача 75000 ккал/час при 1500С;
- максимальный расход воды 1700 л/час при 2 атм и 260С;

- максимальная рабочая температура 1500С;
- максимальная производительность насоса 10700 л/час;
- максимальный напор насоса 3 атм.;
- мощность двигателя переменного тока 1,5 кВт;
- объем резервуара 25л;
- общая установленная мощность 76,5 кВт.

После каландрования формуемый лист попадает на роликовый стол – транспортер (рольганг) для охлаждения. Длина стола 6м, ширина стола 2м. Охлаждающий стол состоит из стальных неприводных роликов, установленных на самоустанавливающимися подшипниках. Диаметр роликов 48мм. Над рольгангом находится сервисная лестница, а за ней расположен суппорт с набором стационарных ножей для продольной резки и балансировки протягиваемого листа. Расстояние между ножами регулируется [38-40].

Формуемый лист протягивается по рольгангу тянущим устройством (тянущие валки). Существует производственное, жаргонное название тянущих валков, как «буксир», хотя буксир – самоходное судно для вождения (буксировки) несамоходных судов, плотов и т.д. Тянущее устройство состоит из стальной рамы, держащей два покрытых каучуком валка. Длина валка 2000 мм, диаметр валка 275 мм. Толщина резинового покрытия 15мм. Нижний стационарный валок управляется двигателем постоянного тока, мощностью 3,4 кВт, с коробкой передач. Частота вращения двигателя постоянного тока синхронизирована со скоростью валков при помощи тахогенератора.

Верхний прижимной валок может быть поднят и опущен пневматическим поршнем, чтобы сделать проще введение листа в зону захвата валков. Имеется электронный измерительный прибор «ENCODER», который посредством роликового датчика сцепляется с листом предварительно устанавливаемой длины. Скорость двигателя синхронизируется устройством управления цифрового типа и энкодером со скоростью вращения валков каландра.

После продольной резки формуемого листа образуется две ленты боковой обрезки, которые направляются в две боковые рубительные машины 3. Каждая дробилка оборудована управляемым мото-вариатором мощностью 0,37 кВт для втягивания ленты в дробилку. Максимальная ширина втягиваемой ленты 170 мм. Диаметр ротора дробилки 140 мм. Мощность двигателя дробилки 2,2 кВт, обороты двигателя 720 об/мин. Дробильная секция выполнена из трех вращающихся ножей по 178 мм и двух стационарных ножей по 195 мм. Дробленая лента проходит через сетку с просечкой 8 мм, захватывается лопастями вентилятора и по трубопроводу направляется в емкость-накопитель для дробленки. Мощность двигателя вентилятора 0,55 кВт. Для охлаждения корпусов подшипников подается вода из общей замкнутой циркуляционной системы холодильной установки. Вся дробилка размещена в звуконепроницаемом боксе.

Формуемый лист тянущим устройством (два обрешиненные валка) направляется на поперечную резку в автоматический резак. Автоматический резак представляет собой гильотинные ножницы с мощностью двигателя переменного тока 3 кВт. Ножницы синхронизированы электронным измерительным прибором «ENCODER» с предварительно устанавливаемой длиной нарезаемого листа.

После поперечной резки ленты (гильотинные ножницы) листы требуемого размера поступают на автоматическую установку штабелирования. Установленная мощность установки 10 кВт, размер штабелируемого листа до 2000x1700 мм, максимальная высота складываемого штабеля 900 мм, время пневматического цикла 8 сек. Корпус штабелеукладчика представляет собой стальную конструкцию со стенами из проволочной сетки, которые могут регулироваться по высоте и смещаться на колесах. Установка штабелирования состоит из двух главных секций (секция входа нарезанных листов и секция собственно штабелирования). Секция входа включает в себя два ленточных транспортера, которые транспортируют отрезанный лист от зоны резания до места штабелирования. Первый

транспортёр при помощи пневматического воздушного цилиндра может опускаться одной стороной вниз, так, чтобы последующий лист не подавался в секцию штабелирования, а направлялся вниз под второй транспортёр, позволяя проводить необходимые работы в секции штабелирования. В конце второго транспортёра устроен механический ограничитель с фотоэлементом, дающим команду на начало цикла штабелирования. Верхняя часть секции штабелирования состоит из вертикально и горизонтально подвижной рамки, на которой крепятся всасывающие чашечки, нижняя – из гидравлически поднимаемой площадки (стола) для установки поддона, на который укладываются листы после резки. На рамке всасывающих чашек установлен выключатель близости, который управляет опусканием стола на определённую величину после укладки очередного листа. Стол снабжен роликами для перемещения. Рамка скользит на алюминиевых направляющих. Управление движением рамкой вверх-вниз осуществляется пневмосистемой. Пневмосистема состоит из газового кольца вакуумного насоса, который генерирует вакуум или избыток воздуха внутри чашек, как этого требует цикл штабелирования. Рамка опускается вниз пока чашки не входят в контакт с листами и не получают внутри них эффект вакуума. Чашки, выходящие за область листа, исключаются из работы вручную оператором с помощью шарового крана. Рамка перемещается сначала вверх, поднимая за собой лист вверх, затем вперед и в заключение вниз. И как только вакуум внутри чашек заменяется избытком воздуха, приведенным в действие соленоидным клапаном, лист выпускается. Установка штабелирования оборудована электрошкафом и приборной панелью.

