

Лекция № 7 - Древесно-полимерный композит (ДПК)

-современный конструкционный материал из смеси древесных наполнителей и моно- или полимерного связующего.

Наиболее часто изготавливается методом **экструзии**.

Другие названия: «жидкое дерево», дерево-пластиковый композит, древесно-пластиковый композит, древопласт, поливуд, древотермопласт, wpc, wood polymer composite, wood plastic composite, ЭДНП (экологически чистые древеснонаполненные пластмассы), ДНПП (древеснонаполненный полипропилен).

Термин древесно-полимерные композиты включает большую группу материалов, существенно отличающихся составом и свойствами.

Признанной классификации древесно-полимерных композитов пока не существует.

Наиболее используемые термины:

ДПК – древесно-полимерный композит

ДПКт – древесно-полимерный
термопластичный композит

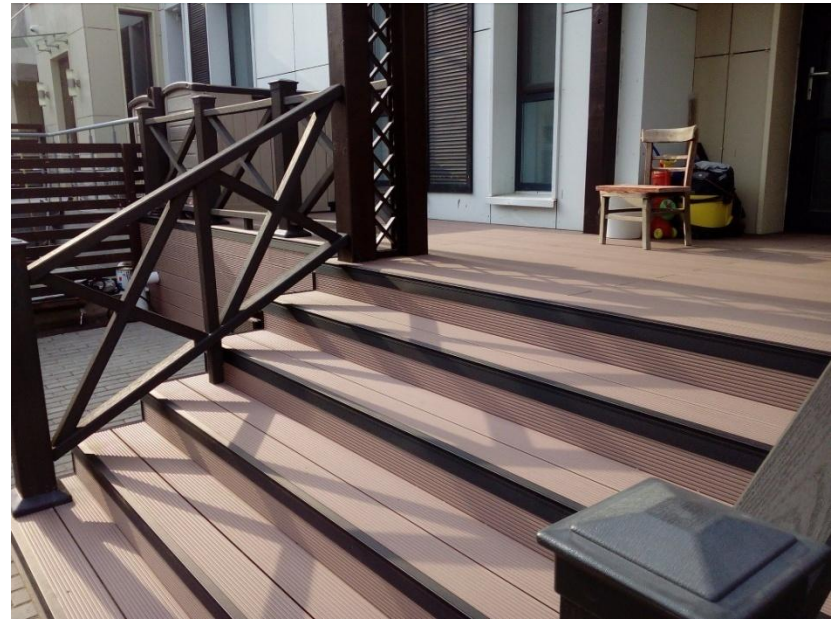
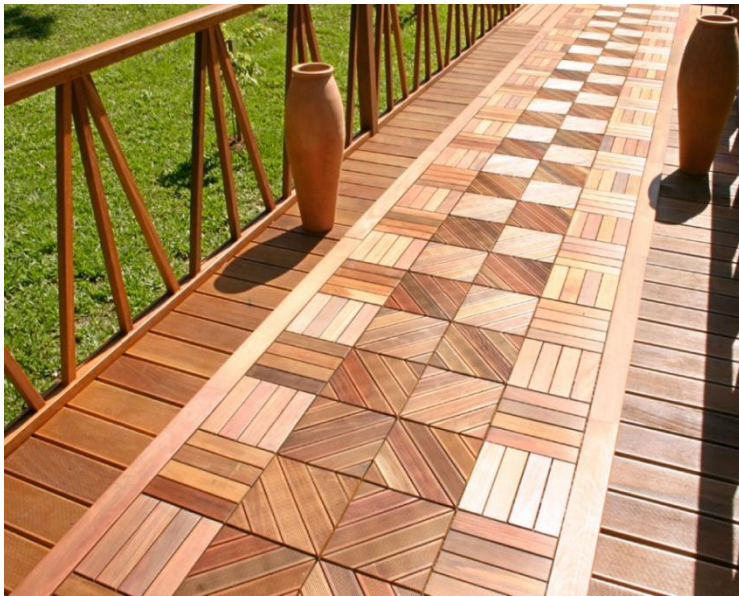
Образцы применения изделий из древесно-полимерного композита

- Строительство



Деккинг - террасная доска, садовый паркет





Производство мебели



Сайдинг



iskm.ru

Стройпортал

Двери, окна, перилла



ПОДОКОННИК ИЗ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА " ПОД ОРЕХ"

Ограждения, шпалеры



Автомобилестроение



Ландшафтное строительство и архитектура



Сырье для производства ДПК

Наполнитель - целлюлозные и лигноцеллюлозные наполнители растительного происхождения.

Подразделяются на –
древесные и недревесные.

К древесным наполнителям растительного происхождения относятся древесный опил, древесная стружка, **древесная мука**, древесные и целлюлозные волокна и другие древесные частицы.

Наполнители недревесного происхождения - водоросли, различные кустарники, травы, плоды, скорлупа орехов и т.д.

