

## **Технология переработки древесных отходов**

Цель занятия: освоение технологии переработки битумосодержащих древесных отходов.

Основные задачи для решения на практических занятиях:

1. Анализ методов переработки отходов.
2. Изучение технологии переработки отходов.
3. Производство по утилизации отходов.

### **Теоретический материал**

Древесные отходы относятся к низкокачественным отходам, неоднородным по составу древесины, ее плотности и влажности, а также с большим содержанием гнили и токсичных материалов. В этой связи технология переработки отходов древесины должна удовлетворять следующим требованиям:

возможность переработать неоднородные и различные по физико-химическим характеристикам древесные отходы;

способность обезвредить и нейтрализовать токсичные вещества во вторичном сырье;

рентабельность получаемой товарной продукции.

Одним из самых известных способов переработки отходов древесины - это их переработка в пиломатериалы, ящичную тару, упаковочную стружку или использование отходов древесины в качестве топлива. Эти способы рентабельны в случае использования однородных отходов древесины без вредных примесей. К таким отходам в первую очередь относятся отходы древесины, образующиеся при различных технологиях деревообработки, а также отходы от вырубки деревьев и кустарников. В зависимости от технологических задач и конечного товарного продукта отходы древесины от строительства могут быть измельчены и обработаны до состояния технологического сырья:

технологическая щепка, которая относится к универсальным видам сырья и используется в различных производствах (целлюлозно-бумажном, гидролизном, строительных материалов и до.);

кусковые отходы, стружка, опилки, образующиеся при переработке древесных отходов от строительства, - сырье для изготовления различных конструкционно-теплоизоляционных и отделочных материалов для стен, перекрытий, полов, кровли;

древесная мука, используемая как исходное сырье для производства древесно-полимерных и древесно-цементных композитов.

Исключительно эффективными являются технологии создания древесно-полимерных материалов, способных заменить изделия из дерева. Производство таких материалов требует одновременного использования синтетических связующих. Сегодня в мире производится более 60 млн. т различных видов синтетических полимеров.

Рациональное сочетание прочности и потребительских свойств древесины с химической стойкостью и хорошими технологическими характеристиками вторичных полимеров позволило разработать гамму дешевых древесно-полимерных материалов и изделий для применения в различных отраслях промышленности. Использование отходов деревообрабатывающей промышленности и вторичного сырья по переработке полимеров при создании таких композитов позволяет также решать ряд вопросов, связанных с созданием безотходных технологий и охраной биосферы.

Перспективность широкого использования таких композитов обусловлена следующими показателями древесных наполнителей:

1) хорошими прочностными характеристиками: прочность волокна ели 730 МПа, пихты 320-610 МПа, сосны 1160 МПа; модуль упругости волокон хвойных пород древесины 20-100 ГПа, низкой плотностью;

2) более низкой стоимостью.

Кроме того, к преимуществам древесных наполнителей относятся возобновляемость и доступность сырья; возможность обработки (модификации) поверхности; низкое абразивное воздействие на оборудование; совместимость с полимерными материалами.

Достижения в области древесных композитов связаны с производством изделий типа древесно-стружечных и древесноволокнистых плит.

Расширение номенклатуры древесных композитов было достигнуто путем повышения рабочих температур и нагрузок, а также использования термостойких полимерных материалов и армирующих добавок.

Технология получения корпусных изделий из композитов на основе терморезистивных связующих включает в себя приготовление композиции и ее переработку в изделия. Композицию приготавливают методом механического смешения компонентов в смесителях лопастного или бегункового типа с последующей сушкой полученной смеси для удаления остатков растворителя связующего и влаги из древесины. Для сушки используют сушилки (роторные, «кипящего слоя» и т.п.), обеспечивающие нагрев теплоносителя (воздуха) до 323-753°K. Изготавливают композиты методом прессования на гидравлических прессах. Производительность при изготовлении погонажных изделий составляет 0,6-1,5 м/мин. Энергозатраты на производство 1 т таких композитов составляет около 600 кВт.

Свойства дисперсных древесных композитов, как и ряда других композиционных материалов на основе полимеров, определяются их структурой, элементами которой являются дисперсная фаза (измельченное древесное сырье) и межфазная зона в виде затвердевшего связующего. В значительной степени свойства обуславливаются особенностями взаимодействия между частицами древесины и полимерным связующим в процессе формирования композита и его эксплуатации.

Связующее обеспечивает монолитность композита, фиксацию взаимного расположения древесных частиц, а также распределяет напряжения по объему материала.

Известные связующие могут представлять собой полимеры пространственно-сетчатого (термореактивные) либо линейного строения (термопластичные). Сетчатые полимеры имеют преимущественное использование в качестве связующих для композитов конструкционного назначения. В последние годы получили распространение также композиты на термопластичных связующих. Преимуществами их являются технологичность, относительно низкая стоимость при высоких физико-механических характеристиках. В качестве связующего может использоваться либо готовый полимер, либо мономер, который полимеризуют в процессе формирования изделия. Особенно перспективно использование термопластичных связующих для производства экструзионных и литевых композитов.

Работы по созданию композитов на термореактивных связующих получили развитие в начале XX в, с появлением синтетических смол. С целью снижения хрупкости, уменьшения усадки и стоимости в смолы вводили наполнитель - дисперсную древесину.