Система из рельсов и червячного блока обеспечивает продольное перемещение всех составных частей экструзионной линии от каландра до штабелеукладчика. Все составные части установлены на регулируемых колесах. Двигатель перемещения переменного тока мощностью 0,5 кВт имеет редуктор с высоким соотношением редукции.

Приведенное описание технологического процесса позволит извлечь наибольшую пользу, если читатель имеет возможность в натуре созерцать всю технологическую линию производства композиционного древесно-наполненного полипропиленового листа (лист «кодренален»). Осуществляя консалтинговую поддержку проекта и фокусируя внимание читателя на сути протекающих процессов, ниже приводятся качественные и количественные параметры работы технологической линии, на базе которых могут быть составлены журналы контроля параметров технологического процесса производства листа и рекомендации получения листа с требуемыми физико-механическими характеристиками.

Листовой полимер - древесный материал на основе полипропилена (лист «Кодренален») является композиционным термопластичным материалом, имеющим гетерофазную структуру. Непрерывная фаза (матрица) – полипропилен, дискретная фаза – древесная мука и другие модифицирующие добавки.

Для достижения требуемых свойств дисперсно упрочненного композиционного материала (ДНПП) необходимо очень равномерное распределение древесной муки в полипропилене. Для этого полипропилен должен хорошо смачивать поверхность древесной муки и обладать по отношению к ней высокой адгезией. С этой целью в композиционный материал вводят в небольших количествах другие наполнители, облегчающие гомогенизацию (придание однородности строения и состава) смеси. Следствием этого является высокая однородность строения и состава композиции, а также обеспеченность перераспределения нагружения в любом из элементов полимерной композиции.

Древесная мука выступает в роли армирующего наполнителя, который воспринимает основную долю нагрузки, действующей на материал, и определяет его механические и теплофизические свойства, а также эксплуатационные характеристики получаемого материала. Древесная мука – натуральный, природный биополимер. Поэтому ДНПП-лист можно по праву

называть полимер-полимерным, композиционным материалом. Из-за незначительной совместимости полимеров (полипропилен древесина) их смеси всегда гетерофазны, но благодаря высокой вязкости не расслаиваются и стабильны в условиях эксплуатации. Смесь полимеров обеспечивает повышение модуля упругости, ударной вязкости, прочности или динамической выносливости основного полимера (полипропилена). Защищающий полимер образует в смеси непрерывную фазу, изолируя защищаемый полимер. Для изменения механической прочности, ударной вязкости, динамической выносливости можно прибегнуть к химической и структурной модификации полимерной матрицы. К химической модификации можно отнести сшивание полимера, синтез сополимеров, в том числе блоксополимеров и привитых сополимеров.

Учитывая указанные направления модификации полимерной матрицы, можно рекомендовать, например, для увеличения ударопрочности, эластичности и травмобезопасности листа, вместо полипропилена использовать блоксополимер на основе полипропилена, полиэтилена и каучука. Одновременно с этим проводят структурную модификацию полимерной матрицы путем изменения соответствующих режимных параметров получения листа.

При отсутствии возможности модификации полимерной матрицы можно управлять характеристиками получаемого листа через вторую фазу – наполнитель. Например, для улучшения механических характеристик листа, особенно для повышения ударной прочности и снижения ползучести, можно рекомендовать в качестве упрочняющего элемента полимерной композиции волокнистые наполнители [41].

Несмотря на то, что ДНПП-лист является как бы полупродуктом, который подлежит дальнейшей переработке в готовые изделия, к нему предъявляются самые высокие требования относительно его качества. Качество – это соответствие листа его назначению. А основное назначение – это конструкционный листовой композиционный материал в

автомобилестроении. Поэтому мы не случайно указали основные направления управления качеством получаемого конкурентоспособного листа, если под конкурентоспособностью продукции назовем отношение качества продукции к ее цене.

Переработка пластических масс заключается в превращении полимерных материалов в изделия методами формования. При этом используются характерные свойства пластических масс приобретать пластичность и текучесть при воздействии определенной температуры и давления и сохранять затем в обычных условиях приданную им во время переработки форму.

Перерабатываемость листа определяет его формуемость, которая направленно закладывается на стадии получения композиционного листа. Поскольку исходной заготовкой является лист, то методы его переработки в изделия называют формование.

В процессе формования изделий из листового ДНПП лист нагревают до температуры размягчения, далее его подвергают вытяжке и придают необходимую форму, а затем охлаждают и вынимают из формовочной машины.