Изготавливают ДПК на основе измельчённых стеблей конопли, банановой муки, бамбуковой муки, водорослей зостера, волокон джута и кенафа, шелухи семян и соломы различных злаковых растений. Преимущества: кустарники и травы быстрее растут, более биоразлагаемы и более экологичны, их использование снижает себестоимость конечного продукта.

Минеральные наполнители –

используют снижения себестоимости ДПК и придания дополнительных свойств материалу.

Например: повышение жесткости, огнестойкости.

Используют - карбонат кальция, тальк (гидратированный силикат магния), кремнезём (алюмосиликаты).

Массовая доля минеральных наполнителей в составе композита составляет до 20%.

Полимеры - термопласты, которые могут перерабатываться при температурах до 200 °С.

Полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП) и поливинилхлорид (ПВХ) - более 90% всех изделий из ДПК.

Основное преимущество – низкая стоимость по сравнению с остальными полимерами.

Полиэтилен

— самый крупнотоннажный полимер в мире.

Преимущества: достаточно низкая температура плавления (~ 130 °С) и широкий диапазон вязкостей расплава. Расплавы ПЭ хорошо смешиваются с наполнителями, низкая температура плавления позволяет использовать различные наполнители без риска их термодеструкции.

ПЭ достаточно мягок, что способствует легкому прибиванию, привинчиванию, пилению ДПМ. Полиэтилен имеет практически нулевое водопоглощение, высокую стойкость к химикатам и окислению.

В зависимости от плотности и разветвленности макромолекул для получения ДПКт используют следующие виды полиэтилена:

- высокой плотности (ПЭВП, ПЭНД);
- низкой плотности (ПЭНП, ПЭВД);
- линейный низкой плотности (ЛПЭНП).

В производстве ДПК применяют чаще всего первые два типа полиэтилена.

Полипропилен

Достоинства (в сравнении с полиэтиленом):

- легче (плотность $900 - 910 \text{ кг/м}^3$),
- прочнее (прочность при изгибе может достигать 50 МПа),
- жестче, более износостоек и стоек к ползучести, менее скользок.
- водопоглощение – 0,001 % за 24 часа.

Недостатки (в сравнении с полиэтиленом):

- более хрупок и значительно менее морозостоек,
- изделия из него трудно крепить, используя гвозди и винты. Изделия требуют применения специальных систем крепления.
- трудно резать и пилить.
- легко окисляются, требуют гораздо более высокого содержания антиоксидантов по сравнению с ПЭ.
- температура переработки композитов в среднем на 20 – 30 ° выше, чем с полиэтиленовыми, т.е. присутствует риск термодеструкции наполнителя в процессе экструзии – используют сополимеры пропилена с этиленом, что позволяет снизить температуру переработки изделий. При экструзии ДПКт обычно используют полипропилены, имеющие показатель текучести расплава 2 – 5 г/10 минут (при температуре 230 °С и нагрузке 2,16 кг).

Поливинилхлорид

Достоинства:

- химическая стойкость к щелочам, минеральным маслам, жирам, спиртам, многим кислотам и растворителям,
- не горит на воздухе,
- модуль упругости при изгибе ПВХ в 2–2,5 раза выше, чем у ПП и ПЭВП (до 4 ГПа).
- прочность при изгибе - 40–110 МПа.
- высокая прочность при сжатии.
- водопоглощение поливинилхлорида сопоставимо с полиэтиленом и полипропиленом.

Недостатки:

- разлагается с выделением хлористого водорода при температурах выше 110-120 °С.
- степень кристалличности не превышает 5 %.
- тяжелый, плотность 1320–1340 кг/м³
- температура плавления 150–220 °С.
- низкая термостойкость (диапазон рабочих температур от –5 до 70 °С) и высокая хрупкость.
- при сгорании ПВХ выделяет ядовитый хлористый водород, материалы на его основе рассматриваются как «непредпочтительные с экологической точки зрения».
- в верхних слоях изделий на основе ПВХ происходит фотодеструкция. Толщина деструктированного слоя обычно составляет 0,2 – 0,3 мм.

Технологические добавки (аддитивы) —

это различные по своему составу и свойствам вещества, которые используются в процессе производства изделий из ПВХ. Благодаря стабилизаторам, смазкам, пластификаторам и модификаторам смола ПВХ приобретает особые химические и физические свойства.

Правильно подобранный аддитив повышает износостойкость конечного продукта, защищает его от старения (воздействия низких температур и УФ-излучения), улучшает и характеристики техпроцесса.



Классификация

- **Компатибилизаторы** или агенты совместимости (агенты адгезии, аппреты) - химические соединения, повышающие совместимость полимерной матрицы и наполнителя. Основная функция компатибилизатора – повышение адгезии между матрицей и наполнителем.

Представители: малеинизированные полиолефины, органосиланы, политетрофторэтилен, модифицированный акрилом.

- **Смазывающие агенты** обеспечивают равномерное распределение наполнителя в полимерной матрице и увеличивают скорость экструзии композита.

