

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УСУВУ ЖАН

ОБЛИЦОВочные ПЛИТЫ ИЗ СКОРЛУПЫ  
ПАЛЬМОВОГО ОРЕХА

Специальность 05.23.05 - Строительные материалы  
и изделия

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

г. Днепропетровск - 1992 г.



Робота виконана в Дніпропетровському інженерно-будівельному інституті.

Научні керівники - доктор технічних наук,  
професор, академик України  
Козлов Ю.Д.  
- кандидат хімічних наук  
Котов С.Д.

Офіційні опоненти: - доктор технічних наук,  
професор Хрулев В.М.  
- кандидат технічних наук,  
доцент Малый В.Т.

Ведущая організація - НІІСП г. Дніпропетровськ

Захист проводиться "29" *Окт.* 1992 г. в *13* годин  
на засіданні спеціалізованого ради К 068.32.02 Дніпропетровського інженерно-будівельного інституту по адресу:

320092, г. Дніпропетровськ, ул. Чернишевського 24а, в ауд. N202.

Отримав на автореферат в двох екземплярах, завершених печаткою, просим направлять по вищевказанному адресу.

С дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці інституту.

Автореферат розісланий "26" *Сент.* 1992 г.

Учений секретар  
спеціалізованого ради  
к.т.н., доцент

Карлукіна А.К.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последние годы промышленно-развитыми странами взят курс на комплексное использование сырья и разработку ресурсосберегающих технологий, позволяющих в качестве источников сырья использовать отходы промышленности и сельского хозяйства.

Важность комплексного использования сырьевых ресурсов можно рассматривать в нескольких аспектах. Во-первых, утилизация отходов позволяет решать задачи по охране окружающей среды. Во-вторых, побочные продукты промышленности в значительной степени покрывают потребность ряда перерабатывающих отраслей в сырье, причем во многих случаях высококачественном, подвергнутом в процессе производства первичной технологической обработке (измельчению, обжигу и т. д.). В-третьих, при комплексном использовании сырья снижаются удельные капитальные затраты на единицу продукции и уменьшается срок их окупаемости; снижаются непроизводительные расходы основного производства, связанные со складированием отходов, строительством и эксплуатацией хранилищ для них.

В сравнении с ситуацией по переработке отходов в промышленно-развитых странах для развивающихся государств, в число которых входит республика Бенин, экономическое значение использования вторичных ресурсов еще более актуально. Будучи в основном аграрной страной, республика Бенин располагает значительным запасом сельскохозяйственных отходов растительного происхождения, среди которых большое место занимает скорлупа пальмового ореха.

Анализ литературных данных свидетельствует, что область утилизации скорлупы пальмового ореха до сих пор довольно узкая и она служит в основном топливом. Таким образом, применение этого вида отхода в качестве сырья для изготовления облицовочных материалов не только обогащает номенклатуру отделочных строительных материалов, но и открывает большие перспективы по использованию скорлупы пальмового ореха.

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы явилась разработка и исследование композиционных облицо-

вочных материалов с высокими эксплуатационными свойствами на основе скорлупы пальмового ореха.

Для достижения поставленной цели в работе ставились и решались следующие основные задачи:

- разработка и оптимизация состава композиционного материала на основе скорлупы пальмового ореха;
- выбор оптимального режима прессования;
- исследование параметров формирования радиационно-отверждаемых покрытий на плитной основе;
- исследование физико-механических и эксплуатационных характеристик композиционных облицовочных плит из скорлупы пальмового ореха;
- определение технологических параметров процесса получения облицовочного материала из скорлупы пальмового ореха для опытно-промышленного производства.

Научная новизна работы:

- выявлено влияние соотношения полимер : наполнитель, фракционного состава измельченной скорлупы и режима прессования на физико-механические свойства материала основы плит;
- впервые исследован процесс радиационного отверждения полимерных покрытий на поверхности плитной основы из скорлупы пальмового ореха;
- впервые разработана технология производства облицовочных плит из скорлупы пальмового ореха.