Формование из листа является единственным методом изготовления изделий с большой поверхностью и малой толщиной стенки. К основным методам формования из листов относят:

- штампование;
- формование сжатым воздухом (пневмоформование);
- вакуумформование.

3.3 Разработка экспериментальных составов ДНПП

Для решения проблемы повышения теплостойкости обивок дверей совместно со специалистами производства были разработаны четыре рецептуры древесно-наполненного полипропилена с разным процентным

содержанием древесной муки и изготовлены опытные образцы материала. Также была отработана технология формования, технические требования к готовым изделиям.

Образцы для испытаний были получены методом экструзии из гранул ПП, и древесной муки в соотношении, указанному в таблице 6:

Таблица 6 – Таблица соотношения полипропилена и древесной муки

	Содержание полипропилена, %	Содержание древесной муки, %
Рецептура 1	50	50
Рецептура 2	45	55
Рецептура 3	48	52
Рецептура 4	43	57

В качестве образцов для испытаний используется листовой древеснонаполненный полипропилен марки «Кодренален» (рисунок 36) с разным процентным содержанием наполнителя, изготовленный методом экструзии из полипропилена, древесной муки и полипропиленовой пленки, предназначенный для изготовления деталей внутренней отделки автомобиля методом термоформования с последующим дублированием облицовочными материалами.



Рисунок 36 – Образцы листового древеснонаполненный полипропилена

В качестве параметров для исследования были взяты следующие физико-механические свойства:

- теплостойкость при 100 °С x 24 часа;
- температура изгиба под нагрузкой;
- модуль упругости при изгибе;
- разрушающее напряжение при растяжении и относительное удлинение при разрыве и др.

Кроме того, были разработаны и ужесточены технические требования, указанные в таблице 7, которым должен соответствовать листовой древеснонаполненный полипропилен марки Кодренален, производства ЗАО «Техно-Полимер», г.Тольятти.

Таблица 7 –Технические требования листового ДНПП

Наименование показателя	Норма по ТУ
1. Плотность, г\см ³	1,00-1,08
2. Разрушающее напряжение при растяжении, МПа - в продольном направлении - в поперечном направлении	≥ 20 ≥ 15
3. Изгибающее напряжение при максимальной нагрузке, МПа - в продольном направлении - в поперечном направлении	≥ 40 ≥ 28
4. Модуль упругости при изгибе, МПа - в продольном направлении - в поперечном направлении	≥ 2500 ≥ 1800
5. Ударная вязкость по Шарпи образца без надреза, кДж\м ² - в продольном направлении - в поперечном направлении	≥ 6,0 ≥ 4,5

Продолжение таблицы 7

Наименование показателя	Норма по ТУ
6. Температура изгиба под нагрузкой при 1,8МПа, °С - в продольном направлении - в поперечном направлении	≥ 120 ≥ 80
7. Относительное удлинение при разрыве, % - в продольном направлении - в поперечном направлении	$\geq 2,0$ $\geq 2,0$
8. Скорость горения, мм/мин.	≤ 100
9. Водопоглощение, %	$\leq 1,0$
10. Морозостойкость	Не должно быть растрескивания
11. Поведение в сухой горячей среде	Не должно быть изменений внешнего вида. Допускается отклонение от плоскостности образца до 4 мм.
12. Поведение во влажной горячей среде	Не должно быть изменений внешнего вида. Допускается отклонение от плоскостности образца до 4 мм.
13. Усадка, % - в продольном направлении - в поперечном направлении	0 0
14. Уровень запаха, балл	≥ 6 (методы А и Б)
15. Теплостойкость 100°С x 24 часа	Не должно быть деформаций, вздутий, вмятин, отслоений
16. Верхний предел рабочих температур, °С	130

3.4 Технология формования обивки двери методом штампования

Процесс состоит из вырезки заготовки из листовых материалов на дисковых или ленточных пилах с учетом припуска на усадку материала, нагревают в воздушных термостатах инфракрасным излучением или в поле токов высокой частоты. Листы термопластичных материалов формуют в интервале температур высокоэластичного состояния; время нагревания определяют опытным путем. Отформованные изделия медленно охлаждают в

штампах или специальных приспособлениях. Штампуют пластмассы на гидравлических или пневматических прессах под давлением 0,5-10 кг/см².

Лист ДНПП предназначен, в основном, для изготовления методами формования из листов деталей отделки автомобилей. При формовании методом штампования ДНПП-листа получают нужные для автомобиля облицовочные детали. Причем штампование сопровождается одновременным кашированием лицевой поверхности детали декоративными материалами (фото деталей на рисунках 37, 38).

В отличие от серийно применяемых конструкций обивок дверей из заливочного жесткого ППУ было разработано сборное изделие, что позволило получить более элегантный и практичный дизайн салона автомобиля.