Это добавки технологического назначения.

Представители: стеарат цинка (особенно для композитов на основе ПЭВП) и стеариновая кислота, низкомолекулярные полиолефины: парафин, полиэтиленовый воск и окисленный полиэтилен.

Возможно комбинированное использование нескольких типов смазывающих агентов в одном композите.

Доля смазки в составе ДПК обычно не превышает 2,5–3 %. Существует проблема сочетания смазки и аппрета (компатибилизатора).

- **Красители** необходимы для придания изделиям цвета и для защиты от УФ-лучей.

Применяют в основном два вида красителей:
пигменты и суперконцентраты.

Пигменты - высокодисперсные неорганические или органические вещества, нерастворимые в дисперсионных средах, придающие материалам непрозрачность и цвет.

Суперконцентраты - композиции полиолефинов с равномерно распределенными в них пигментами. Пигменты имеют более низкую себестоимость, чем суперконцентраты, однако сильно загрязняют воздух рабочей зоны при переработке изделий.

Массовая доля красителя в составе не более 3–4 %.

Композит должен быть однородно прокрашен по всей поверхности и толщине, и для этого приходится увеличивать дозировку красителя.

- **Биоциды** – антигрибковые добавки (антисептики).

Защищают изделие из ДПК от появления грибка, плесени, гниения, и способствуют снижению водопоглощения.

Представители: борат цинка, метаборат бария, тетрахлоризофталонитрил.

- **Антипирены** – специальные добавки, затрудняющие воспламенение и снижающие скорость распространения пламени.

Антипирены для ДПК отличаются от антипиренов для древесных материалов. Они обязательно должны быть термостойкими, чтобы не деструктировать в процессе переработки.

Представители: тригидрат алюминия (ТГА), гидроксид магния, борат цинка, бромированные соединения и оксиды сурьмы.

Для полного предотвращения горения ДПК в их состав вводят до 30 % антипиренов.

Активные антипирены ингибируют и подавляют горение по нескольким механизмам:

- высвобождая воду, которая действует как сток для тепла и предотвращает доступ кислорода к очагу возгорания (ТГА, гидроксид магния);
- выделяя невоспламеняемые газы, экранирующие горючие материалы от кислорода (галогенсодержащие антипирены);
- действуя как сажеобразователи (фосфорсодержащие антипирены).

Состав ДПК

- Древесная мука (или мелкая щепа) фракцией 0,5-2 мм;
- Полимер - ПВХ (50/50), полиэтилен (70/30) или полипропилен (60/40);
- Аддитивы



Основные свойства ДПК

Наименования показателей	Значение показателей
Плотность, кг/м ³	1000- 1400
Временное сопротивление, МПа	15 – 50
Модуль упругости при растяжении, МПа	4 – 8
Сопротивление изгибу. МПа	25 – 60
Модуль упругости при изгибе, МПа	3 – 6
Относительное удлинение при растяжении, %	0,5 – 1
Ударная вязкость по Шарп, кгс/м ²	3 – 4

- Атмосферо и биостойкость,
- Большинство ДПКТ могут принимать в себя небольшое количество от 0,1 до 0,4 % влаги, не теряя при этом формы и прочности, и восстанавливать прежние свойства при высыхании без коробления.
- В отличие от металлоконструкций, ДПКТ не ржавеют.
- Некоторые композиты можно сваривать, подобно пластмассе. Возможно их гнутье в подогретом
- ДПК превосходно обрабатываются столярными инструментами, прекрасно удерживают крепежные элементы.

- Некоторые марки древесно-полимерных материалов могут эксплуатироваться в соленой воде, в щелочных и кислых средах. Некоторые марки ДПКТ можно красить, другие же покрасить затруднительно, т.к. они имеют гладкую и инертную поверхность.
- Термопластичные древесно-полимерные композиты не содержат формальдегида, фенола и других вредных веществ.
- Террасные доски и полы из ДПК не скользкие и травмобезопасные даже в мокрую погоду.
- Производство древесно-полимерных композитов безотходное. Отслужившие свой срок продукты из ДПК легко могут быть раздроблены в мелкие гранулы и переработаны повторно с получением полноценных новых изделий.

Технология производства

Этапы:

- измельчение древесного сырья;
- сушка измельченной древесины;
- дозирование компонентов;
- смешивание компонентов;
- прессование изделия;
- обрезка по длине и, при необходимости, разрезание по ширине.

1 Измельчение

- древесные частицы размером 0,7...1,5 мм



Ножевые или
молотковые
дробилки. Затем
материал
просеивается и
фракционируется.

На этом этапе закладывается качество продукта, а также его назначение: более тонкие фракции используются для профилей без дополнительной отделки поверхности, средние – под отделку пленками, шпоном или окраску, а грубые – для технических профилей. Следует учитывать, что качество исходного материала напрямую отражается на качестве конечного продукта.