Новизна технологического решения подтверждена авторским свидетельством на изобретение (положительное решение по заявке N 5022435/15).

Автор защищает:

- Результаты исследований влияния фракционного состава и влажности наполнителя, содержания связующего, а также режима прессования на процесс структурообразования плитной основы;
- Результаты исследований физико-механических характеристик разработанного материала основы плит;
- Результаты исследований свойств радиационно-отверждаемых покрытий на плитной основе;

- Разработанную технологию получения облицовочных плит на основе скорлупы пальмового ореха;

- Результаты опытной апробации разработанной технологии изготовления облицовочных плит из скорлупы пальмового ореха.

Практическое значение работы заключается в разработке технологии для выпуска композиционных облицовочных плит на основе местного сырья (скорлупа пальмового ореха), что открывает большие перспективы по использованию этого вида отхода в республике Бенин.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на Республиканской научно-технической конференции "Научно-технический прогресс в технологии строительных материалов" (Алма-Ата, 1990), на второй Всесоюзной конференции по теоретической и прикладной радиационной химии (Обнинск, 1990), на Всесоюзной конференции "Физико-химические проблемы материаловедения и новые технологии" (Белгород, 1991), на Республиканской научно-технической конференции "Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве" (Харьков, 1991), на научных семинарах кафедры строительных материалов и изделий ДИСИ (г. Днепропетровск, 1991-1992), на семинарах проблемной лаборатории радиационной технологии производства строительных материалов Днепропетровского инженерно-строительного института (г. Днепропетровск, 1990, 1991, 1992).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 работ и получено одно положительное решение по заявке на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, общих выводов, списка литературы из 129 наименований и содержит 128 страниц, в том числе 94 страниц машинописного текста, 15 рисунков, 18 таблиц.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Анализ литературных данных свидетельствует, что применение отходов сельского хозяйства может быть перспективным для изготовления строительных материалов. При этом решается

двойная задача: снижение себестоимости материалов и утилизация отходов растительного происхождения.

Основным компонентом разрабатываемых облицовочных плит с радиационно-отверждаемым лаковым покрытием является скорлупа пальмового ореха - отходы вторичной переработки плодов масличных пальм. Измельченная скорлупа, осколки которой имеют выпукло-вогнутые поверхности и разнообразную форму, использована в качестве наполнителя. Толщина осколков скорлупы может колебаться от 1,5 до 4 мм, но в большинстве случаев она составляет 2 - 3 мм. Основные характеристики скорлупы пальмового ореха приведены в табл. 1.

В данной работе использованы отходы скорлупы масличного завода SONICOG - COTONOU (Бенин).

Принимая во внимание, что скорлупа пальмового ореха, впервые используется для таких целей, представляет теоретический и практический интерес исследование физико-химических свойств скорлупы.

Методом экстракции различными растворителями с последующим хроматографическим анализом экстрактов был определен групповой химический состав содержимого клеток скорлупы пальмового ореха. Результаты анализа даны в табл. 2.

Процесс производства плитных облицовочных строительных материалов состоит из двух последовательных стадий: изготовление основы плит и отделка их поверхности. Среди способов отделки поверхности материалов прогрессивным является радиационное отверждение лакокрасочных покрытий с использованием ускорителей электронов. Несмотря на высокую эффективность в отрасли строительных материалов радиационное отверждение покрытий широкого развития еще не получило.

Исходя из преимущества карбомидоформальдегидной смолы по сравнению с другими синтетическими связующими и принимая во внимание наличие значительной сырьевой базы в соседней стране (Нигерия), представляется целесообразным в работе изучить возможность ее применения в качестве связующего основы облицовочных плит.