Рисунок 37 - Обивка двери передняя



Рисунок 38 - Обивка двери задняя

Принцип работы линии термоформования заключается в следующем: ДНПП-лист укладывается при помощи загрузчика на транспортную решетку печи. Транспортная решетка перемещает ДНПП-лист в зону нагрева. Нагревание до пластичного состояния осуществляется керамическими элементами инфракрасного излучения, скомпонованными в две зоны – верхнюю и нижнюю.

Во время нагрева листа прессовщик укладывает в штамп облицовочный материал и закладные детали. После достижения нужной температуры ДНПП-лист автоматически укладывается на штамп формования. При смыкании штампа происходит формование детали с одновременным дублированием ее облицовочным материалом и запрессовкой закладных, а также осуществляется периметральная вырубка с образованием облоя. После размыкания штампа прессовщик извлекает отформованные детали и рамы с облоем. Устанавливает второй комплект рам с облицовками и закладные детали, опускает защитную решетку, после чего начинается следующий цикл формования.

Древеснонаполненный полипропиленовый лист отличается высоким качеством и стабильностью свойств, широким спектром эксплуатационных и технологических особенностей. С целью сохранения физико-механических характеристик листового материала в формуемых из него изделиях, ведется научно-техническое сопровождение различных методов формования из листов, т.к. необходимо учитывать при переработке листа особенности созданной композиции, состояние и возможности формующей оснастки и оборудования. И это не удивительно, если учесть, что для изготовления изделий с большой поверхностью и малой толщиной стенки формование из листа является единственным лидером.

Выводы по разделу

Древеснонаполненный полипропилен использовался в производстве как материал для изготовления узкой номенклатуры деталей интерьера автомобиля (например, полка багажника).

В процессе работы разработана, апробирована и внедрена новая рецептура ДНПП, позволяющая изготавливать и другие детали интерьера из этого материала. Кроме того, были разработаны и ужесточены технические требования, которым должен соответствовать листовый древеснонаполненный полипропилен марки Кодренален, производства ЗАО «Техно-Полимер», г.Тольятти.

Также была освоена технология изготовления цельноформованных обивок дверей и внедрены технические требования на материал.

4. Исследование Свойств Днпп

В рамках работы по исследованию свойств древеснонаполненного полипропилена с целью исключения дефекта «деформация и коробление», который проявился на обивках дверей автомобиля возникла необходимость подобрать материал, удовлетворяющий условиям эксплуатации изделия. Были проведены сравнительные испытания опытных образцов с разным содержанием наполнителя. Полученные результаты приведены в п.п.4.1-4-3 диссертации.

4.1 Климатические испытания

Важной эксплуатационной характеристикой материала является показатель теплостойкости, температура изгиба под нагрузкой и усадка материала.

Результаты климатических испытаний опытных партий листового ДНПП, образцы рецептура 1 (50% полипропилена, 50% древесной муки), производства ЗАО «Техно-Полимер», г. Тольятти представлены в таблице 8:

Таблица 8 – Результаты климатических испытаний ДНПП, рецептура 1

Наименование показателей	п.64	п.66	п.67	п.69	Норма по ТУ
1. Теплостойкость 100°С x 24 часа	деформация, вздутия, вмятины, отслоения отсутствуют				Не д.б. деформаций, вздутий, вмятин, отслоений
2. Верхний предел рабочих температур, °С	130	128	126	130	130
3. Усадка (100± 2) °С x24 часа, %					
- в продольном направлении	0	0,1	0	0	0
- в поперечном направлении	0	0	0,1	0,1	0
4. Температура изгиба под нагрузкой при 1,8МПа, °С					
- в продольном направлении	120	117	106	110	≥ 120
- в поперечном направлении	80	81	80	81	≥ 80

Результаты климатических испытаний листового ДНПП, образцы рецептура 2 (45% полипропилена, 55% древесной муки), производства ЗАО «Техно-Полимер», г. Тольятти представлены в таблице 9:

Таблица 9 - Результаты климатических испытаний ДНПП, рецептура 2

Наименование показателей	п.79	п.85	п.87	п.93	Норма по ТУ
1. Теплостойкость 100°С x 24 часа	деформация, вздутия, вмятины, отслоения отсутствуют				Не д.б. деформаций, вздутий, вмятин, отслоений
2. Верхний предел рабочих температур, °С	120	130	119	120	130
3. Усадка (100± 2) °С x24 часа, %					
- в продольном направлении	0,1	0	0,2	0,1	0
- в поперечном направлении	0	0	0,1	0,0	0
4. Температура изгиба под нагрузкой при 1,8МПа, °С	110	≥	111	109	≥ 120
- в продольном направлении	100	100	101	99	≥ 80
- в поперечном направлении		≥ 80			

Результаты климатических испытаний листового ДНПП, образцы рецептура 3 (48% полипропилена, 52% древесной муки), производства ЗАО «Техно-Полимер», г.Тольятти представлены в таблице 10:

Таблица 10 - Результаты климатических испытаний ДНПП, рецептура 3

Наименование показателей	п.75	п.77	п.81	п.92	Норма по ТУ
1. Теплостойкость 100°С x 24 часа	деформация, вздутия, вмятины, отслоения отсутствуют				Не д.б. деформаций, вздутий, вмятин, отслоений
2. Верхний предел рабочих температур, °С	115	114	116	117	130
3. Усадка (100± 2) °С x24 часа, %					
- в продольном направлении	0,3	0,1	0,3	0,3	0
- в поперечном направлении	0	0,1	0,1	0,1	0
4. Температура изгиба под нагрузкой при 1,8 МПа, °С	100	100	101	100	≥ 120
- в продольном направлении	86	83	79	87	≥ 80
- в поперечном направлении					

Результаты испытаний листового ДНПП, образцы рецептура 4 (43% полипропилена, 57% древесной муки), производства ЗАО «Техно-Полимер», г.Тольятти представлены в таблице 11:

Таблица 11 - Результаты климатических испытаний ДНПП, рецептура 4

Наименование показателей	п..73	п..84	п.89	п.105	Норма по ТУ
1. Теплостойкость 100°С x 24 часа	деформация, вздутия, вмятины, отслоения отсутствуют				Не д.б. деформаций, вздутий, вмятин, отслоений
2. Верхний предел рабочих температур, °С	120	120	119	120	130
3. Усадка (100± 2) °С x24 часа, %					
- в продольном направлении	0	0,1	0,3	0,2	0
- в поперечном направлении	0	0	0,1	0,1	0
4. Температура изгиба под нагрузкой при 1,8МПа, °С					
- в продольном направлении	116	120	114	109	≥ 100
- в поперечном направлении	100	93	87	99	≥ 80

Как видно из таблицы полученных результатов, образцы листового ДНПП № 1 показали лучшие результаты по показателю теплостойкость и температура изгиба под нагрузкой, а также имеют наиболее высокий предел рабочих температур, чем образцы №2, №3, №4 ДНПП и образцы из ППУ.

4.2 Физико-механические свойства

Результаты лабораторных испытаний физико-механических показателей листового ДНПП, образцы которого соответствуют рецептуре 1, представлены в таблице 12. Образцы произведены на ЗАО «Техно-Полимер», г. Тольятти.

Таблица 12 – Результаты испытаний листового ДНПП, рецептура 1

Наименование показателей	п.64	п.66	п.67	п.69	Норма по ТУ
1. Плотность, г\см ³	1,0	1,02	1,03	1,02	1,00-1,08
2. Разрушающее напряжение при растяжении, МПа					
- в продольном направлении	27,7	27,6	27,7	27,8	≥ 20
- в поперечном направлении	15,3	15,0	15,2	15,1	≥ 15
3. Относительное удлинение при разрыве, %					
- в продольном направлении	4,8	4,6	4,4	4,9	≥ 2,0
- в поперечном направлении	3,6	4,0	3,8	3,4	≥ 2,0
4. Изгибающее напряжение при макс. нагрузке, МПа					
- в продольном направлении	48	47	52	48	≥ 40
- в поперечном направлении	34	32	48	33	≥ 28
5. Модуль упругости при изгибе, МПа					
- в продольном направлении	3160	3162	3377	2761	≥ 2500
- в поперечном направлении	2227	1975	2130	2055	≥ 1800
6. Ударная вязкость по Шарпи обр. без/н, кДж\м ²					
- в продольном направлении	7,8	6,7	6,7	8,7	≥ 6,0
- в поперечном направлении	5,2	4,8	5,5	4,5	≥ 4,5

Результаты лабораторных испытаний физико-механических показателей листового ДНПП, образцы рецептура 2, производства ЗАО «Техно-Полимер», г. Тольятти представлены в таблице 13:

Таблица 13 – Результаты испытаний листового ДНПП, рецептура 2

Наименование показателей	п.79	п.85	п.87	п.93	Норма по ТУ
1. Плотность, г\см ³	1,1	1,04	1,03	1,05	1,00-1,08
2. Разрушающее напряжение при растяжении, МПа					
- в продольном направлении	27,6	28,1	26,9	27,5	≥ 20
- в поперечном направлении	15,3	15,0	15,4	15,3	≥ 15
3. Относительное удлинение при разрыве, %					
- в продольном направлении	4,2	4,1	4,2	4,3	0
- в поперечном направлении	4,0	4,0	4,0	3,9	0
4. Изгибающее напряжение при макс. нагрузке, МПа					
- в продольном направлении	49	50	48	49	≥ 40
- в поперечном направлении	30	29	31	30	≥ 28
5. Модуль упругости при изгибе, МПа					
- в продольном направлении	3428	3504	2700	3685	≥ 2500
- в поперечном направлении	2099	2055	2075	2034	≥ 1800

Продолжение таблицы 13

Наименование показателей	п.79	п.85	п.87	п.93	Норма по ТУ
6. Ударная вязкость по Шарпи обр. без/н, кДж\м ²					
- в продольном направлении	7,0	7,2	7,3	7,1	≥ 6,0
- в поперечном направлении	4,5	4,6	4,6	4,7	≥ 4,5

