

674.8
P32
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова

674.81
На правах рукописи

ММ. РЕВЯКО

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА
ТЕХНОЛОГИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ДРЕВЕС-
НЫХ ПЛАСТИКОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА**

(Диссертация написана на русском языке)
(специальность 05.421 — машины, оборудование
и технология лесопильных и деревообрабатывающих
производств)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск 1972

674.8

P-32

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Белорусский технологический институт имени С.М. Кирова

На правах рукописи

М.М. РЕВЯКО

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ
ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА

/Диссертация написана на русском языке/

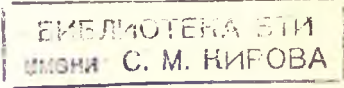


/Специальность 05.42I-машины, оборудование и технологи-
я лесопильных и деревообрабатывающих производств/

2786 ар.

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Минск, 1972 г.

Работа выполнена в Белорусском технологическом институте
имени С.М.Кирова

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор М.С.МОВНИН
Кандидат технических наук, доцент Ф.С.МАРТИНОВИЧ

Ведущее предприятие -
Минский станкостроительный завод имени С.М.Кирова

Автореферат разослан "23" июня 1972 года

Защита состоится " " 1972 года на заседа-
нии Совета по присуждению ученых степеней по техническим нау-
кам Белорусского технологического института имени С.М.Кирова,
г.Минск, ул.Свердлова, 13 а, ауд. 220

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ваши отзывы на автореферат в 2-х экземплярах с заверен-
ными подписями выслать в адрес Совета.

Ученый секретарь Совета,
кандидат технических наук, доцент *И.М.* /И.М.ПЛЕХОВ/

В В Е Д Е Н И Е

Директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971-1975 г.г. намечено "обеспечить дальнейшее улучшение структуры производства и комплексное использование древесины". Для успешного решения этой задачи одной из актуальных проблем является переработка отходов древесины, полученных при ее заготовке и механической обработке, с целью получения необходимой народному хозяйству продукции - древесных пластиков и плит.

Большое народнохозяйственное значение имеет использование древесных отходов в виде опилок в качестве наполнителя при изготовлении композиционных древесных пластиков. Опилки отличаются от других видов древесных отходов массовостью выхода, однородностью по форме и размерам, в то же время использование их в настоящее время организовано недостаточно эффективно.

В настоящее время в производстве композиционных древесных пластиков используется весьма ограниченное количество связующих. Между тем, в химической промышленности синтезировано много полимеров, олигомеров, мономеров, которые могут быть использованы в качестве связующего.

Данная работа посвящена исследованию возможности получения и разработке технологии изготовления композиционных древесных пластиков на основе древесных опилок и полиэтилена высокой плотности, а также исследованию свойств полученного материала.

Работа состоит из пяти глав, изложенных на 172 страницах

машинописного текста, иллюстрированного 33 рисунками и 42 таблицами. Список использованной литературы включает 261 наименование, в том числе 36 иностранных.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ приводится обзор и анализ работ, касающихся использования мелких отходов древесины путем прессования целлюлознопрессованных изделий с применением синтетических смол.

ВО ВТОРОЙ ГЛАВЕ описаны основные структурные изменения и взаимодействие компонентов пластика в процессе его изготовления.

Влажность наполнителя является одним из основных факторов при получении пластиков. В связи с тем, что 5-6% адсорбционной воды в древесине находится в мономолекулярных слоях в состоянии сжатия, она, находясь между фибриллами, притягивает их друг к другу и уплотняет систему. Сушка древесины до остаточной влажности 5-6% с последующей пропиткой ее синтетическими смолами способствует гидрофобизации древесных частиц, снижает сорбцию молекул воды из воздуха, препятствует протеканию процесса гидролиза.

Температура прессования оказывает существенное влияние на свойства композиционных древесных пластиков. Под влиянием температуры как в сухом, так и во влажном состоянии композиций происходит изменение химического состояния как наполнителя, так и связующего. При нагревании в древесине протекают химические процессы, в основном гидролиз легкогидролизуемых углеводов древесины. При нагревании имеет место окислительная и гидролитическая деструкция целлюлозы, сопровождаю-

щаяся снижением степени полимеризации целлюлозы. Укороченные макромолекулы целлюлозы приобретают при образовании водородной связи большую подвижность и способность оближения друг с другом. Прочность пластика определяется состоянием высокомолекулярной углеродной части древесины.

Давление прессования способствует перегруппировке атомов и молекул наполнителя и связующего, которые ориентируются в направлении приложения давления. Увеличение давления приводит к увеличению плотности пластика и как следствие прочности.

Время выдержки способствует более глубокому протеканию химических процессов, изменяющих свойства наполнителя и связующего.

При пропитке древесных опилок высокомолекулярными смолами происходит обволакивание частиц, проникновение смолы в сосуды и частично в полости волокон. При применении связующего, обладающего более низким молекулярным весом, последнее способно проникать в клеточные стенки, обволакивать тонким слоем стенки сосудов и полностью заполнять полости волокон. Адсорбируясь на поверхности частиц и клеток древесины, полярные группы связующего образуют ориентированные слои и в зависимости от расстояния между частицами древесины и связующего возникают различные виды физико-химических связей.