Одной из основных технологических операций процесса формирования основы плит является изготовление пресс-массы,

Таблица 1  
ХАРАКТЕРИСТИКИ СКОРЛУПЫ ПАЛЬМОВОГО ОРЕХА

Показатели	Значения показателей
Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1370
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	512
Пустотность в уплотненном состоянии, %	57
То же в неуплотненном состоянии, %	63
Водопоглощение, %	6
Полные остатки на ситах, %, при размере отверстий, мм	
25,4	0
20,0	1
12,7	73
9,5	93
4,8	98
2,4	100

Таблица 2  
ГРУППОВОЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СКОРЛУПЫ ОРЕХА МАСЛИЧНОЙ ПАЛЬМЫ

С о д е р ж а н и е к о м п о н е н т о в %	Вещества, экстрагируемые	Зольные вещества	2,87
		водой холодной	1,20
		водой горячей (98°C)	3,03
		этилацетатом	8,97
	Вещества, экстрагируемые последовательно	диэтиловым эфиром	5,67
		этанолом	3,80
		горячей водой	3,13
		суммарно	12,60
		лигнин	47,31
		полисахариды	46,83
	Моносахариды (в пересчете на полисахариды)	галактоза	0,48
		глюкоза	19,89
		манноза	2,41
		арабиноза	1,10
ксилоза		24,75	
	суммарно	48,63	

которую получали механическим смешиванием наполнителя и связующего. Материал должен содержать частицы измельченной скорлупы с размерами, позволяющими расходовать минимально возможное количество связующего при обеспечении плотной непористой структуры основы плит с высокими физико-механическими характеристиками: основу плит формировали методом горячего прессования.

Для определения влияния размеров частиц измельченной скорлупы на свойства плит проведено исследование образцов материала плит, изготовленных с различными фракциями скорлупы. Содержание полимера (карбамидоформальдегидной смолы) оставалось неизменным 20% (масс). Результаты исследований представлены в таблице 3.

Содержание связующего в материале основы плит значительно влияет не только на ее физико-механические характеристики, но и на экономические показатели производства, а также на санитарно-гигиенические свойства полученного материала.

Проведено экспериментальное исследование зависимости физико-механических показателей материала основы плит от содержания в них карбамидоформальдегидной смолы (рис. 1). Были изготовлены образцы из смеси, содержащей 40% (по массе) связующего. В каждом последующем опыте содержание полимера снижали на 5%. При содержании смолы меньше 10% частично несформированы углы плит.

Прессование является наиболее ответственной операцией технологического процесса изготовления основы облицовочных плит. Выбор условий прессования заключается в том, чтобы обеспечить высокие физико-механические свойства плит при оптимальном времени их выдержки под давлением.

Проведены экспериментальные исследования технологических параметров формирования основы плит методом горячего прессования (рис. 2, рис. 3 и табл. 4).

Для оптимизации факторов, влияющих на прочностные показатели и водопоглощение основы облицовочных плит из скорлупы дальнего ореха был реализован трехфакторный некомпозиционный план второго порядка. Были выбраны три количественных

Таблица 3

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБРАЗЦОВ МАТЕРИАЛА  
ОСНОВЫ ПЛИТ ИЗ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ СКОРЛУПЫ ПАЛЬМОВОГО ОРЕХА  
РАЗЛИЧНОГО ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА И ПОЛИМЕРНОГО  
СВЯЗУЮЩЕГО 20 % (МАСС)