Распространению древесных композитов на основе термопластов способствовал возросший в последние годы уровень технологии. Некоторые фирмы выпускают из таких композитов термоформовочные листы для конструкционного применения в автомобиле- и вагоностроении и т.д. Расширяется применение древесной муки и пыли в сочетании с полиэтиленом, полистиролом во вспененных композициях.

Древесно-полимерные композиции перерабатываются в изделия следующими методами:

прямое (компрессионное) прессование. Заключается в формировании изделий под давлением из материалов, нагретых до вязко-текучего состояния непосредственно в полости формирующего инструмента - между матрицей и пуансо-

ном. Для изготовления изделий применяют гидравлические прессы, с помощью которых осуществляется одностороннее уплотнение материалов в формах. Их изготавливают при температуре 413-443°K и давлении 40-80 МПа. а сложные изделия при давлении до 120 МПа. Метод преимущественно используется для изготовления машиностроительных деталей;

прямое открытое прессование. Наиболее освоено для изготовления плоских изделий на одноэтажных или многоэтажных прессах с усилием от 80 до 12 тыс. т. Этим способом получают листовые изделия;

метод холодного прессования. Возможен в условиях комнатной температуры с использованием недорогих форм. В сопрягаемые формы загружают древесный наполнитель и связующее (преимущественно в виде смеси) и подвергают давлению;

холодная штамповка предусматривает получение листового полуфабриката из смеси измельченной древесины с расплавом термопластичного полимера. Формование изделий происходит под давлением 0,05-2 МПа. При этом возможно получение рельефной штамповки;

метод свободной заливки применяют для переработки древесно-полимерных материалов на основе капролона, эпоксидно-новолачных и др. смол, а также вспенивающихся композиций;

литьевое формование (пресс-литье). Материал выдерживают 60-120 сек. в литьевой камере под давлением 50-60 МПа и температуре 390°K, затем давление повышают до 80-100 МПа. Под действием давления материал перетекает в полость формы, где формуется при температуре 420-430°K и давлении 40-50 МПа. После остывания материала форма размыкается и изделие освобождается. Метод применяется для изготовления тонкостенных изделий сложной конфигурации;

литье под давлением. Один из методов изготовления изделий из измельченной древесины и термопластов, а также композиций на их основе. Он предусматривает перевод материала в вязко-текучее состояние в цилиндре ли-

тлевой машины, подачу композиции в форму через мундштук (сопло) и остывание в форме с образованием изделия заданной геометрической формы. Для изготовления изделий в условиях мелкосерийного производства могут использоваться литьевые машины объемом отливки до 1000 см<sup>3</sup> и давлением литья до 40 МПа;

экструзия предполагает непрерывное выдавливание композита, находящегося в вязкотекучем состоянии, через отверстие определенного профиля. Этот метод наиболее распространен при использовании термопластичных связующих. Изделие получают на прессах периодического действия (штанг-прессах) и экструдерах с диаметром шнека от 20 до 200 мм и отношением длины к диаметру 20-40;

метод вальцевания. При переработке древесно-полимерных материалов применяется данный метод, позволяющий изготавливать рифленые плиты. Для изготовления плит и профильных изделий используют метод прокатки, реализуемый на одно- или двухвалковых установках;

метод центробежного и ротационного формования. При этих методах формования смесь измельченной древесины с полимером загружают в полую форму, которую нагревают и вращают в одной или двух плоскостях. Под действием центробежной силы расплав материала удерживается на стенках вращающейся формы и в процессе отверждения принимает требуемую конфигурацию. Скорость вращения формы 300-1500 оборотов в минуту;

метод напыления. На стенки форм с помощью распылителей подается смесь измельченной древесины и связующего. После нанесения смеси форму поворачивают и уплотняют, чтобы удалить воздух и обеспечить плотный контакт компонентов. Изделия полимеризуются под воздействием катализаторов при температуре 273-323°K и давлении 0,1-0,7 МПа.

Каждый из этих методов переработки древесных отходов обладает определенными эксплуатационными и экономическими преимуществами, но в насто-

ящее время широкое распространение получили методы прямого прессования и экструзии для получения плит и профильно-погонажных изделий.

По своим свойствам древесные отходы сноса (разборки) зданий сходны с низкосортной и малоценной древесиной, основные способы переработки которых могут быть условно разделены на следующие три группы: механические способы переработки, химико-механические и химические.

При механической переработке низкосортной древесины изменяется ее форма путем пиления, строгания, фрезерования, раскалывания и т.п. В результате такой переработки получают разнообразные товары народного потребления и промышленного назначения, продукцию и сырье для смежных и перерабатывающих отраслей промышленности. Промежуточный продукт, получаемый механическим способом, подвергают совместной обработке со связующим веществом, например, полимером. Под действием температуры и давления происходит реакция полимеризации связующего, в результате чего промежуточный древесный продукт прочно склеивается.

При химико-механической переработке низкосортного древесного сырья получают промежуточный продукт из древесины, однородный по составу и размерам, например, специально резаную стружку, дробленый шпон, фанеру, а также столярные изделия, древесностружечные и цементно-стружечные плиты, арболит и фибролит. Химико-механический способ используют при получении волокнистых полуфабрикатов в целлюлозно-бумажной промышленности.