Прочность пластиков зависит от адгезии и когезии компонентов. Согласно работам проф. Н.И.Москвитина прочность сцепления тел, имеющих контактирующие поверхности будет обуславливаться природой контактирующих тел, т.е. характером межмолеку-

лярных сил взаимодействия; числом точек контакта, приходящих-ся на единицу истинной поверхности контакта тел; истинной площадью контакта, которая характеризуется удельной поверхностью наполнителя; расстоянием между точками контакта; характером среды между контактирующими поверхностями, т.е. диэлектрической проницаемостью среды.

В идеальном случае прочность адгезии - это прочность на отрыв адсорбированного слоя от твердой поверхности, теоретически равная прочности межмолекулярного сцепления. Фактическая прочность по А.Н.Минину может быть определена по формуле

$$\sigma = \kappa (T - R), \quad /I/$$

где κ - коэффициент, учитывающий отношение фактической поверхности соприкосновения элементарных частиц в зоне разрыва ко всей поверхности этой зоны;

T - силы внутреннего трения, возникающие на границе раздела фаз при деформировании;

R - равнодействующая межчастичных сил притяжения и отталкивания.

Усилия ученых и производственников открыть новые области применения полимерных материалов концентрируются в двух направлениях: синтез новых и улучшение известных продуктов. Это в полной мере относится и к полиэтилену. Для улучшения свойств полиэтилена в настоящее время стал применяться способ образования сетчатой структуры этого термопласта. Для придания сетчатой структуры используются два метода: облучение его γ -лучами и химическая /перекисная/ вулканизация. Последний метод весьма

перспективен, прост и эффективен. До настоящего времени нет данных об использовании химически шитого полиэтилена для производства композиционных древесных пластиков, хотя эта проблема представляется весьма актуальной.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ описаны методики исследований.

В качестве наполнителя применялись березовые опилки фракций: 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0 мм, а также смеси этих фракций высушенные до влажности 5-7%. Связующим явился порошкообразный полиэтилен высокой плотности марки П-4040Д, вулканизирующим агентом для полиэтилена служила перекись дикумила, вводимая в количестве 5% по отношению к весу полимера. Разделенные на фракции опилки в необходимых количествах загружались в шаровую мельницу, где смешивались с предварительно совмещенным со шшивающим агентом полиэтиленом. Смешивание производилось до равномерного распределения смеси.

Приготовленные таким образом композиции использовались для изготовления образцов методом компрессионного прессования. Прессование брусков 120 x 15 x 10 мм производилось в четырехместной прессформе на 63-тонном гидравлическом прессе, с индивидуальным обогревом верхней и нижней плит. Температура плит пресса и прессформ поддерживалась на нужном уровне автоматически. Образцы в виде дисков \varnothing 75 и \varnothing 50 мм прессовались в одноместных съемных прессформах на том же прессе.

Исходя из скорости и степени вулканизации полиэтилена определялись технологические режимы прессования образцов в технологические свойства полученного пластика /усадка, текучесть, плотность/. Изучалось влияние фракционного состава наполнителя

и количества наполнителя на физико-механические, теплофизические и диэлектрические свойства пластика. За основные физико-механические свойства пластика принимались предел прочности при статическом изгибе, модуль упругости при статическом изгибе, предел прочности при сжатии, ударная вязкость, твердость, водопоглощение, маслостойкость, антифрикционные свойства - теплостойкость по Мартенсу, теплоемкость, коэффициент теплопроводности, коэффициент температуропроводности, диэлектрические свойства - тангенс угла диэлектрических потерь, пробивное напряжение, диэлектрическая проницаемость.

Экспериментальные данные обрабатывались методами математической статистики.

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ изложены результаты экспериментальных исследований влияния фракционного состава и количества наполнителя на прочностные, теплофизические, антифрикционные и диэлектрические характеристики КДП на основе полиэтилена. Исходя из условия необходимости достаточной степени сшивания полиэтилена разработан технологический режим производства пластика.

При нагревании смеси полиэтилена, перекиси и опилок выше температуры распада перекисного соединения образуются оксирадикалы, которые вступают во взаимодействие с линейными макромолекулами полиэтилена преимущественно по месту наиболее реакционноспособных участков, например, по месту боковых ответвлений или по месту α -С атомов, активированных наличием двойных связей. Это места, где энергия диссоциации С-Н является наименьшей. Благодаря гомолитической, дегидрирующей реакции

переноса происходит образование радикалов у полиэтилена. Комбинация полиэтиленовых радикалов приводит к образованию поперечных С-С связей, образуется трехмерный полимер. Радикалы не локализируются в местах, где они образовались, а передвигаются также и вдоль цепи. В соответствии с этим межмолекулярные поперечные связи можно обнаружить не только в местах ответвлений.

Основной реакцией, определяющей скорость процесса при последовательном ходе реакций /перекись-распад-образование полиэтиленовых радикалов, ведущее к образованию сетчатой структуры/ является, прежде всего, распад перекиси при высоких температурах.