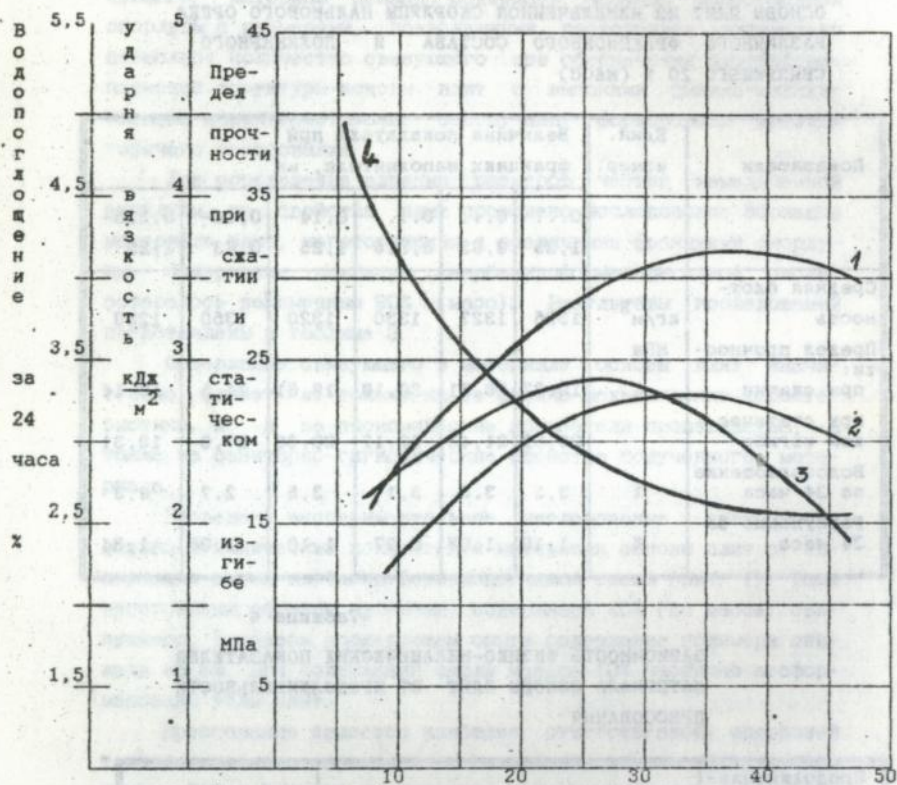
Показатели	Един. измер.	Величина показателя при фракциях наполнителя, мм					
		0... 1,25	0... 0,63	0... 0,315	0,14- 1,25	0,14- 0,63	0,315- 1,25
Средняя плотность	кг/м <sup>3</sup>	1325	1327	1330	1320	1350	1290
Предел прочности: при сжатии	МПа	19,37	26,21	30,18	19,61	24,5	18,14
при статическом изгибе		20,62	21,43	20,12	20,88	27,0	19,31
Водопоглощение за 24 часа	%	3,5	3,3	3,1	3,5	2,7	4,3
Разбухание за 24 часа	%	1,10	1,03	0,97	1,10	1,06	1,34

Таблица 4

ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
МАТЕРИАЛА ОСНОВЫ ПЛИТ ОТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ  
ПРЕССОВАНИЯ

Продолжительность прессования, мин/мм	Предел прочности, МПа		Водопоглощение за 24 часа, %
	при сжатии	при стат. изгибе	
0,2	19,4	14	5
0,3	21,8	15,7	4,5
0,4	25,1	18,2	3,9
0,5	28,5	22,3	3,1
0,75	29,2	23,8	2,7
1	30,18	24,5	2,5