Химико-механический способ переработки низкосортного древесного сырья обеспечивает улучшенные свойства изделиям или заготовкам из древесины с частичным изменением ее физико-механических и других свойств и качеств. Применение этого способа позволяет использовать низкосортную древесину и древесные отходы на производство модифицированного и уплотненного древесного материала и изделий (шпал, втулок, подшипников и т.п.).

Химическая переработка низкосортной древесины осуществляется термическим разложением, воздействием на нее растворителей, щелочей, кислот, кислых солей сернистой кислоты.

Термическое разложение или пиролиз древесины осуществляется нагреванием древесины при высокой температуре без доступа воздуха. При пиролизе получают твердые, жидкие и газообразные продукты. Из них наибольшее практическое значение имеет древесный уголь.

При помощи растворителей из древесины, предварительно измельченной в щепу, извлекают различные экстрактивные вещества. При экстракции водой получают дубители. Клеящие свойства камеди, извлекаемой водой из древесины лиственниц, используются в полиграфической, текстильной и спичечной промышленности. При экстракции бензином осмола, измельченного в щепу, из древесины извлекают канифоль, которую используют для получения высококачественной бумаги, а также как заменитель жиров в мыловарении, для производства лаков, линолеума, резины, электротехнических и других изделий.

Анализ приведенных способов переработки низкосортного древесного сырья показывает, что для их осуществления может быть использовано лишь такое древесное сырье, которое выдерживает механическое воздействие (пиление, строгание, шлифование и т.п.), термическое воздействие, а также воздействие растворителей (щелочей, кислот и др.). При использовании низкосортного сырья этим требованиям удовлетворяет только свежесрубленная древесина, которая и перерабатывается описанными выше способами.

Древесные отходы сноса зданий в процессе эксплуатации неизбежно подвергались разрушительному воздействию домовых грибов и вредных насекомых, неоднократно производилась окраска деревянных поверхностей масляными красками, покрытие лаками, эмалями и т.п. Для обеспечения биостойкости древесные изделия и плиты обрабатывали антисептиками, для чего использовали вещества, также выделяющие ядовитые пары. Использование же других антисептиков (кремнефтористого или фтористого натрия, селькура ( $\text{C}_{11}\text{SO}_4 \cdot$

5НзО • К2СГ2О7) для древесных плит, в процессе изготовления подвергающихся воздействию высокой температуры и давления, приводит к существующему изменению свойств древесины, а в последующем - и к разрушению.

Такая древесина, подверженная гниению и разрушению, зараженная грибами, должна быть, по возможности в кратчайшие сроки, переработана или уничтожена, так как она начинает быстро разрушаться (гнить), становясь мало-пригодной даже для использования на топливо.

Основной объем древесных отходов сноса образуется в результате сноса пятиэтажных панельных жилых домов, массовое строительство которых приходится на 60-70 годы прошлого столетия. Именно в эти годы был освоен и начался промышленный выпуск древесностружечных и древесноволокнистых плит, а также минераловатных теплоизоляционных изделий для жилого и промышленного строительства.

Чаще всего в качестве связующих веществ при производстве этих изделий использовали синтетические, в основном, фенолформальдегидные и мочевиноформальдегидные смолы. Для ускорения отверждения в эти смолы вводили добавки - отвердители: хлористый аммоний, серноокислый аммоний, щавелевую, уксусную, молочную и др. кислоты в количестве 1-1,5% к весу смолы. Действие этих отвердителей основано на их способности вступать в химическое взаимодействие со свободным формальдегидом смолы с выделением свободной кислоты, которая в момент выделения производит отверждение. С повышением температуры этот процесс ускоряется. Следует заметить, что в условиях промышленного производства плит на мочевиноформальдегидных смолах с отвердителем всегда приходится принимать меры предосторожности для предотвращения преждевременного отверждения связующих веществ. В случае преждевременного отверждения смолы плиты получают с рыхлыми, осыпающимися поверхностями и, следовательно, с пониженной прочностью и повышенной способностью впитывать воду, что резко ухудшает их качественные показате-

ли. Для того, чтобы «затормозить» скорость отверждения карбамидных смол, в них вводят аммиачную воду, уротропин, меламин или смесь этих веществ.

Как видно, технология изготовления древесных плит на карбамидных смолах достаточно сложна, включает использование токсичных веществ. Вместе с тем, благодаря высоким физико-техническим показателям эти древесные плиты в те годы довольно широко применяли в строительстве жилья. Однако в процессе эксплуатации жилого фонда было выявлено наличие в жилых помещениях в значительных количествах вредных токсичных веществ (формальдегида, аммиака, оксида углерода) в результате разложения карбамидных смол. Длительные наблюдения за качеством ДСП ДВП, изготовленных на основе карбамидоформальдегидных смол, показали, что эти изделия являются источником длительной миграции в окружающую среду формальдегида, который отнесен к канцерогенным веществам. Исследования НИИ гигиены имени Эрисмана показали, что миграция формальдегида из ДСП и ДВП продолжается в течение 12 лет. Аналогичные исследования, проведенные токсикологической лабораторией Московского областного центра Государственного санитарно-эпидемиологического надзора, также выявили определенную закономерность выделения формальдегида в окружающую среду, а именно в первые 2-3 месяца после изготовления плит количество формальдегида, мигрирующего из ДСП, превышает ПДК в 165 раз при температуре 20°C и в 300 раз при температуре 40°C. В дальнейшем идет резкое снижение концентраций, но к концу первого года наблюдений происходит стабилизация, когда концентрация формальдегида превышает ПДК от 10 до 25 раз при 20°C и до 65 раз при 40°C.