2 Сушка



Сушка
древесного
сырья
требуется
только при
влажности
более 15 %.

3 Дозирование и смешивание КОМПОНЕНТОВ



Соотношение наполнителя и связующих может широко варьироваться, в зависимости от назначения продукта.

Состав композита при этом может быть гибридным: от 70 до 80 % - наполнитель – дерево; от 0 до 28 % - наполнитель - кукуруза (рис, соя, бамбук, сахарный тростник); от 2 до 20 % - синтетические связующие – полиэтилен, полипропилен, ПВХ .

- Для получения заданных свойств материала, в его состав вводят различные добавки-модификаторы: антиокислители, антимикробные средства, поверхностно-активные вещества, противоударные модификаторы, смазочные материалы, температурные стабилизаторы, огнезащитные средства, светостабилизаторы и вспенивающие агенты.

- После добавления небольших количеств пигмента, смазочных материалов и пластификатора, сухая смесь расплавляется в экструдере и выдавливается. После этого изделие охлаждается и автоматическая пила отрезает профиль по заданному размеру.
- Различают несколько основных методов производства изделий из термопластичных древесно-полимерных композитов.

- **1. Экструзия** - это непрерывный процесс, который заключается в продавливании материала с высокой вязкостью в жидком состоянии через формовальный инструмент через матрицу с отверстием (экструзионную головку, фильеру), с целью получения изделия с поперечным сечением необходимой формы.
- Таким методом изготавливают различные погонажные изделия: трубы, профили, листы, пленки, оболочки кабелей, гранулы.

- Процесс изготовления профильных погонажных изделий методом экструзии состоит из следующих этапов:
- 1 создание равномерной смеси пластика и измельченной высушенной древесины;
- 2 создание композитного компаунда путем нагрева;
- 3 получение профилированного продукта методом экструзии (продавливанием горячей смеси через профилированные отверстия с последующим охлаждением и затвердеванием);
- 4 нарезка готового профиля на требуемый размер.

- Существует следующие типа экструдеров:
- 1 Червячные экструдеры, которые, в свою очередь, можно разделить на одношнековые, двухшнековые и многошнековые.
- Одношнековый (одночервячный) экструдер без зоны дегазации является наиболее простым оборудованием для экструзии. Такие экструдеры широко применяются для производства пленок, листов, труб, профилей, в качестве одной из составных частей линий-грануляторов и т.д.

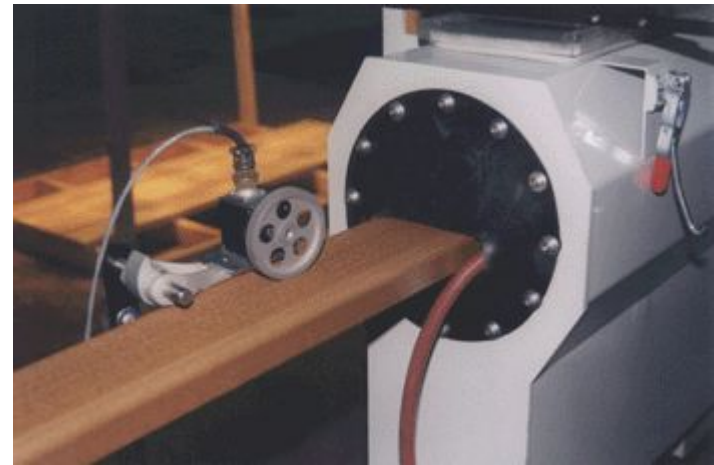
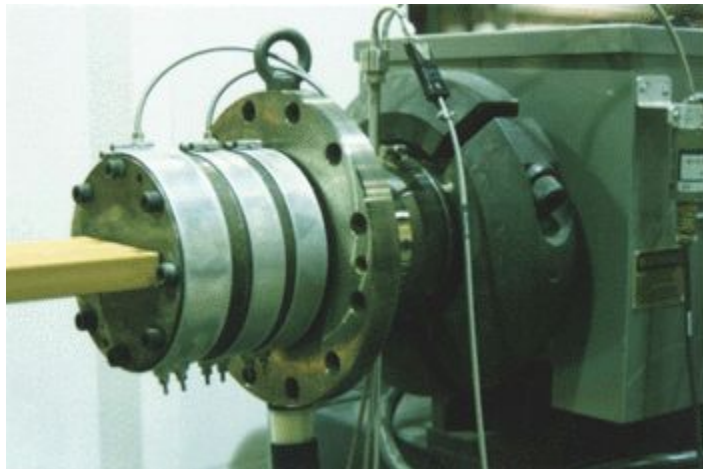
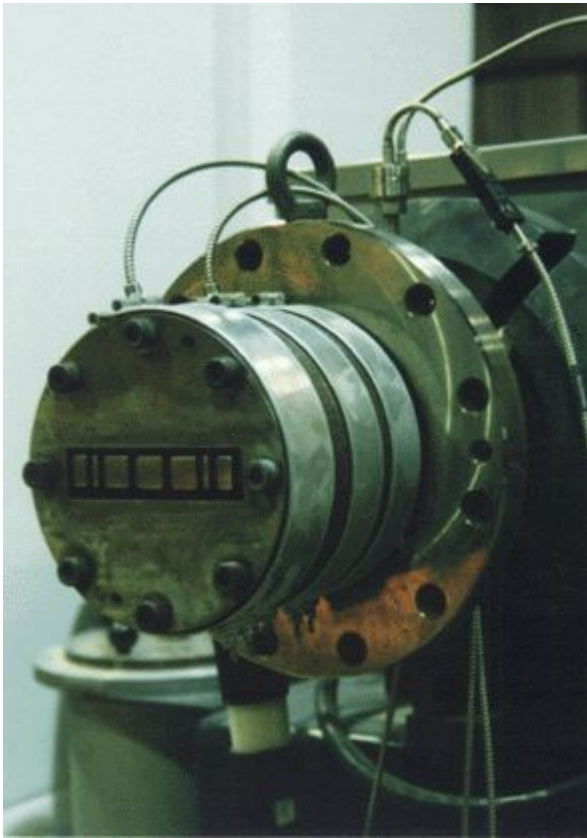
- Двухшнековые экструдеры применяются как в тех же случаях, что и одношнековые, так и в специальных условиях, когда одношнековые экструдеры не справляются с задачами. Обычно, двухшнековые экструдеры используются для экструзии ПВХ (поливинилхлорида) в изделия строительного назначения. Как правило, двухшнековые экструдеры в обязательном порядке оснащаются устройством дегазации. Производительность установок - до 600-900 кг/ч в зависимости от мощности. Двухшнековые машины могут перерабатывать как гранулированное сырье, размельчение которого производится непосредственно в экструдере, так и порошкообразные смеси.