Результаты лабораторных испытаний физико-механических показателей листового ДНПП, образцы рецептура 3, производства ЗАО «Техно-Полимер», г. Тольятти представлены в таблице 14:

Таблица 14 – Результаты испытаний листового ДНПП, рецептура 3

Наименование показателей	п.75	п.77	п.81	п.92	Норма по ТУ
1. Плотность, г\см ³	1,04	1,06	1,05	1,03	1,00-1,08
2. Разрушающее напряжение при растяжении, МПа					
- в продольном направлении	28,2	28,4	28,3	28,5	≥ 20
- в поперечном направлении	16,4	16,2	16,4	16,4	≥ 15
3. Изгибающее напряжение при макс. нагрузке, МПа					
- в продольном направлении	55	52	56	55	≥ 40
- в поперечном направлении	35	36	31	34	≥ 28
4. Модуль упругости при изгибе, МПа					
- в продольном направлении	4057	4060	4058	4055	≥ 2500
- в поперечном направлении	2512	2609	1854	2515	≥ 1800
5. Ударная вязкость по Шарпи обр. без/н, кДж\м ²					
- в продольном направлении	7,0	7,2	6,8	7,0	≥ 6,0
- в поперечном направлении	4,9	4,8	4,6	5,0	≥ 4,5
6. Относительное удлинение при разрыве, %					
- в продольном направлении	3,6	3,8	3,7	3,5	≥ 2,0
- в поперечном направлении	3,0	2,9	3,2	2,9	≥ 2,0

Результаты лабораторных испытаний физико-механических показателей листового ДНПП, образцы рецептура 4, производства ЗАО «Техно-Полимер», г. Тольятти представлены в таблице 15:

Таблица 15 – Результаты испытаний листового ДНПП, рецептура 4

Наименование показателей	п..73	п..84	п.89	п.105	Норма по ТУ
1. Плотность, г\см ³	1,10	1,10	1,07	1,07	1,00-1,08
2. Разрушающее напряжение при растяжении, МПа					
- в продольном направлении	26	25	25	24	≥ 20
- в поперечном направлении	17	17	15	15	≥ 15
3. Изгибающее напряжение при макс. нагрузке, МПа					
- в продольном направлении	52	50	48	47	≥ 40
- в поперечном направлении	36	37	-	30	≥ 28
4. Модуль упругости при изгибе, МПа					
- в продольном направлении	4076	2702	3752	3383	≥ 2500
- в поперечном направлении	2632	1845	2288	1961	≥ 1800
5. Ударная вязкость по Шарпи обр. без/н, кДж\м ²					
- в продольном направлении	6,5	8,4	5,8	6,9	≥ 6,0
- в поперечном направлении	5,5	5,9	4,7	4,9	≥ 4,5
6. Относительное удлинение при разрыве, %					
- в продольном направлении	4,1	4,0	4,3	4,2	≥ 2,0
- в поперечном направлении	3,8	4,0	3,6	3,5	≥ 2,0

4.3 Исследование свойств изделий

Для оценки поведения изделий в процессе эксплуатации были проведены также климатические испытания деталей и получены положительные результаты лабораторных испытаний.

В таблице 16 представлены результаты испытаний образцов обивок дверей из жесткого ППУ.

Таблица 16 - Результаты испытаний обивок дверей из жесткого ППУ

Показатель	Ед. изм.	Величина показателей	Норма ТУ
Теплостойкость 90 °С, 6 часов	Кач	Коробление, деформация	Контрольный образец Отслоения, вздутия, деформация не допускается

Продолжение таблицы 16

Дополнительный показатель по теплостойкости при 100 °С х 24ч	Кач.	Коробление, деформация	Не нормируется
Стойкость изделий во влажном теплом воздухе 40°С х 200 час.	Кач.	Отслоения, вздутия, деформация отсутствуют. Соответствует	Контрольный образец
Усадка при 100 °С х 24 часа	%	0,6	≤ ± 0,5
Скорость горения	мм/мин	18	≤ 75

В таблице 17 представлены результаты испытаний образцов обивок дверей из листового ДНПП.

Таблица 17 - Результаты испытаний обивок дверей из листового ДНПП

Показатель	Ед. изм.	Величина показателей	Норма ТУ
Теплостойкость, 100 °С х 24 час.	виз.	Деформация, вздутия, вмятины, отслоения отсутствуют. Соответствует	Контрольный образец Не должно быть деформаций, вздутий, вмятин, отслоений
Стойкость изделий во влажном теплом воздухе 40 °С х 200 час.	виз.	Деформация, вздутия, вмятины, отслоения отсутствуют. Соответствует	Контрольный образец Не должно быть деформаций, вздутий, вмятин, отслоений
Усадка при 100 °С х 24 часа.	%	0	≤ 0,5
Скорость горения	мм/мин	10	≤ 100

Из проведенных исследований следует, что использование ЛДПМ, обеспечивает жесткость сборной конструкции детали, позволяет обеспечить запас деформационной устойчивости при повышенной температуре –

нормируемая теплостойкость для изделий не менее 100 °С по сравнению с серийными обивками дверей на основе ранее применяемой системы ППУ.