Кроме того, что формальдегид является канцерогеном, он обладает раздражающим и аллергическим действием. Резко ухудшаются в процессе эксплуатации и физико-технические, прежде всего, прочностные свойства ДСП: предварительные лабораторные исследования по возможности измельчения плит ДСП из отходов сноса показали, что эти плиты рассыпались в пыль при попытке получения из них опилок.

С учетом изложенного можно сделать вывод, что древесные отходы сноса, содержащие большое количество высокотоксичных веществ, а также подверженные грибковым заболеваниям, гниению и разрушению, не могут быть переработаны традиционными для низкосортной древесины способами.

Основную массу древесных отходов, не находящихся технологического применения, в том числе и от сноса ветхого жилья, в России предполагалось также использовать в качестве топлива при прямом сжигании их в топочных устройствах котлоагрегатов. Однако наличие в древесных отходах сноса высокотоксичного формальдегида практически исключает возможность использования этих отходов и в качестве топлива вследствие выделения его вместе с продуктами горения в атмосферу.

### **Технология переработки методом прессования и экструзии**

Замена ДСП существует - это древесно-полимерные композитные материалы (ДКПМ) на основе термопластичных материалов в качестве связующего. В основном используются крупнотоннажные полимеры - термопласты (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид). В качестве исходных дисперсных древесных наполнителей в ДКПМ используют древесную муку, опилки, смесь муки и опилок, стружку и древесные отходы с размером частиц 0,5-0,8 мм. Использование термопластов и их отходов в качестве связующего даст возможность получить плиты, профильно-погонажные, литьевые изделия с более высокими физикомеханическими и потребительскими свойствами.

Из табл.1 и 2 видны преимущества производства изделий из ДКПМ в сравнении с ДСП и пути оптимизации процесса - технологический процесс не требует тщательной подготовки древесного сырья. Стоимость его значительно ниже. Стоимость связующего сравнима по цене. Включение в композицию менее 50% древесного наполнителя приводит к снижению эксплуатационных характеристик и повышению стоимости получаемых изделий, а в количестве более 90% - к резкому падению деформационно-прочностных свойств изделий.

Таблица 1

## Сравнительные показатели физико-механических свойств материалов

| №<br>п<br>п | Показатель                                                | Вдоль<br>волокна          | ДСП<br>гост<br>10632<br>-89   | МДФ           | ДКПМ                        | ДКПМ          |
|-------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
|             |                                                           | Попе-<br>рек во-<br>локна |                               |               | плиты                       | Профи-<br>ли  |
| 1           | Способ получения                                          |                           | прессование                   |               | прессова-<br>ние            | экструзия     |
| 2           | Плотность, кг/м                                           |                           | 550-<br>800                   | 750-<br>950   | 900-1200                    | 1000-<br>1200 |
| 3           | Предел прочности<br>при изгибе, МПа                       | 50-100*                   | 14-18                         | 25-40         | 25-50                       | 18-44         |
|             |                                                           | 1,5-2,0                   |                               |               |                             |               |
| 4           | Предел прочности<br>при растяжении. МПа                   | 70-120                    | 0,35                          | 0,4-0,5       | 8-12                        | 8-10          |
|             |                                                           | 2,7-10,8                  |                               |               |                             |               |
| 5           | Модель упругости<br>при статическом из-<br>гибе, МПа      | 10000-<br>15000           | 1700-<br>4000                 | 1800-<br>2300 | 2000-5000                   | 2000-<br>4000 |
|             |                                                           | 430-<br>600*              |                               |               |                             |               |
| 6           | Удельное сопротив-<br>ление выдергиванию<br>шурупов, Н/мм |                           | 45-60                         | 60-200        | 150-200                     | 150-250       |
| 7           | Разбухание по тол-<br>щине за 24 часа, %                  | 0,1-0,3<br>6-12           | 22-33                         | 20-30         | до 1                        | 1-2           |
| 8           | Влагопоглощение за<br>24 часа, %                          |                           | 15-50                         | -             | до 1                        | 1-3           |
| 9           | Биостойкость                                              |                           | Подвержены би-<br>оразрушению |               | Стойки к биоразру-<br>шению |               |

Сравнительные показатели структуры затрат  
на производство 1 м<sup>3</sup> плит ДСП и плит ДКПМ

| Основные статьи затрат                            | дсп             | ДКПМ                                           |
|---------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------|
|                                                   | % себестоимости | % себестоимости                                |
| Древесное сырье (ГОСТ 23264-78)                   | 24-26           | 7-10<br>(в зависимости от наполнения) (70-90%) |
| Полимерное связующее                              | 30-35           | 20-40<br>(в зависимости от наполнения)         |
| Топливо и электроэнергия на технологические нужды | 10- 15          | 20-25                                          |
| Заработная плата                                  | 7-8             | 7                                              |
| Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования | 16-20           | 5                                              |

Процесс производства ДКПМ менее металлоемок (изготовление плит требует значительно меньше оборудования), поэтому расходы на содержание и эксплуатацию оборудования существенно меньше.