Температура переработки КДП на основе полиэтилена должна обеспечивать хорошую текучесть пресскомпозиций и сшивку полиэтилена. Температура распада перекиси дикумила $448 \pm 5^\circ\text{K}$. Время образования сетчатой структуры полиэтилена составляет 10 мин при 433°K , 5 мин при 443°K , 3 мин при 453°K . Таким образом, оптимальной температурой получения образцов из КДП на основе полиэтилена является температура $433-443^\circ\text{K}$, которая обеспечивает достаточную текучесть и минимальное время образования сетчатой структуры. Полученные нами экспериментальные данные свидетельствуют о том, что наполненный опилками полиэтилен низкого давления в образце $120 \times 16 \times 10$ приобретает сетчатую структуру за 10 мин прессования при температуре $170 \pm 5^\circ\text{C}$. Следовательно, на основании проведенных исследований оптимальным временем выдержки под давлением в пресоформе принимала 1 мин на миллиметр толщины образца.

Для выбора оптимального количества швивающего агента нами исследована зависимость швивки полиэтилена от количества швивающего агента. Степень швивки растет, рис. I, с увеличением количества швивающего агента до 5% для образцов с различным содержанием наполнителя, дальнейшее увеличение количества швивающего агента существенное влияние на степень швивки полиэтилена не оказывает.

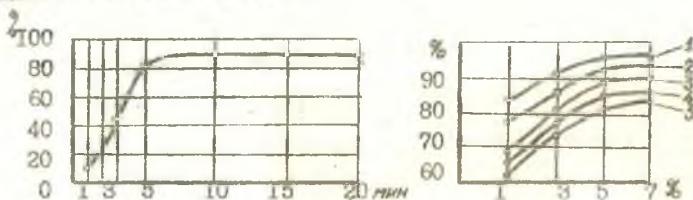


Рис. I Зависимость степени швивания полимера в КДП
а/ от времени выдержки б/ от содержания швивающего
в прессформе агента
1 - 25%; 2 - 35%; 3 - 50%; 4 - 60%;
5 - 75% наполнителя

При температуре прессования образцов $/170 \pm 5^{\circ}\text{C}/$ и удельном давлении 320 кг/см^2 древесный наполнитель претерпевает некоторые изменения своего химического состава, препятствуя одновременно швивке полиэтилена за счет перекиси дикумила, рис. I.

Для оценки способности пресскомпозиций заполнять полость прессформы определялась текучесть материала по методу Рашига. Текучесть материала изменялась в пределах от 122 до 200 мм.

Большая текучесть композиций позволяет изготавливать изде-

лия сложных конфигураций из полученного материала. Текучесть материала снижается с увеличением содержания наполнителя, что объясняется увеличением сил трения на границе полиэтилен-древесный наполнитель, композиция-полость прессформы.

Разность температурных коэффициентов линейного расширения компонентов, входящих в состав пластика обуславливает различие усадки композиций, содержащих разное количество наполнителя. Увеличение содержания наполнителя ведет к уменьшению усадки с 2,28% при 25% наполнителя фракция 1,0 мм до 0,38% при 75% наполнителя той же фракции.

В процессе прессования происходит частичная ориентация и упорядочение молекул полимера вблизи поверхности частиц наполнителя, а также уплотнения наполнителя. В результате этих процессов плотность полученного пластика повышается с увеличением содержания наполнителя, рис.2.

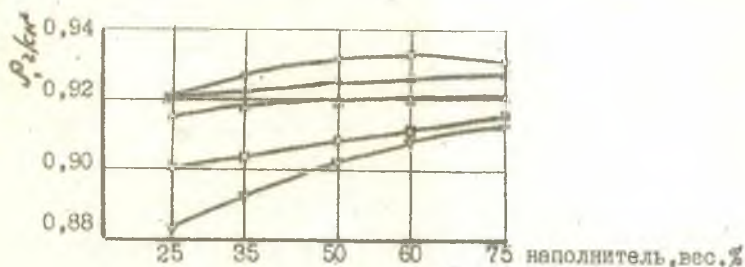


Рис.2 Зависимость плотности КДП от количества и фракционного состава наполнителя
0 - фракция 1; X - фракция 2; Δ - фракция 3;
□ - фракция 4; ∇ - фракция 5.

Физико-механические свойства КДП на основе полиэтилена в значительной мере зависят от количества наполнителя в системе. Предел прочности при статическом изгибе такого материала предопределяется сочетанием высокопластического поведения связующего вещества и упругого поведения армирующих элементов. При небольших количествах наполнителя /до 25%/, свойства системы в значительной мере определяются свойствами связующего, т.е. сшитого полиэтилена. При увеличении количества наполнителя до 50-60% на предел прочности значительное влияние оказывает введение древесины. Это можно объяснить тем, что при таком содержании наполнителя /его можно рассматривать как армирующую добавку/ в полимере создается такая гетерогенная система, в которой полимер переходит в ориентированное состояние тонких пленок на поверхности древесины, прочность которых выше прочности блока полимера. Кроме того, сшивка полимерной составляющей, а также химическое взаимодействие между древесиной и полимером придает КДП высокое сопротивление прилагаемым изгибающим нагрузкам. При дальнейшем увеличении количества наполнителя происходит контакт типа наполнитель-наполнитель, коагуляция их частиц и $\sigma_{изг}$ падает.