- Двухшнековые экструдеры различают двух основных типов:
- - экструдеры со шнеками, находящимися в зацеплении (с однонаправленным или противоположно направленным вращением шнеков);
- - экструдеры со шнеками, не находящимися в зацеплении (с однонаправленным или противоположно направленным вращением шнеков).

- Многошнековые экструдеры применяются сравнительно редко. Они бывают двух типов:
- - четырехшнековый экструдер;
- - планетарный экструдер (червячная система состоит из одного центрального червяка и 6 дополнительных шнеков, расположенных вокруг основного на одинаковом радиальном расстоянии. Эти шнеки называют планетарными, отсюда и название экструдера).

- 2 Дисковые экструдеры - довольно редкий тип экструзионных машин. Работа такого экструдера основана на перемещении полимерного материала и создании давления за счет адгезии полимера к подвижным частям экструдера. Такие экструдеры могут быть: однодисковыми и многодисковыми.

4 Экструзия



- 2. Метод ***инжекционного формирования*** или метод «литья под давлением» уже несколько десятилетий применяется для формования изделий из термопластичных полимеров.

- В общих чертах технология выглядит так: полимерная смесь в виде гранул, таблеток или порошка подается из бункера в нагретый цилиндр, где она размягчается, затем с помощью гидравлического поршня дозированная количество расплавленной смеси впрыскивается под давлением в форму. Она должна быть слегка нагретая, чтобы обеспечить равномерное растекание пластического материала. Заполнив форму охлаждают, например, циркулирующей водой, открывают и вынимают готовое изделие.

- Весь этот цикл может быть повторен многократно в ручном или автоматическом режиме. Неоспоримым преимуществом технологии является высокая производительность. Однако оборудование для инъекционного формования очень дорогое, используется для изготовления крупных изделий сложной формы, а технология требует слишком совершенной техники и детальной проработки всех нюансов процесса.
- Например, если производство простого полиэтиленового посуды, пищевых контейнеров и было налажено еще в послевоенные годы, то первый моноблочные стулья научились отливать лишь в конце 60-х.

- **3. Ротационное формирование** основано на действии центробежных сил в сочетании с адгезией. Дозированную по объему или весу порцию материала загружают в полостную металлическую форму, которую герметично закрывают и вращают в одной или нескольких плоскостях и одновременно нагревают - вследствие материал гомогенизируется и образует на внутренней поверхности формы горячее тонкое монолитное покрытие. Затем, продолжая вращение, форму охлаждают в специальной камере, а после охлаждения останавливают, открывают и вынимают готовое изделие.
- Так производятся округлые полостные изделия - и не только из полимерных, но и из других материалов: пластиковая тара, резиновые мячи, игрушки, шоколадные яйца.

- 4. Формировать изделия из древесно-полимерных композитов возможно традиционным **методом плоского прессования**, при котором давление направлено перпендикулярно плоскости плиты, в одно- или многоэтажных горячих прессах. Методом плоского прессования изготавливаются стеновые панели, мебельные фасадные детали, заготовки для кроватей, столов, стульев, плинтуса, наличники, рамы для картин, детали внутренней отделки для автомобилей, тарные ящики, вкладываемые жесткие элементы для картонной тары и многое другое.
- **Метод прессования** основан на использовании в производстве модифицированной версии оборудования предназначенного для непрерывного прессования древесных плит.