При производстве профильно-погонажных изделий из ДКПМ себестоимость их будет значительно ниже аналогичных из чистой пластмассы, так как снижаются затраты на исходные материалы использования отходов древесины и пластмасс. Аппаратурное оформление процессов практически совпадает. При сравнении профильно-погонажных изделий из ДКПМ с профилями из чистой древесины значительно экономичнее выпускать изделия ДКПМ сложной формы (багет, половая доска), так как их изготовление не требует использование фрезерования, шлифования и т.д., а определяется только формующей оснасткой. Себестоимость их практически сравнима.

## **Технология утилизации древесных отходов сжиганием**

Одним из направлений утилизации малоценной и низкокачественной древесины - вторичного сырья является использование его в качестве топлива в энергетических установках для получения электрической энергии и тепла. В качестве такого топлива могут быть использованы щепа, стружки, опилки влажностью до 35-50%. Сжигание твердого топлива связано с образованием золы, шлака. После сжигания древесных отходов количества золы и шлаков незначительно и зависят от вида топлива и породы дерева. Так после сжигания древесной щепы, стружки и топливных гранул образуется около 1 -2% золы и шлака.

Один из простейших и наиболее эффективных способов подготовки древесных отходов к утилизации - их брикетирование без связующего методом прессования. Изготавливаются брикеты двух видов: топливные и технологические. Брикетирование позволяет в 4-8 раз повысить эффективность использования транспортных емкостей при перевозке отходов, что обеспечено уплотнением в 6-12 раз опилок и стружки - отходов деревообработки.

Топливные брикеты могут использоваться в качестве топлива заводских котельных и ТЭЦ. Комбинированные технологические брикеты, т.е. включающие в себя компоненты для основного производственного процесса, могут поставаться на гидролизные и биохимические предприятия. В условиях постоянного роста цен на энергоносители (каменный уголь, природный газ, нефть) потребность в топливных брикетах станет возрастать. При сгорании теплотворная способность обычных древесных брикетов составляет 4000-4400 ккал/кг.

Лучшее сырье для брикетов - сухие (влажностью 8-18%) мягкие отходы: стружки, опилки, пыль и др. Таким требованиям больше всего отвечают отходы столярно-строительного и мебельного производств.

В табл. 3 приведены сравнительные показатели, получаемые при сжигании различных видов топлива.

## Показатели различных видов топлива

| Вид топлива       | Теплота сгорания, МДж/кг | % серы в дымовых газах | % золы | Содержание CO <sub>2</sub> в дымовых газах, кг/ГДж |
|-------------------|--------------------------|------------------------|--------|----------------------------------------------------|
| Уголь             | 15-25                    | 1-3                    | 10-20  | 60                                                 |
| Мазут             | 42                       | 1,2                    | 1,5    | 78                                                 |
| Брикеты древесные | 15                       | 0                      | 2      | 0                                                  |
| Природный газ     | 36 МДж/м <sup>3</sup>    | 0                      | 0      | 57                                                 |
| Пеллеты           | 17,5                     | 0,1                    | 1      | 0                                                  |
| Щепа              | 10-12                    | 0                      | 2      | 108                                                |

Вместе с тем производство брикетов из древесных отходов сноса, включающих в себя отходы ДВП, ДСП, в настоящее время не представляется возможным из-за экологических ограничений по содержанию диоксидов.

Российскими учеными (в Институте проблем химической физики РАН) разработан эффективный метод термической переработки древесных отходов, основанный на использовании нового физического явления - фильтрационного горения в сверхadiaбатических режимах, при которых температура в зоне реакции значительно превышает температуру горения. Технология, основанная на этом методе, представляет интерес для утилизации древесных отходов с высокой энергетической эффективностью и относительно невысокими затратами.

Данные технологии термической переработки основаны на двухэтапной схеме. На первой стадии перерабатываемый материал подвергается паровоздушной газификации в сверхadiaбатическом режиме горения. Получаемый при этом энергетический продукт - газ, содержащий водород H<sub>2</sub>, окись углерода CO и углеводороды или другие органические соединения, сжигаются на второй

стадии в обычных устройствах (например, паровых или водогрейных котлах) с получением тепловой и электрической энергии.

Газификацию осуществляют в реакторе-газификаторе шахтного типа. Особенностью данного процесса является то, что при горении тепло не выводится из реактора (твердые и газообразные продукты выходят из реактора при сравнительно низких температурах), а концентрируется в зоне газификации и используется на получении водорода из воды и частично окиси углерода из угле-содержащих соединений.

Основные преимущества этого метода: высокий энергетический КПД; низкий вынос пылевых частиц; меньшее по сравнению с обычными технологиями количество окислов азота в дымовых газах.

При утилизации древесных отходов большой интерес представляет утилизация по так называемой холодной или сухой технологии, позволяющей избежать вредных выделений при переработке материалов и изготовлении тепло-изоляционных и конструкционных изделий.