ЗАВИСИМОСТЬ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛА ОСНОВЫ ПЛИТ ОТ  
СОДЕРЖАНИЯ СВЯЗУЮЩЕГО

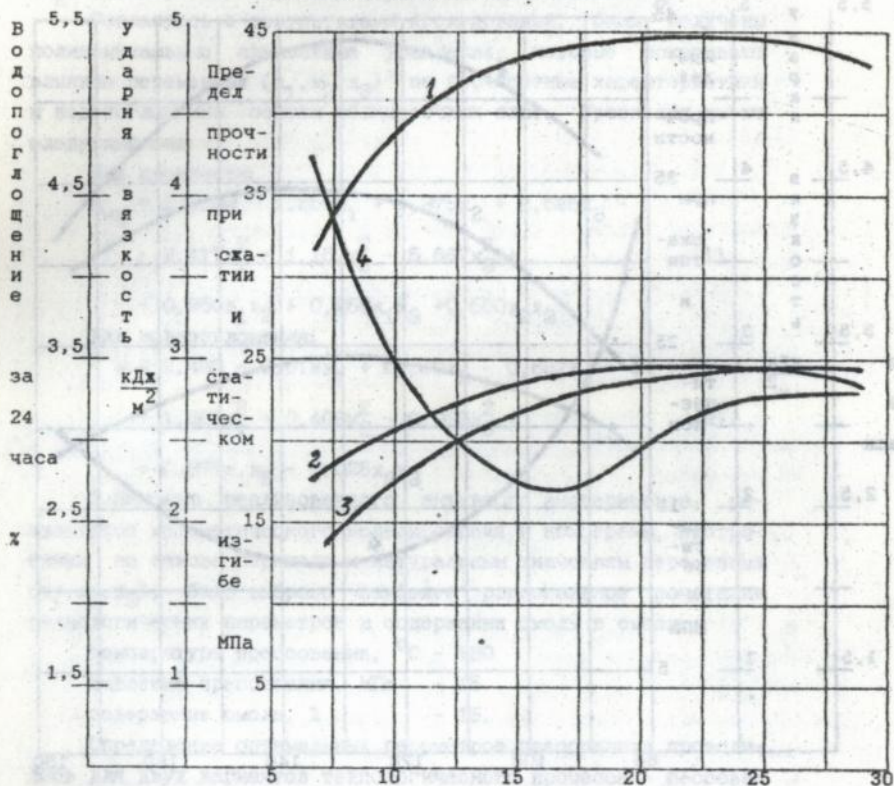


Содержание карбамидоформальдегидной смолы, % (масс.)

- 1 - Предел прочности при сжатии перпендикулярно плоскости прессования
- 2 - Предел прочности при статическом изгибе
- 3 - Ударная вязкость
- 4 - Водопоглощение

Рис. 1

ЗАВИСИМОСТЬ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛА ОСНОВЫ ПЛИТ ОТ  
ДАВЛЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ

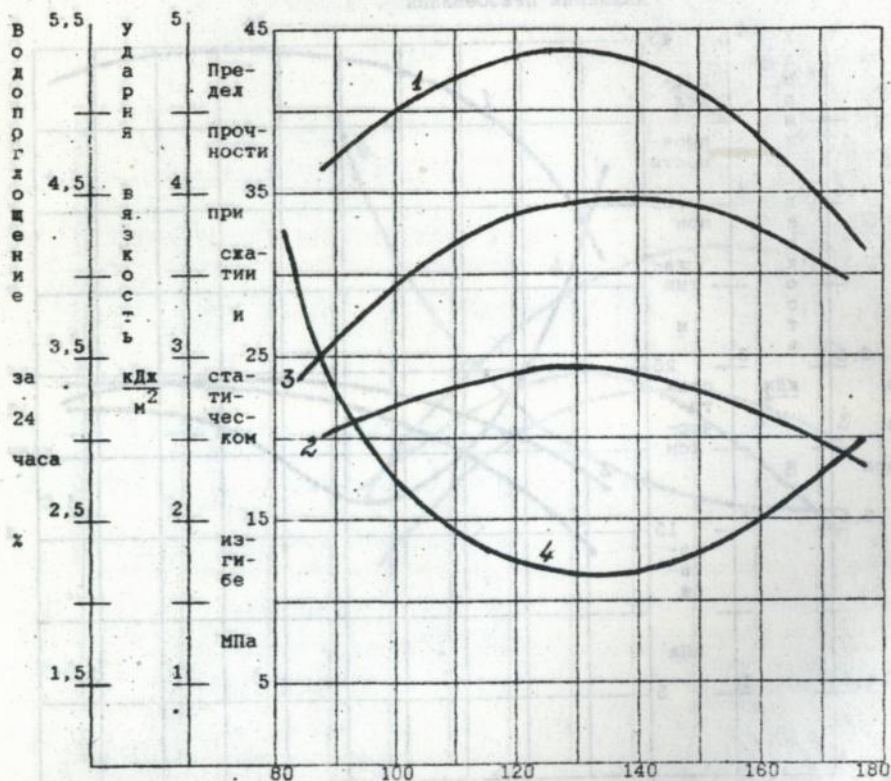


Давление прессования, МПа

- 1 - Предел прочности при сжатии перпендикулярно плоскости прессования
- 2 - Предел прочности при статическом изгибе
- 3 - Ударная вязкость
- 4 - Водопоглощение