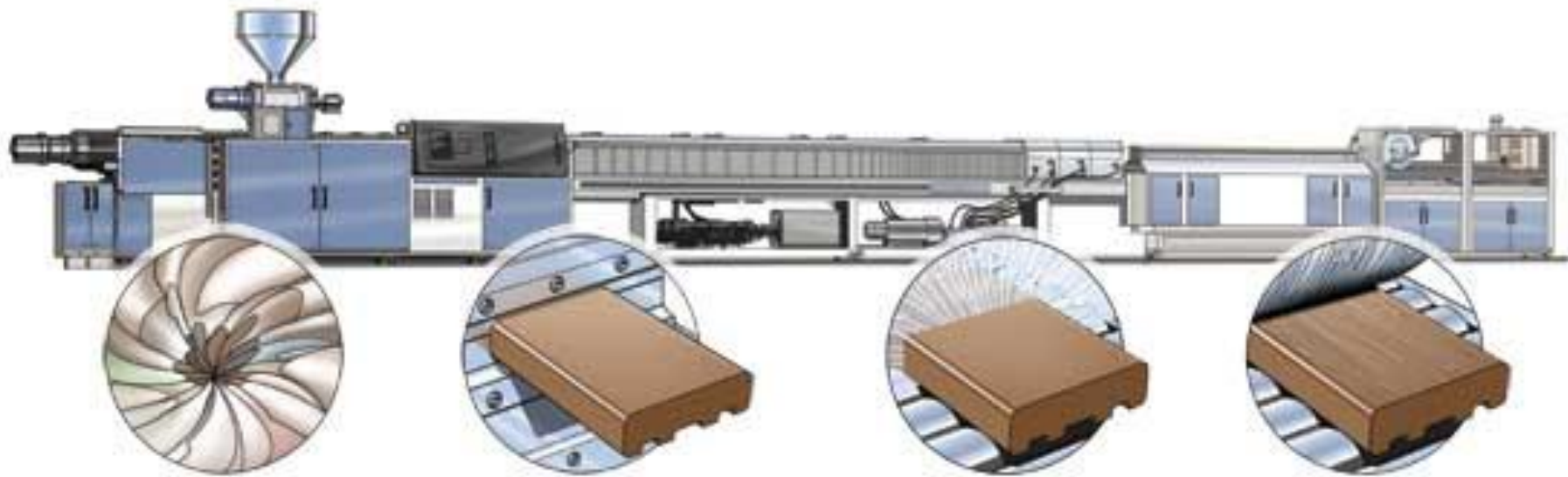
Пресс для нанесения рельефа на профиль ДПК