Такие изделия были получены при разработке новых композитов на минеральном и, в частности, цементном вяжущем. При этом в качестве древесного заполнителя можно использовать не деловую древесину, отходы лесозаготовок, отходы производства в виде щепы, стружки, опилок, а также отходы сельскохозяйственного производства. К таким материалам относится арболит, фибролит, опилкобетон.

При изготовлении, например, фибролита требуется специально подготовленные древесные отходы длиной не менее 50 см. Для арболита (ГОСТ 19222-84) можно применять практически все виды отходов деревообработки, поэтому он нашел широкое применение в качестве теплоизоляционного материала в ограждающих конструкциях.

Все описанные технологии получения материалов с древесным заполнителем предполагают смешивание дисперсных древесных отходов с вяжущим веществом и последующим формованием изделий из таких смесей вибропрессо-

ванием или литьем. В этих случаях поверхность древесных частиц отходов сноса, содержащих вредные токсичные материалы, контактирует непосредственно с камнем, образованным тем или иным вяжущим веществом. В процессе эксплуатации таких изделий вредные вещества свободно мигрируют по всему объему камня, образованного вяжущим, и могут свободно выходить в окружающую среду, особенно активно в процессе увлажнения, высушивания изделий во время эксплуатации.

Разработан новый технологический прием, заключающийся введением новой операции -капсулирование древесных частиц различными вяжущими веществами. В этом случае каждая древесная частица, содержащая токсичные реагенты покрывается защитной оболочкой капсулой, изолирующей ее от массообмена с окружающей средой. При этом такая защитная оболочка выполняет двойную функцию:

- во-первых, она предотвращает миграцию токсичных веществ внутри древесных частиц;
- во-вторых, существенно снижает влагопоглощаемость таких частиц, в результате запираания адсорбционных каналов между волокнами древесных частиц.

Капсулированные частицы древесины являются более родственными компонентами соответствующих смесей с вяжущими веществами в процессе дальнейшего формирования строительных изделий.

Капсуляция древесных частиц отходов сноса позволяет увеличить объем древесного заполнителя в общей массе на 15-20%, что благоприятно сказывается на объеме и себестоимости.

К преимуществам разработанного материала по сравнению с аналогичными материалами и цементным вяжущим относятся:

- увеличение объема вводимого древесного заполнителя за счет использования механо-активированного цемента до 40% (у арболита 25-30%);
- сохранение высоких прочностных показателей;

- отсутствие дополнительных добавок, снижающих воздействие щелочей на древесину, что удешевляет композицию;
- предварительная капсуляция древесины, обеспечивает возможность использования гнили, окрашенной древесины, ДСП и т.д. в качестве заполнителя;
- отсутствие вредных выделений в процессе изготовления и эксплуатации изделий;
- более низкой себестоимости по сравнению с аналогичными материалами.

Таблица 4

Сравнительные показатели теплоизоляционных материалов

| Материал                    | Теплопроводность<br>ккал/м • час • °С | Прочность<br>кг/см <sup>2</sup> | Плотность,<br>кг/м <sup>3</sup> |
|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Арболит                     | 0,060-0,110                           | 7-35                            | 400-800                         |
| Керамзитобетон              | 0.050-0.065                           | 5-30                            | 250-600                         |
| Минераловатная<br>плита ППЖ | 0,036-0,060                           | 0,075                           | 75-300                          |
| Пенопласт                   | 0,028-0.030                           | 3-15                            | 60-200                          |
| Материал ИМЭТ               | 0,060-0,110                           | 25-50                           | 300-600                         |