Наши выводы подтверждаются полученными результатами испытаний.

Выводы по разделу

На основании выполненного анализа полученных результатов и изучения свойств опытных образцов листового ДНПП, разработанного для изготовления деталей обивка двери, требующих высокие показатели по теплостойкости и деформационной устойчивости изделий было рекомендовано использовать в производстве обивок дверей ДНПП состава рецептуры 1 (50% полипропилен, 50% древесной муки), что позволяет исключить дефект «деформации» деталей.

Заключение

В ходе выполнения данной работы был произведен информационный поиск, изучение свойств и анализ материалов, применяемых для изготовления деталей интерьера автомобилей, определены ключевые характеристики.

Подобран материал, обладающий необходимым комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств, изготовлены опытные образцы материала для производства деталей обивка двери. Также были разработаны требования на обивки дверей из ДНПП, в которых включены необходимые показатели качества изделий.

Рассмотрены методы проведения лабораторных испытаний по определению климатических и физико-механических свойств материалов. Были проведены исследования образцов, которые дали положительные результаты на соответствие разработанным требованиям.

На основании полученных данных установлено, что изделия из ДНПП имеют стабильные свойства на протяжении длительного времени, что позволило исключить дефект по «деформации и короблению» обивок дверей из эксплуатации.

Результаты лабораторных испытаний убедительно показывают, что листовой композиционный древеснонаполненный полипропилен рецептура 1 (50/50, где 50% полипропилена, 50% древесной муки), выпускаемый ЗАО «Техно-Полимер» соответствует абсолютно всем требованиям технических условий и имеет более высокие значения физико-механических и теплофизических свойств. Технологичность и пригодность выпускаемого листа для изготовления деталей внутренней отделки автомобилей не вызывает сомнений.

Список используемой литературы

1. Воронцова М.Ю. Статья «Исследование свойств композиций полипропилена для деталей интерьера и экстерьера автомобилей» / М.Ю. Воронцова, М.Н. Тюрков // Сборник студенческих работ. Студенческие дни науки в ТГУ -2021. – С. 537-540.
2. Пластики в автомобилестроении. URL: <http://www.polimerportal.ru/informaciya/plastiki-2/> (дата обращения 21.05.2022)
3. Теоретические инженерные основы получения пенополиуретана URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=580628> (дата обращения 21.05.2022)
4. Электронная библиотека / Композиционные материалы на основе вторичных полиолефинов и ультрадисперсного диоксида кремния для длинномерных машиностроительных изделий. URL: <http://dep.nlb.by/jspui/handle/nlb/32635> (дата обращения 02.06.2022)
5. Мономеры и олигомеры - Энциклопедия по машиностроению XXL. URL: <https://mash-xxl.info/info/653005/> (дата обращения 21.05.2022)
6. Разработка рецептуры жесткого пенополиуретана для изделий интерьера автомобиля. Васляев А.А. Международный студенческий научный вестник. 2018. № 2. С. 132.
7. Смагин Владимир Петрович. Диссертация доктора химических наук: 02.00.04 Томск 2013 «Физико-химические основы формирования и свойства оптически прозрачных металлсодержащих полимерных материалов»
8. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.
9. Учебник. Органическая химия. 10-11 класс. Цветков Л.А. 2012, 271с.

10. ГОСТ 4647-2015 «Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Шарпи»
11. Описание типа средства измерений копры маятниковые 9050. Приложение к свидетельству № 51021
12. Описание типа средства измерений микрометры МК. Приложение к свидетельству № 47398
13. ГОСТ 12021-2017 "Пластмассы и эбонит. Метод определения температуры изгиба под нагрузкой"
14. Руководство пользователя для термомеханических испытаний Cheast HV3/HV6
15. Технические условия 2246-001-55875629 «Листовой древеснонаполненный полипропилен марки Кодренален».
16. ГОСТ 15139 «Пластмассы. Методы определения плотности (объемной массы)»
17. ГОСТ 11262 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение»
18. ГОСТ 4648 «Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб»
19. ГОСТ 9550 «Пластмассы. Методы определения модуля упругости при растяжении, сжатии и изгибе»
20. ГОСТ 25076-81 «Материалы неметаллические для отделки интерьера автотранспортных средств. Метод определения огнеопасности»
21. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» URL: <https://biblioclub.ru/> (дата обращения 21.05.2022)
22. Кайгородова, Елена Алексеевна. Получение, физико-химические свойства и применение полимеров [Текст] : учебное пособие / Е. А. Кайгородова, Е. С. Костенко, Е. К. Яблонская ; М-во сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБОУ ВПО "Кубанский гос. аграрный ун-т". - 2-е изд., испр. и доп. - Краснодар : КубГАУ, 2016. - 110 с. : табл.; 20 см.; ISBN 978-5-00097-047-8 : 75 экз.