При введении в полимер наполнителя, снижается гибкость полимерных цепей, увеличивается жесткость системы как за счет наполнения, так и за счет образования сшитой структуры полиэтилена, что ведет к уменьшению работы, необходимой для ударного разрушения образца. С увеличением процента наполнения увеличивается хрупкость пластины.

Так, для композиций, содержащих древесный наполнитель фракции 2,0 мм в количестве от 25% до 75% ударная вязкость

уменьшается с $34,3 \text{ кгс/см}^2$ до $11,5 \text{ кгс/см}^2$. Для композиций на основе линейного полиэтилена при малых количествах наполнителя до 15% наблюдается повышение ударной вязкости, причем, более значительное для мелких фракций до $24,7 \text{ кгс/см}^2$, что объясняется действием древесины в качестве центров зародообразования вторичных структур полиэтилена. Увеличение жесткости системы ведет к повышению модуля упругости композиций, а также увеличения числа твердости, рис. 3.

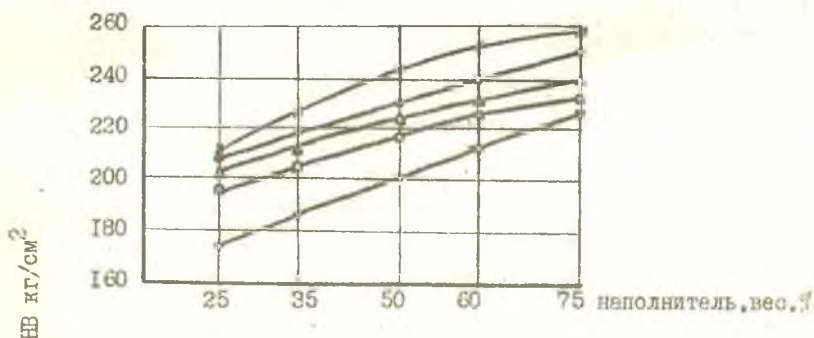


Рис.3 Зависимость твердости КДП от процента наполнения.

O - 0,5; X - 1,0; Δ - 2,0; □ - 3,0;
▽ - фракция 5,0

При 25% наполнении фракций 2,0 мм модуль упругости составляет $1,05 \cdot 10^4 \text{ кгс/см}^2$, а при 75% соответственно $4,36 \cdot 10^4 \text{ кгс/см}^2$. При 25% наполнения линейного, несшитого полиэтилена модуль упругости равен $0,81 \cdot 10^4 \text{ кгс/см}^2$.

Зависимость изменения прочности КДП при сжатии с различным содержанием и фракционным составом древесного наполнителя

показывает увеличение ее по мере увеличения количества наполнителя. Лучшие значения $\sigma_{сж}$ как в направлении прессования, так и перпендикулярное ему показывают композиции с древесной фракцией I,0. Так $\sigma_{сж}$ в направлении прессования КДП с фракцией 0,5-1,0 мм в количестве 25% составляет 381,7 кгс/см², а при 75% наполнении - 544,7 кгс/см², в направлении перпендикулярном прессованию соответственно 148,7 кгс/см² и 215,7 кгс/см². Для композиций с неспшитым полимером предел прочности при сжатии при 25% наполнении составляет всего 127,3 кгс/см². Увеличение объясняется, на наш взгляд, тем, что химическое взаимодействие и механическое сцепление за счет неровности поверхности древесины создает благоприятные условия для более резко выраженного увеличения прочности. Кроме того, образующийся тонкий адсорбированный слой полимера /согласно работ Ю.С.Липатова/ обладает также повышенными механическими показателями, которые в свою очередь также оказывают сопротивление прикладываемым деформационным напряжениям.

Меньшая скорость увеличения предела прочности при сжатии наблюдается у композиций, поверхность наполнителя у которых меньше и поэтому здесь наблюдается меньшее сцепление полимера с наполнителем, что влечет за собой меньшую сопротивляемость данных композиций деформирующим напряжениям. Анализ поверхности разрушения образцов композиций показал, что разрушение идет не только по связующему, но и по частичкам наполнителя, Это свидетельствует о наличии достаточно прочной связи по поверхности раздела фаз.

Исследование влияния фракционного состава наполнителя на

прочностные характеристики полученных пластиков показало, что размеры частиц наполнителя существенно влияют на свойства пластика. Такое влияние объясняется прочностными характеристиками древесины, армирующим действием наполнителя в системе и ориентированием полимера вблизи поверхности наполнителя.

В измельченном до размеров опилок состоянии древесина сохраняет ряд свойств цельной древесины, в результате чего свойства пластика во многом определяются индивидуальными свойствами составляющих его компонентов. Учитывая это, можно объяснить закономерность изменения теплофизических свойств пластика в зависимости от содержания наполнителя, рис. 4, а также показателя водопоглощения и маслостойкости полученных материалов.

Величина водопоглощения тем больше, чем больше наполнителя в системе. Это объясняется тем, что чем больше количество наполнителя, тем больше вероятность его агрегации. Связующего недостаточно для блокирования гидроксильных целлюлозы. Частицы древесины адсорбируют воду, стремясь к насыщению своих гидроксильных групп. Величина водопоглощения изменяется от 1,25 до 15,3%.