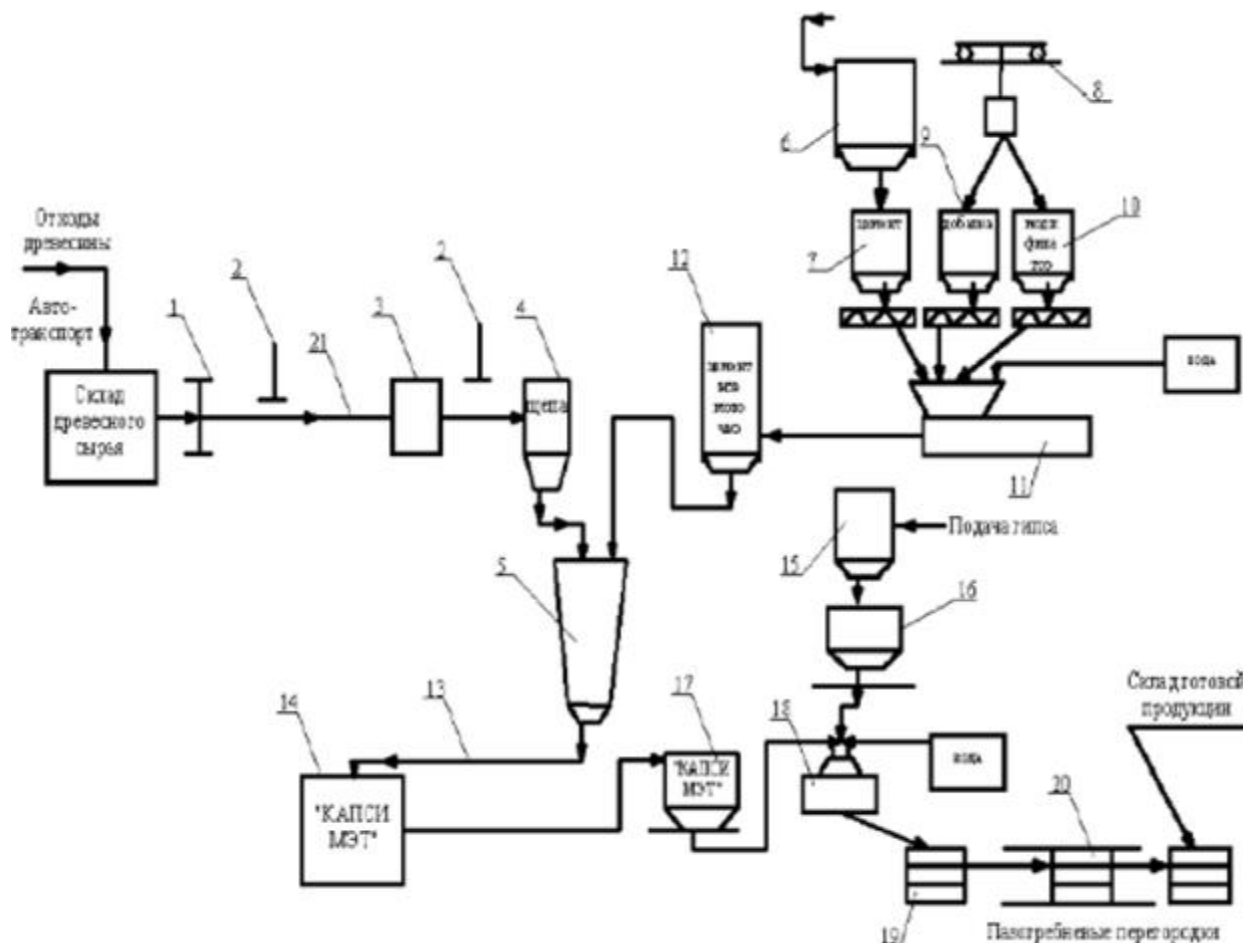


Рис. 1. Технологическая схема производства капсулированных отходов древесины и изделий на его основе

Производство по переработке древесных отходов состоит из следующих технологических участков:

- отделение по подготовке древесных отходов;
- отделение по приготoвлению капсулирующего раствора (цементного молочка);
- отделение получения капсулята;
- отделение производства изделий с использованием капсулированных древесных отходов.

Строительные материалы и изделия из переработанных древесных отходов подразделяются на две группы:

- I группа - конструкционно-теплоизоляционные;
- II группа - отделочные.

Группу конструкционно-теплоизоляционных изделий составляют арболит, гипсоопилочные блоки, опилкобетон, стеклодревесные панели, щиты полов, волнистый кровельный материал и др., используемые для возведения стен, перегородок, полов и кровли.

В качестве вяжущих веществ в производстве арболитовых изделий применяют портландцемент, каустический магнезит и доломит, известковое вяжущее.

С целью ускорения твердения цемента, а также нейтрализации вредных цементных ядов в технологии производства арболита необходимо введение некоторых химических добавок (минерализаторов). К ним относятся: хлористый кальций, стекло, сернокислый глинозем.

Наиболее полное представление об эффективности производства и применения строительных конструкций из этого материала может дать сравнительная оценка технических вариантов методом соизмерения капитальных вложений и себестоимости с учетом затрат на производство, транспорт и монтаж

Группу отделочных материалов и изделий образуют волокнистостружечные плиты, вибролит, тырсолит и др., применяемые для отделки стен и потолков, изготовления встроенной мебели.

Арболит это легкий бетон, полученный из древесного заполнителя и цементного вяжущего. Как строительный материал арболит характеризуется коэффициентом теплопроводности, влагопоглощением и набуханием в воде. Коэффициент теплопроводности арболита в зависимости от марки колеблется в пределах от 0,081 до 0,294 Вт/мК (при 20°C). Влагопоглощение арболита на древесной дробленке составляет 40%. Способность арболита к набуханию не позволяет рекомендовать его для применения в сырых помещениях без облицовки или гидроизоляции. Наиболее подходящим сырьем для изготовления арболита являются измельченные отходы порубок (сучья, ветви, вершины). Предпочтительным периодом заготовки древесины для получения арболита является зимний. Содержание коры, хвои, мелочи, пыли в составе древесного заполнителя должно быть в пределах допускаемой нормы. В качестве вяжущих

веществ для изготовления арболита применяют портландцемент, каустический магнезит и доломит, белито-шламовый цемент.

Аналогами арболита являются бунгалит, бризолит, опилкобетон и т.д.

Все эти материалы изготавливают по аналогичной технологии, меняется лишь вид вяжущих и соотношение компонентов.

Технологический процесс производства арболитовых изделий включает следующие стадии: подготовку древесного сырья, состоящую в измельчении древесины (получение дробленки), минерализации дробленки растворами химикатов, дозирование материалов, составляющих арболитовую смесь; смешивание компонентов в смесительных аппаратах, формование изделий, твердение изделий и дальнейшую их выдержку в теплом помещении; приемку готовых изделий и хранение на складе.