Рабочее
давление от
3 до 25 МПа



Коротко о производстве



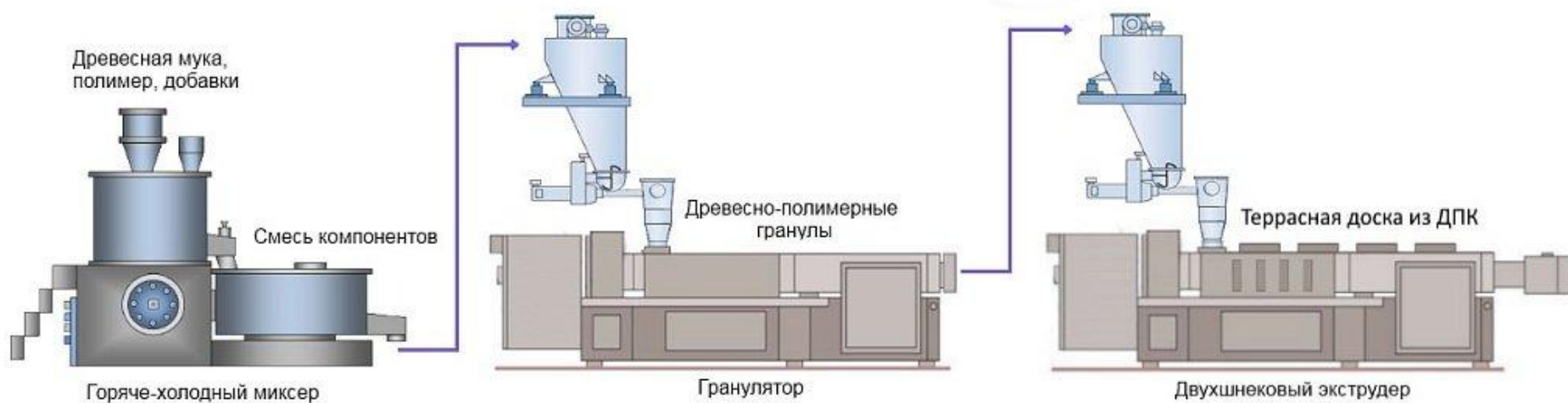
Линия для производства ДПК



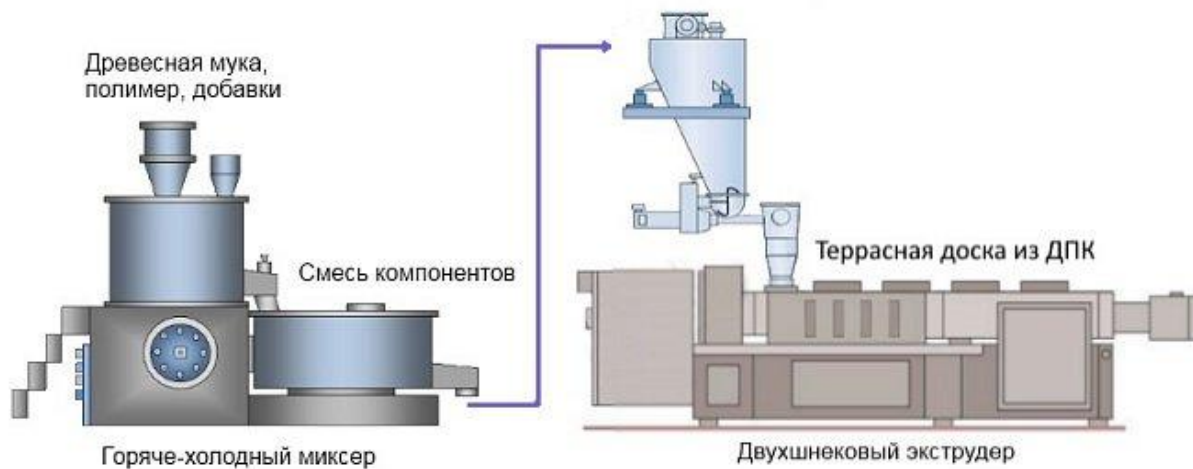
1. Высокоскоростной смеситель
2. Пеллетирующий экструдер
3. Пеллетирующая матрица
4. Нарезка пеллет в размер
5. Воздушная подача
6. Профилирующий экструдер
7. Профилирующая матрица
8. Модуль охлаждения
9. Узел подачи заготовки
10. Узел торцевания
11. Штабелер опрокидыватель

* В одноступенчатом способе производства, узлы со 2 по 5 не используются.

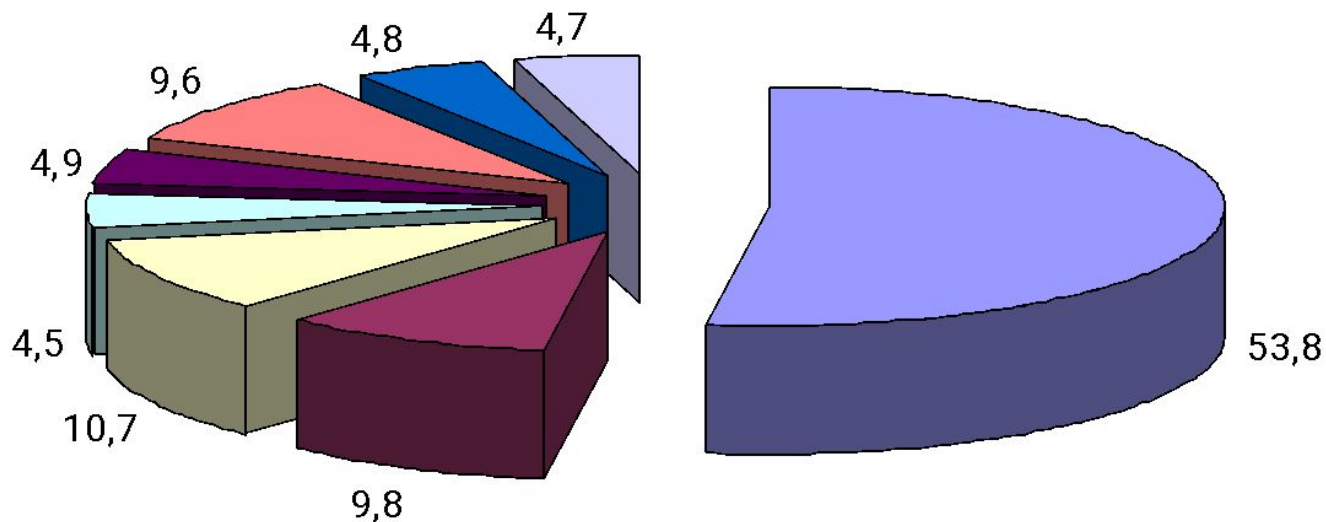
Двухстадийная технологическая схема производства ДПК