23. Электронная библиотека «Нефть и газ» URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9118489> (дата обращения 28.05.2022)
24. Горелов И.П., Никифоров В.А., Пахомов П.М., Хижняк С.Д. Физико-химия полимеров: Синтез, свойства и применение. Сборник научных статей. Вып. 13
25. CarlHanserVerlag, Тенденции и перспективы развития полимерных материалов. Журнал Kunststoffe, пластмассы 2005.
26. Носков Д.В. и др. Оценка пригодности к рециклингу вторичных полимеров. Журнал Пластические массы, №8, 2002.
27. Севрук В.Д., Ицкова Т.Г. и др. Использование метода растяжения расплавов полимеров для анализа технологических процессов переработки пластических масс. Пластмассы, 08.91г.
28. Древесно –полимерный композит. Источник http://www.intervesp-stanki.ru/category/wood_plactic_composite.htm Режим доступа : (дата обращения 21.05.2022)
29. Гарсия М., Идальго Дж., Гармендия И., Гарсия-Хака Дж. древесно–пластмассовые композиты с лучшими показателями огнестойкости и долговечности. Компос.
30. Интернет-статья Т.Трифорова «Мебельщики осваивают ДПКТ» Режим доступа : (дата обращения 21.05.2022)
31. Интернет-статья Шаповалов А.В. (СПбГЛТА, г.СПб), Валенков А.М. (ГНУ ИММС НАН Б им. В.А. Белого, РБ) «Влияние особенностей структуры материала покрытия на прочность адгезионного контакта «древесно-наполненный полипропилен-покрытие»». (дата обращения 21.05.2022)
32. Получение и свойства древесно-наполненных композитов на основе наномодифицированных полипропиленов различных марок Р.Р. Амиров, Л.М. Амирова, О.Н. Беззаметнов, В.В. Горбачук // Ученые записки КФУ. Естественные науки 2012 том154 N4

33. Файзулин И.З. «Древесно-полимерные композиционные материалы на основе полипропилена и модифицированного древесного наполнителя» URL: <https://www.dissercat.com/content/drevesno-polimernye-kompozitsionnye-materialy-na-osnove-polipropilena-i-modifitsirovannogo>. (дата обращения 21.05.2022)
34. Основы технологии переработки пластмасс. Учебник для вузов/. Власов С.В, Кандырин Л.Б., Кулезнев В.Б. и др. – М: Химия, 2004. – 600 с.
35. Васляев А.А. Разработка рецептуры жесткого пенополиуретана для изделий интерьера автомобиля // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 2. ; URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=18141> (дата обращения: 21.05.2022).
36. Механические характеристики ППУ. URL: <https://msd.com.ua/prognozirovanie-i-texnologicheskie-usloviya-povysheniya-dolgovechnosti-penopoliuretana-dlya-stroitelnyh-izdelij/mexanicheskie-xarakteristiki-ppu/> (дата обращения 21.05.2022)
37. Stanciu MD, Teodorescu Draghicescu H, Tamas F, Terciu OM. Mechanical and Rheological Behaviour of Composites Reinforced with Natural Fibres. *Polymers (Basel)*. 2020;12(6):1402. Published 2020 Jun 22. doi:10.3390/polym12061402
38. Mazzanti, V., Malagutti, L., Santoni, A., Sbardella, F., Calzolari, A., Sarasini, F., & Mollica, F. (2020). Correlation between Mechanical Properties and Processing Conditions in Rubber-Toughened Wood Polymer Composites. *Polymers*, 12(5), 1170. <https://doi.org/10.3390/polym12051170>
39. Arumugam, S., Kandasamy, J., Venkatesan, S., Murugan, R., Lakshmi Narayanan, V., Sultan, M., Shahar, F. S., Shah, A., Khan, T., & Sebaey, T. A. (2022). A Review on the Effect of Fabric Reinforcement on Strength Enhancement of Natural Fiber Composites. *Materials (Basel, Switzerland)*, 15(9), 3025. <https://doi.org/10.3390/ma15093025>

40. Slapnik, J., Lucyshyn, T., & Pinter, G. (2021). Relationships between the Decomposition Behaviour of Renewable Fibres and Their Reinforcing Effect in Composites Processed at High Temperatures. *Polymers*, 13(24),4448. <https://doi.org/10.3390/polym13244448>

41. Asyraf, M., Syamsir, A., Zahari, N. M., Supian, A., Ishak, M. R., Sapuan, S. M., Sharma, S., Rashedi, A., Razman, M. R., Zakaria, S., Ilyas, R. A., & Rashid, M. (2022). Product Development of Natural Fibre-Composites for Various Applications: Design for Sustainability. *Polymers*, 14(5), 920. <https://doi.org/10.3390/polym14050920>