Аналогична водопоглощению характеристика маслостойкости пластика. Механизм взаимодействия агента и пластика аналогичен взаимодействию его с водой, однако интенсивность процесса во много раз ниже. Это объясняется тем, что молекулы масла, обладающая значительно большим молекулярным весом и меньшим дипольным моментом значительно медленнее диффундируют в древесину. Величина маслостойкости меняется от 0,98 до 9,79%.

Были определены диэлектрические характеристики полученного КДП: удельное объемное ρ , удельное поверхностное ρ_s сопро-

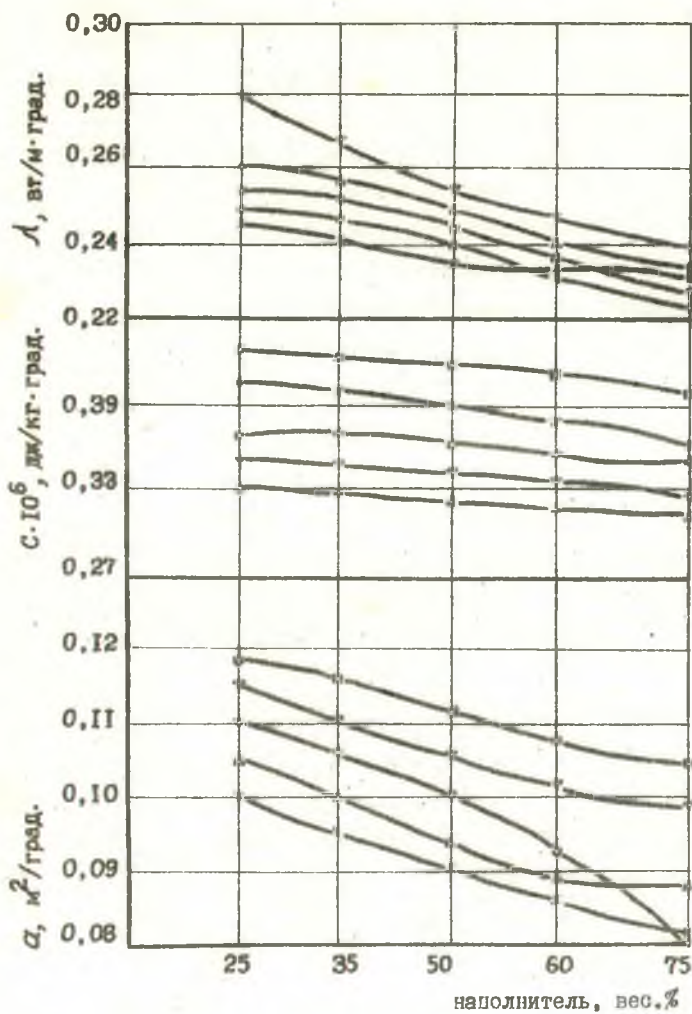


Рис. 4 Зависимость теплофизических свойств КДП от количества наполнителя

X-фракция 0,5; 0-фракция 1,0; -фракция 2,0;
 -фракция 3,0; -фракция 5,0.

тивления, относительная диэлектрическая проницаемость ϵ , тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$, электрическая прочность $E_{пр}$. Полученные данные представлены в таблице I.

Таблица I

Час- гота	Показатели	Содержание березовых опилок фракции не более 1 мм	
		25 Вес. %	50 Вес. %
ρ_v	ом · см	$7,8 \cdot 10^{14}$	$5,3 \cdot 10^{13}$
ρ_s	ом	$4,7 \cdot 10^{13}$	$4,2 \cdot 10^{12}$
$E_{пр}$	кв/мм	19,8	14,8
	ϵ	2,79	3,73
50 гц	$\operatorname{tg} \delta$	0,019	0,033
	ϵ	2,64	3,44
1,5 Мгц	$\operatorname{tg} \delta$	0,011	0,020

Диэлектрические показатели позволяют рекомендовать эти пластики в качестве диэлектриков.

В последнее время был развит метод математического планирования эксперимента. Этот метод позволяет оптимизировать технологию и нужные свойства веществ в процессе экспериментирования. Как правило, системы, подлежащие оптимизации, оказываются очень сложными, и не поддаются теоретическому изучению в разумные сроки. В этом случае приходится решать экстремальную задачу при неполном знании механизма явлений. На математическом языке задача формулируется следующим образом: нужно получить представление о функции отклика:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

где y - параметр оптимизации

x_1, \dots, x_n - варьируемые факторы.

Так как рассматривается общий случай, когда исследование поверхности ведется при неполном знании механизма изучаемых явлений, то аналитический вид функции отклика неизвестен, и поэтому можно ограничиться представлением ее полиномом:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^K b_i x_i + \sum_{i,j} b_{ij} x_i x_j + \dots$$

Нами было решено провести полный факторный эксперимент / $N = 2^K$, т.к. $K = 4$, то $N = 16$ / для того, чтобы выяснить влияние всех факторов, оценить парные взаимодействия типа $x_i x_j$ и получить интерполяционную формулу в заданной области.