Одностадийная технологическая схема производства ДПК



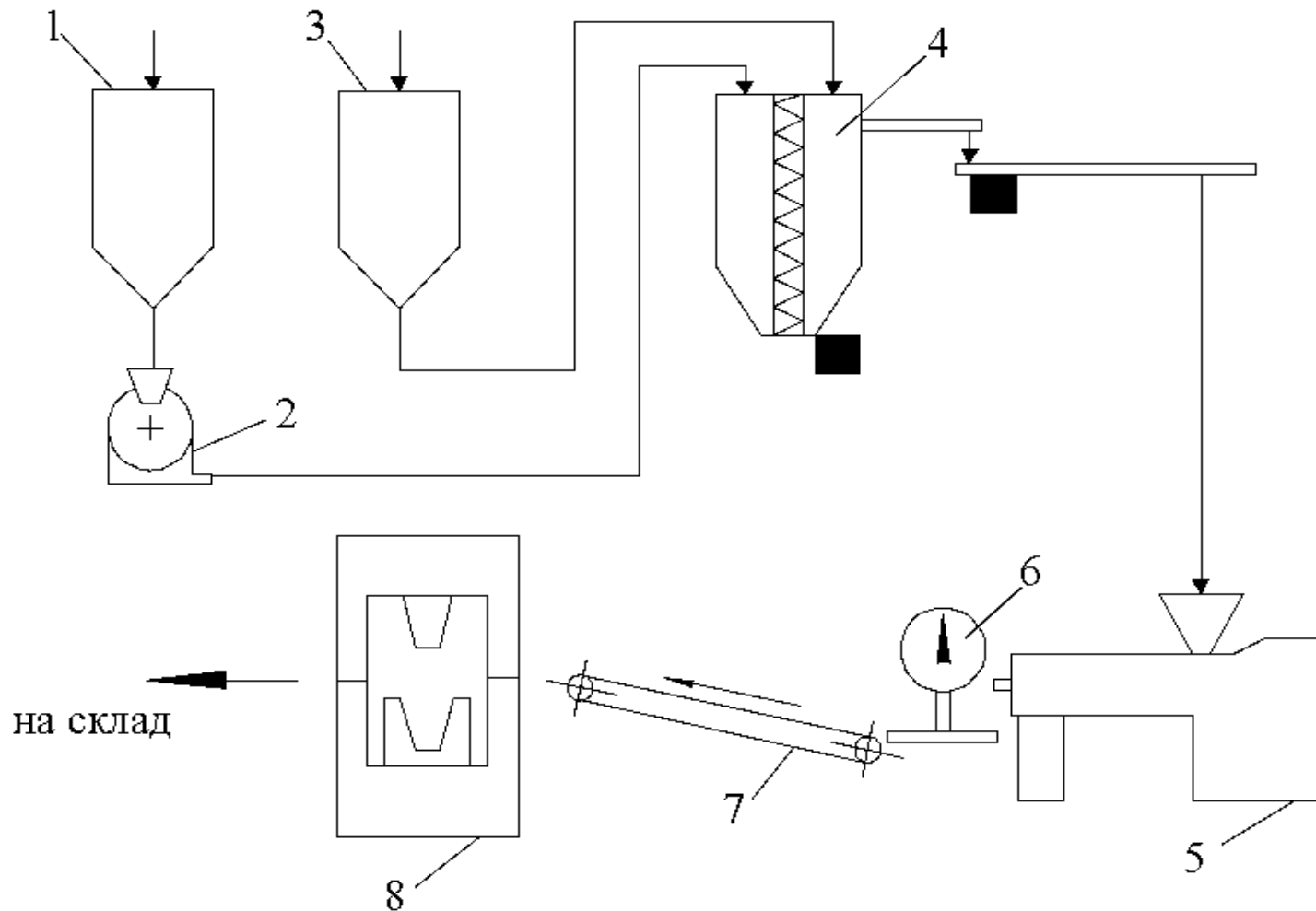
Структура потребления ДПК материалов



■ настилы;
■ сайдинги;
■ индивидуальные заказы;

■ ограждения;
■ окна/двери;
■ другое.

■ транспорт;
■ инфраструктура;



1 – бункер для отходов пластика; 2 – измельчение пластика; 3 – бункер для древесной стружки; 4 – лопастной смеситель; 5 – экструдер; 6 – дозатор; 7 – транспортирующее устройство; 8 – пресс.

Рисунок 1.37 – Технологическая схема производства формованных деталей из древесных отходов и отходов пластика

Таблица 1 – Сравнительные свойства

Наименование	Основные свойства	Характеристики ДПМ	Характеристики аналогов		
			ДПМ Фирма "Экодрев"	ДСП ГОСТ 10632	Фанера ГОСТ 3916-65
Плоские плиты ДПМ	Плотность, кг/м ³	1200-1300	800-1100	550-820	850-1050
	Предел прочности при изгибе, МПа	40-60	14	12-18	70

<https://youtu.be/C4vTWIJnUfk>

<https://youtu.be/iLcuj5WmkAY>

<https://youtu.be/zqcUBhYdEho>