Рис. 2

ЗАВИСИМОСТЬ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛА ОСНОВЫ ПЛИТ ОТ  
ТЕМПЕРАТУРЫ ПРЕССОВАНИЯ



Температура прессования, °C

1 - Предел прочности при сжатии перпендикулярно плоскости прессования

2 - Предел прочности при статическом изгибе

3 - Ударная вязкость

4 - Водопоглощение

Рис. 3

фактора: температура прессования ( $x_1$ ), давление прессования ( $x_2$ ) и содержание карбамидоформальдегидной смолы ( $x_3$ ).

Согласуясь с результатами исследований, были получены полиномиальные адекватные уравнения, которые показывают влияние переменных ( $x_1, x_2, x_3$ ) на прочностные характеристики и водопоглощение основы облицовочных плит. Уравнения имеют следующий вид:

Для прочности:

$$R_{\text{изг}} = 27,333 - 1,250x_1 + 1,375x_2 + 2,625x_3 - 2,417x_1^2 - 1,167x_2^2 - 5,667x_3^2 + 0,250x_1x_2 + 0,250x_1x_3 + 0,500x_2x_3 \quad (1)$$

Для водопоглощения:

$$W = 2,433 - 0,512x_1 + 0,350x_2 - 0,587x_3 + 1,383x_1^2 + 0,408x_2^2 - 0,083x_3^2 + 0,275x_1x_2 - 0,025x_2x_3 \quad (2)$$

С помощью реализованного активного эксперимента, результатов математического моделирования и номограмм, построенных на основе перехода к натуральным значениям переменных ( $x_1, x_2, x_3$ ), было выбрано наиболее рациональное сочетание технологических параметров и содержания смолы в смеси:

температура прессования, °C - 180

давление прессования, МПа - 15

содержание смолы, % - 15.

Определение оптимальных параметров прессования проводилось для двух вариантов технологического процесса - прессование изделий из сухого пресс-порошка и из свежеприготовленной влажной пресс-массы.

Установлена предпочтительность изготовления плитного материала из предварительно подсушенной пресс-массы, т.к. выбранный метод прессования позволяет сократить цикл и обеспечить упрощение технологии.

Ввиду того, что основа композиционных отделочных плит из скорлупы пальмового ореха имеет темный оттенок, для придания ей декоративных свойств необходима отделка поверхности основы путем нанесения слоя грунта и лака.

Исследованы особенности формирования покрытий на основе полиэфирного лака ПЭ-284 радиационного отверждения на поверхности облицовочных строительных материалов. Определены параметры нанесения и отверждения покрытий: толщина слоя грунта - 50 мкм, толщина слоя лака - 150 мкм, температура поверхности плит перед нанесением покрытия - 30...40<sup>0</sup>С, температура грунта и лака - 25<sup>0</sup>С, энергия ускоренных электронов - 0,4 МэВ, поглощенная доза - 170 КГр.

Величина адгезии полиэфирных покрытий к основе облицовочных плит равна 1 баллу (по методу решетчатых надрезов) и 25,5 МПа (по методу удара).

Проведено изучение эксплуатационной стойкости плит.

Плиты исследованы на водостойкость, стойкость к агрессивным средам, на горючесть, определены санитарно-гигиенические свойства, проведены натуральные испытания образцов.

Данные исследований свидетельствуют о том, что облицовочные плиты могут быть использованы для внутренней облицовки помещений.

На основании проведенных исследований разработана технология изготовления облицовочных плит из скорлупы пальмового ореха, основные стадии ее представлены на рис. 4.