Функция отклика искалась в виде неполного полинома 4-ой степени

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^4 b_i x_i + \sum_{i,j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i,j,k} b_{ijk} x_i x_j x_k + \sum_{i,j,k,l} b_{ijkl} x_i x_j x_k x_l$$

Была составлена матрица планирования полного факторного эксперимента /Табл. 2/. Коэффициенты рассчитывались по формуле 2:

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^{16} x_{ij} y_j}{16} \quad /2/$$

$i = 0, \dots, 15$ - номер столбца матрицы направления

Значения факторов брались на двух уровнях: верхнем и нижнем так, что все факторы x_i принимали два значения ± 1 . При составлении матрицы единица не писалась, и условно считалось, что каждый фактор принимает два значения \pm . Матрица планирования, результаты опытов и коэффициенты уравнения да-

ны в таблице 2.

Ниже приведены интерполяционные формулы для механических свойств КДП /брались только члены, коэффициенты которых меньше самого большого не более, чем в 4 раза/.

Проанализируем эти формулы

а/ $a_n \approx 16 - 8x_4 - 2,6x_1x_3 + 2,2x_1x_3x_4$ /3/

2786 ар.
Самым существенным фактором для ударной вязкости является % древесных опилок. Чтобы повысить a_n нужно уменьшать x_4 , т.е. брать меньше 25%. Член $- 2,6x_1x_3$ говорит о том, что взаимодействие параметров x_1 /температура/ и x_3 /время выдержки/ - существенно. Для большей величины a_n произведение этих величин должно быть отрицательным, т.е. если температура прессования небольшая, то время выдержки необходимо брать большим, и наоборот высокая температура прессования требует малого времени выдержки, что видно из рис.5.

б/ $HAB = 2,16 + 64x_3x_4 + 29x_1x_3 + 22x_2x_3x_4 + 17x_3$ /4/

Весьма любопытным обстоятельством является тот факт, что не зависит существенно ни от одного фактора, за исключением x_3 , да и то незначительно. Зато существенны парные взаимодействия x_3x_4 и x_1x_4 . Эти произведения должны быть положительными, что достигается либо при высоких значениях $x_1x_3x_4$ /200°C, 30 мин, 90% /, либо при низких значениях /250°C, 10 мин, 25%/. Давление необходимо брать большим, чтобы член $22x_2x_3x_4$ был положительным.

в/ $E \cdot 10^4 = 2,8 - 1,6x_4 - 0,7x_1x_2 + 0,5x_1 - 0,32x_2x_3$

/5/

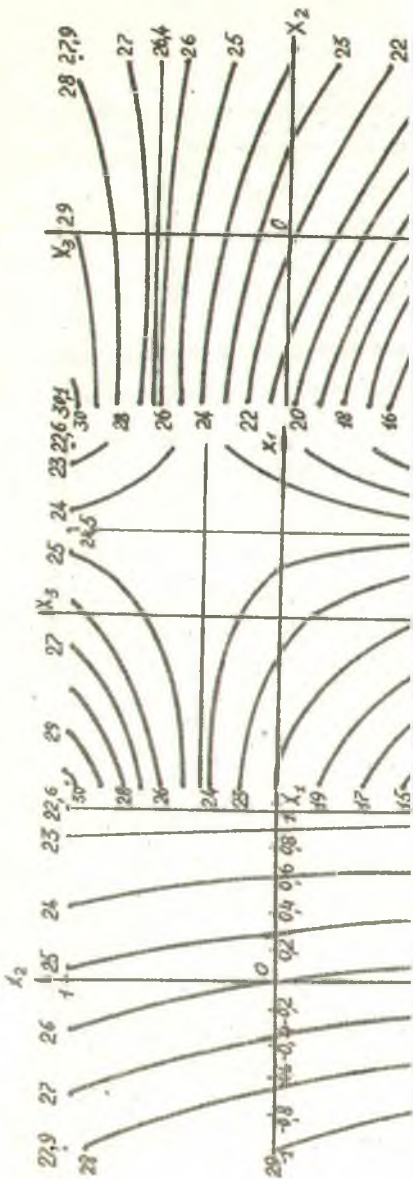




Рис. 5 Зависимость ударной вязкости от технологических факторов

в/от температуры, давления б/давления и времени выдержки в/температуры, времени выдержки

Для повышения модуля упругости, также как и для a_k существенен фактор X_4 , который нужно понижать. Так как парное взаимодействие $X_1 X_4$ велико, оно должно быть отрицательным, поэтому X_1 необходимо повышать, что следует непосредственно из члена $0,5X_1$.

$$\Gamma / \sigma_{\text{сж}} = 407 + 38 X_3 X_4 + 14 X_1 X_2 X_4 - 14 X_1 X_2 X_3 X_4 \quad /6/$$

В этом свойстве существенно взаимодействие $X_2 X_4$, давления и процента древесных опилок. Так как произведение $X_2 X_4$ должно быть положительным, из этого следует, что при увеличении процентного содержания древесных опилок необходимо увеличивать давление прессования, факторы $X_1 X_3$ могут браться на любых уровнях.

$$\Delta / \sigma_{\text{изг}} = 238 + 73 X_2 - 37 X_3 - 22 X_1 - 22 X_1 X_3 + 21 X_1 X_2 \quad /7/$$

Для этой величины характерна зависимость от факторов в линейных членах. Отсюда сразу же следует, что для оптимизации $\sigma_{\text{изг}}$ давление нужно повышать, а температуру и содержание наполнителя понижать. Член $-12X_1 X_3$, характерный и в других интерполяционных формулах говорит о том, что время выдержки необходимо брать большим, так как X_1 обязана быть малой величиной.

Проанализировав эти приближенные формулы можно на их основании предсказать зоны больших значений той или иной механической величины. Именно из этих зон и нужно начинать крутое восхождение для еще большего увеличения параметров. Ниже приведены эти зоны.

$$a_k \begin{pmatrix} - & - & + & - \\ + & - & - & - \\ - & + & + & - \\ + & + & - & - \end{pmatrix} \text{HAB} \begin{pmatrix} + & + & + & + \\ - & + & - & - \end{pmatrix} E \begin{pmatrix} + & + & - & - \\ + & + & + & - \end{pmatrix} \sigma_{\text{ж}} \begin{pmatrix} + & + & + & + \\ + & - & - & - \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{\text{max}} \begin{pmatrix} + & + & + \\ - & - & - \end{pmatrix}$$

Так как все эти величины имеют свои зоны наибольших значений, то невозможно спланировать опыт, в котором все эти пять величин будут максимальными.

В этой работе за основу были взяты два фактора A_n, B_i и была поставлена задача найти значения X_1, X_2, X_3, X_4 , для кото - рых обе эти величины по возможности максимальны. С этой целью за исходную точку была взята $+ + - - / 200^\circ\text{C}, 400 \text{ кг/см}^2, 10 \text{ мин}, 25\% /$, в которой E_i достигает наибольшего значения $6,4 \cdot 10^4 \text{ кгс/см}^2$, а A_n достаточно велико - $27,2 \text{ кгс/см}^2$.

В этой точке было найдено направление крутого восхожде - ния, которое для величин A_n и B_i задаются векторами /были най - дены градиенты функций A_n, E в точке $+ + - - /$

$$\vec{a}_n = \{3,5; -0,85; -2,3; 9,5\}$$

$$\vec{E} = \{1,7; 0,6; -0,1; -2,6\}$$

Было взято среднее направление крутого восхождения

$$\{2,6; -0,1; -1,2; -6,0\}$$

Выберем шаг восхождения, а изменения параметров пропор - циональными вектору восхождения. Изменение X_4 примем $-0,15$, что соответствует -5% , остальные изменения факторов, а также опыты по крутому восхождению даны в таблице 3.

Таблица 3

	X_1 °C	X_2 кг/см ²	X_3 мин	X_4 %	y
Округленный шаг при применении X_4 на					
0,15 X	0,06	0	-0,03	-0,15	

Таблица 2

№ опыта	X_1 °C	X_2 кг/см ²	X_3 мин	X_4 %	A_n	M_{23}	E_i кгс/см ²	σ_{max}	σ_{max}
1	+	+	+	+	11,1	289	2,62	484	270
2	+	+	+	+	28,9	187	5,20	537	220
3	+	+	+	+	20,2	318	3,00	405	325
4	+	+	+	+	27,2	245	5,40	445	276
5	+	+	+	+	30,1	245	3,50	526	350
6	+	+	+	+	22,6	187	4,50	495	240
7	+	+	+	+	27,9	197	3,60	420	350
8	+	+	+	+	22,6	170	5,20	450	193
9	+	+	+	+	8,2	178	0,90	435	180
10	+	+	+	+	5,9	235	0,99	346	145
11	+	+	+	+	7,3	162	0,84	467	120
12	+	+	+	+	8,2	167	1,24	510	250
13	+	+	+	+	8,4	228	2,25	434	259
14	+	+	+	+	7,4	269	1,25	495	190
15	+	+	+	+	8,8	265	1,65	497	241
16	+	+	+	+	5,2	318	1,03	526	210
17	+	+	+	+	14,8	250	2,54	506	358

A_n 10,25 0,5 0,3 1,0 -0,08 -0,3 -2,55 -1,0 -0,68 -0,35 -0,98 0,56 0,59 2,15 0,59 1,05
 M_{23} 235 -2 -3 17 2 5 7 29 2 -4 64 5 -8 -6,5 -2,2 8
 E_i 2,62 2,82 0,98 0,18 -1,56 0,20 -0,28 -0,67 -0,05 -0,25 0,10 0,05 -0,1 0,03 -0,09 -0,05
 σ_{max} 484 405 526 445 495 420 450 435 467 510 434 495 497 526 497 506
 σ_{max} 270 220 325 276 240 350 193 180 145 250 259 190 241 210 358

	1	2	3	4	5	6
Физическое изменение величины	+1,5°C	0	-20 сек	-5%		
№ 18	201,5	400	9 мин 40 сек	20%		
№ 19	203	400	9 мин 20 сек	15%		
№ 20	204,5	400	9 мин	10%		
№ 21	206	400	8 мин 40 сек	5%		

Если интерполяционные формулы будут хотя бы приближенно справедливы в новой области опытов № 18-21 /что вообще-то говоря может не иметь места/, то можно ожидать $Q_k \sim 34$, а $E \sim 8,4 \cdot 10^4$. Таким образом, исходя из лучшего опыта № 4, в котором $Q_k = 27,2$ $E = 6,4$ можно ожидать увеличение этих параметров приблизительно на 25%.