Скорлупу пальмового ореха дробят, а затем фракционируют, удаляя включения размером выше 0,63 мм и пылевидные частицы размером менее 0,14 мм. Если содержание масла в скорлупе превышает 10%, то осуществляют его экстракцию (этот процесс может осуществляться на специальных заводах). Смешивание полимера с наполнителем фракций 0,14 - 0,63 мм осуществляют при температуре 25-30<sup>0</sup>С. Для отверждения карбамидоформальдегидной смолы используется хлористый аммоний.

Плиты декорируют путем нанесения грунта, рисунка, налива слоя радиационно-отверждаемого лака. Покрытие отверждают под пучком ускоренных электронов, генерируемых ускорителем электронов, находящимся в камере биологической защиты.

Готовые плиты упаковывают и отправляют на склад готовой продукции или потребителю.

Проведены технико-экономические исследования производства облицовочных плит на основе скорлупы пальмового оре-

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ОБЛИЦОВОЧНЫХ  
ПЛИТ ИЗ СКОРУПЫ ПАЛЬМОВОГО ОРЕХА

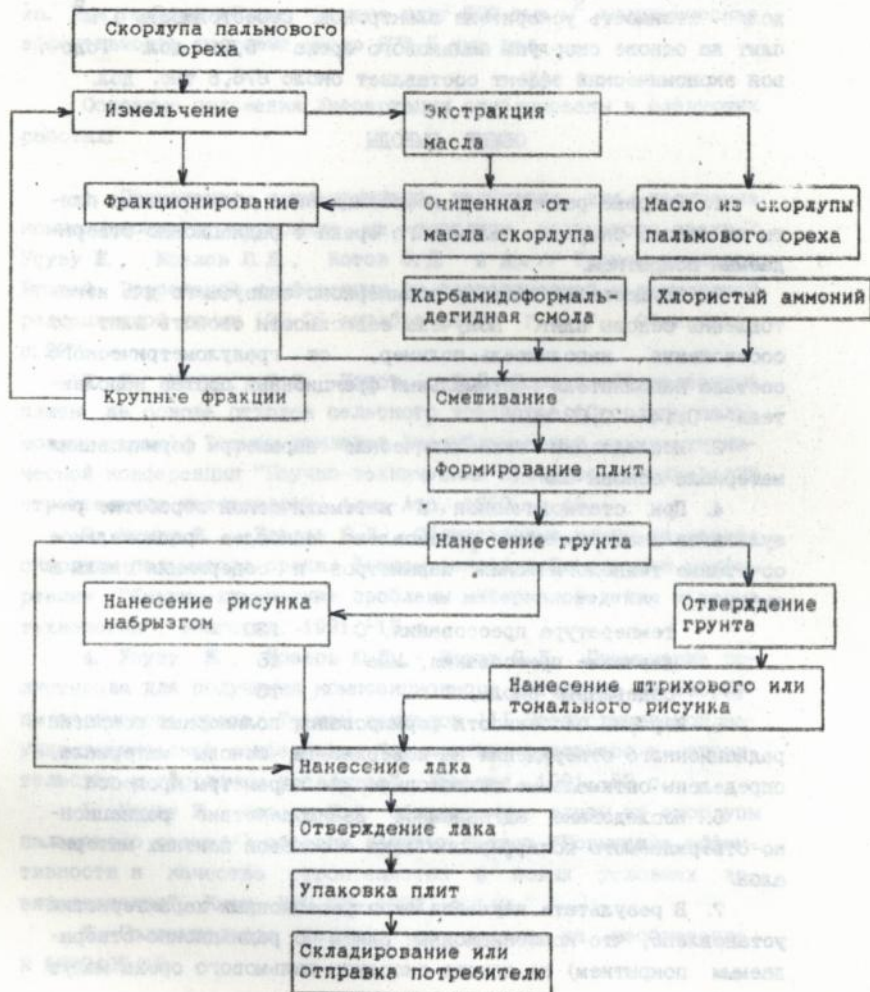


Рис. 4.