В ПЯТОЙ ГЛАВЕ дается технологическая схема производства пластика из опилок на основе полиэтилена и экономическая эффективность.

Промышленная проверка лабораторных исследований, проведенная на станкостроительном заводе им.С.М.Кирова показала, что детали, отпрессованные из смеси опилок с полиэтиленом, удовлетворяют техническим требованиям. На основании литературного обзора, экспериментальных исследований, промышленной проверки предлагается технологическая схема производства композиционного древесного пластика на основе полиэтилена.

Затраты на изготовление 1 кг прессматериала на полиэтилене относительно бакелитового лака снижаются на 26 коп. Источником снижения затрат является уменьшение стоимости сырья и материалов и снижение трудоемкости приготовления прессматериала.

ВЫВОДЫ

Выполненная работа позволяет сделать следующие выводы:

1. Кроме общепринятых смол, в производстве композиционных древесных пластиков может быть использован наиболее широко применяемый термопластичный материал - полиэтилен.
2. Выявлена возможность наполнения древесными опилками полиэтилена и установлена предельная концентрация наполнителя для нешитого полиэтилена - 40%.
3. Показана возможность вулканизации полиэтилена в присутствии органических наполнителей.
4. Установлено оптимальное количество древесного наполнителя в КДП на основе шитого полиэтилена - 75%.
5. Наилучшей из выпускаемых промышленностью перекисей для сшивания полиэтилена в композиционных древесных пластиках следует признать перекись дикумила.
6. Установлено, что древесные наполнители различных фракций и их концентрация в композиции оказывают существенное влияние на степень сшивания полиэтилена. Определена оптимальная концентрация сшивающего агента по отношению к связующему.
7. Определены оптимальные технологические параметры получения композиционных древесных пластиков на основе полиэтилена: температура переработки $170 \pm 5^\circ\text{C}$, давление прессования 320 кг/см^2 , время выдержки материала под давлением - 1 мин/мм толщины изделия.
8. Проведены физико-механические испытания композиционных материалов и установлено, что твердость, плотность, предел прочности при сжатии повышаются с увеличением содержания

наполнителя.

9. Исследование влияния различных фракций наполнителей на свойства КДП показало, что наилучшими свойствами обладают пластики с размерами частиц наполнителя 1-2 мм.
10. Теплостойкость пластика возрастает с увеличением содержания древесины в композиции.
11. Теплофизические показатели КДП на основе полиэтилена /удельная теплоемкость, температуропроводность, теплопроводность/ снижаются с увеличением количества наполнителя.
12. Исследование диэлектрических показателей полученных композиционных древесных пластиков дает основание рекомендовать их для применения в качестве диэлектриков.
13. Методом математического планирования эксперимента установлены зависимости физико-механических свойств композиционных древесных пластиков от основных технологических параметров.
14. На основе данных лабораторных исследований и производственных испытаний предложена технологическая схема производства КДП.
15. Промышленная проверка предложенной схемы позволяет уменьшать затраты на производство пластиков на основе полиэтилена при замене им бакелитового лака. Экономическая эффективность, полученная при замене бакелитового лака полиэтиленом при существующей технологии составляет 23043,6 руб.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Технология наполнения полиэтилена. В сб. "Совершенствование техники и технология производств", Минск, 1967, стр. 34
2. Некоторые вопросы стойкости наполненного полиэтилена. Материалы научно-технической конференции по итогам научных работ 1968 года /Краткие сообщения/, Минск, 1969, стр. 244
3. Некоторые вопросы наполнения полиэтилена. В сб. "Исследование природных и синтетических полимерных материалов и их использование", Минск, 1970, стр. 355.
4. Исследование ударной прочности наполненного полиэтилена. В сб. "Исследование природных и синтетических полимерных материалов и их использование", Минск, 1970, стр. 361.
5. Некоторые вопросы технологии наполнения полиэтилена. В сб. "Исследование природных и синтетических полимерных материалов и их использование", Минск, 1970, стр. 365.
6. Теплофизические свойства наполненного полиэтилена. Инженерно-физический журнал, ХУШ, 5, 856, 1970.
7. Дериватографические исследования наполненного полиэтилена. Общая и прикладная химия. Вып. 4, Минск, 1972, стр. 165.
8. Полиэтилен вместо смолы. "Промышленность Белоруссии", №3, 1972, стр. 77.
9. Перекисная вулканизация полиэтилена в присутствии органических наполнителей. Конференция молодых ученых Белоруссии и Прибалтийских республик /Тезисы докладов/, Минск, 1972.

Основные результаты работы доложены и обсуждены на следующих научно-технических конференциях:

1. Республиканский научно-технический семинар по применению полимерных материалов в промышленности, Минск, 1968
2. Вторая республиканская научно-методическая конференция по химии 27-31 мая 1968 года, Минск, 1968.
3. Всесоюзная конференция "Физико-химическая механика дисперсных материалов", Минск, 1969
4. Всесоюзная конференция "Защита от коррозии промышленных зданий и сооружений", Минск, 1971 г.

АТ 17243. Зак. 307. Тир. 120 экз. Объем 1,7 п.л. Подписано к печати 7.6.72 г. БТИ им. С.М.Кирова г.Минск, Свердлова, 13.