ка (в расчетах использованы цены на сырье, материалы и энергоресурсы по действующему курсу в Бенине, а цены на оборудование - по международному курсу).

Годовая производительность линии - 500 тыс. м<sup>2</sup> плит.  
 Капитальные затраты - 1240 тыс. дол., в том числе 600 тыс. дол. - стоимость ускорителя электронов. Себестоимость 1 м<sup>2</sup> плит на основе скорлупы пальмового ореха - 5,017 дол. Годовой экономический эффект составляет около 876,5 тыс. дол.

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Впервые разработаны композиционные облицовочные плиты на основе скорлупы пальмового ореха с радиационно-отверждаемым покрытием.

2. Осуществлен подбор полимерного связующего для изготовления основы плит. Получены зависимости свойств плит от соотношения наполнитель: полимер, от гранулометрического состава наполнителя (оптимальный фракционный состав наполнителя - 0,14 - 0,63 мм).

3. Исследованы технологические параметры формирования материала основы плит.

4. При статистической и математической обработке результатов экспериментов установлено наиболее рациональное сочетание технологических параметров и содержания смолы в смеси:

температура прессования, °C	- 130
давление прессования, МПа	- 15
содержание смолы, %	- 15

5. Изучены особенности формирования полимерных покрытий радиационного отверждения на поверхности основы материала, определены оптимальные технологические параметры процесса.

6. Исследовано адгезионное взаимодействие радиационно-отверждаемого полиэфирного лака с основой плитных материалов.

7. В результате изучения эксплуатационных характеристик установлено, что композиционные плиты (с радиационно-отверждаемым покрытием) на основе скорлупы пальмового ореха могут

быть использованы для внутренней облицовки помещений.

6. Разработана технология изготовления облицовочных плит на основе скорлупы пальмового ореха.

9. Рассчитаны технико-экономические показатели производства облицовочных плит на основе скорлупы пальмового ореха. При годовом объеме выпуска плит 500 тыс. м<sup>2</sup> экономическая эффективность составит около 876,5 тыс. дол.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Применение ионизирующего излучения для получения композиционного материала из скорлупы пальмового ореха. / Усуву Ж., Ковлов Ю. Д., Котов С. Д. и др. // Тезисы докладов Второй Всесоюзной конференции по теоретической и прикладной радиационной химии (23-26 октября 1990 г., г. Обнинск). - с. 277.

2. Ж. Усуву, С. Д. Котов., Ю. Д. Ковлов. Облицовочные плиты на основе отходов сельского хозяйства (Скорлупы пальмового ореха) / Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции "Научно-технический прогресс в технологии строительных материалов". Алма-Ата, 1990. - с. 40.

3. Усуву Ж., Ковлов Ю. Д. Облицовочные плиты на основе скорлупы пальмового ореха / Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Физико-химические проблемы материаловедения и новые технологии", Белгород, 1991. - 15 с.

4. Усуву Ж., Ковлов Ю. Д., Котов С. Д. Применение полистирола для получения композиционного материала из скорлупы пальмового ореха / Тезисы докладов III Республиканской научно-технической конференции "применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве", Харьков, 1991. - 52 с.

5. Усуву Ж., Ковлов Ю. Д. Облицовочные плиты из скорлупы пальмового ореха / сборник научных трудов "Повышение эффективности и качества строительства в новых условиях хозяйствования". Киев, УМК ВО, 1992, с. 142.

6. Положительное решение по заявке на изобретение N 5022435/15.

Подписано к печати 22.08.1892.

Формат 60x84/16. Бумага типогр. № 2. Печать офсетная.

Физ.п.л. 1,0. Уч.-изд.л. 0,64. Усл.п.л. 0,83.

Тираж 100 экз. Заказ 565. Бесплатно.

Днепропетровский металлургический институт,

320635, Днепропетровск, пр. Гагарина, 4

ОЗ ДМетИ, 320005, Лышманское шоссе, 3-б.

467180

БЕСПЛАТНО

AB 25.654  
41  
**AB 25.654**