Фибролитовые плиты изготавливают из смеси специально нарезанной древесной стружки, портландцемента, химических добавок и воды. Применяют их в качестве теплоизоляционного, конструкционно-теплоизоляционного и акустического материала в строительных конструкциях зданий и сооружений с относительной влажностью воздуха в помещении не выше 75%. Фибролитовые плиты относятся к трудно сгораемым и биостойким материалам.

Основной характеристикой цементного фибролита является средняя плотность. По этому показателю он делится на три марки: Ф-300, Ф-400 и Ф-500.

В зависимости от назначения фибролитовые плиты подразделяются на марки:

Ф-300 - используются в качестве теплоизоляционных материалов;

Ф-400 - теплоизоляционно-конструкционных и звукоизоляционных;

Ф-500 - конструкционно-теплоизоляционных и звукоизоляционных.

Для производства фибролитовых плит должны применяться портландцемент не ниже М400, древесная стружка из древесины хвойных пород (ель, сосна, пихта), химические добавки (хлористый кальций, жидкое стекло, известь,

сернокислый алюминий). Фибролитовые плиты изготавливают следующих видов: теплоизоляционные, конструкционные, конструктивные и акустические.

Акустические цементно-фибролитовые плиты толщиной 35 мм как отделочный материал применяют в помещениях производственных и общественных зданий, где требуется специальная звукоизоляция (здания аэропортов, помещения машиносчетных станций, фойе театров, кинотеатров, кафе, рестораны и т.п.).

За последнее десятилетие в строительной практике большое применение нашли крупногабаритные листовые конструктивно-отделочные плитные материалы ДСП, ДВП, асбестоцементные. Цементно-стружечные плиты (ЦСП) выгодно отличаются от них своими физикомеханическими и строительными свойствами.

Плиты ЦСП новый конструктивный листовой материал, обладающий рядом свойств основных компонентов цемента и древесины: высокой прочностью, влагостойкостью, трудной сгораемостью, биостойкостью, отсутствием токсичности, легкостью обработки. Эти свойства позволяют использовать ЦСП в качестве обшивки ограждающих конструкций (плит покрытий и перекрытий, панелей стен и перегородок) взамен традиционных листовых материалов - асбоцемента, фанеры, древесных плит. Они могут быть применены также в качестве материала для огнестойких дверей, потолочной облицовки и подвесных потолков, для элементов фронтонов крыш, полов и вентиляционных каналов.

С целью нейтрализации экстрактивных веществ древесины и снижения их отрицательного воздействия на процессы твердения цемента был изучен ряд химических добавок. Наилучшие результаты исследований получены при использовании двух комплексных химических добавок: сернокислого оксидного железа + хлорид кальция + известь.

На основе проведенных работ был рекомендован технический регламент изготовления ЦСП. Состав цементно-стружечной смеси, кг/м<sup>3</sup>: древесная стружка в абсолютно сухом состоянии - 250; портландцемент М500 - 750; хими-

ческие добавки - 65; вода - 400. При этом составе средняя плотность ЦСП в сухом состоянии составляет 1185 кг/м<sup>3</sup>, при отпускной влажности - 1320 кг/м<sup>3</sup>.

Процесс производства ЦСП складывается из следующих технологических переделов: нарезание стружки; гомогенизация стружки в дробилках; приготовление цементностружечной смеси; фракционирование стружки, формование пакетов плит; прессование, отверждение плит, созревание, кондиционирование, конечная отделка (шлифование, отделка поверхностей лакокрасочными материалами).

В настоящее время развивается новое направление получения конструкционно-теплоизоляционных материалов на основе минеральных вяжущих и широкой гаммы заполнителей с улучшенными строительно-техническими и экономическими показателями «КАПСИМЭТ», который формируется за счет омоноличивания сферических частиц (оптимальный размер 10-20 мм) в непрерывную структуру путем склеивания контактных участков поверхностей гранул. Склеивающее вещество наносится на поверхность сферических частиц путем интенсивной обработки в специальных машинах - капсуляторах.

Структура «КАПСИМЭТ» напоминает плотную пространственную шаровую упаковку. Несущими частицами могут служить любые сферические или близкие к ним частички (керамзит, гранулы пенополистирола, агломерированные глины, золы, шлак, природный щебень, дробленая пемза и т.п.), в качестве связующего может применяться цемент, жидкое стекло, битум, смола и др. Возможно получение крупнопористого тяжелого бетона за счет капсулирования щебня цементным раствором. В настоящее время наиболее перспективным является применение «КАПСИМЭТ» для возведения однослойных ограждающих конструкций и утепления кровель.

Основные достоинства материала и технологии «КАПСИМЭТ»:

- эффективное решение проблемы теплоизоляции стен и кровли;
- снижение стоимости ограждающих конструкций на 25-30%;

- сокращение сроков строительства коробки дома площадью 200-250 м<sup>2</sup> до 7-15 суток при поточном строительстве поселков;
- снижение общей массы здания на 30-50% и уменьшение давления на фундамент;
- низкий расход вяжущего (до 10-120 кг/м<sup>3</sup>);
- возможность использования местного строительного сырья и отходов, в том числе и древесных отходов различного вида и состояния;
- быстрое твердение и снижение требований к опалубке;
- высокие эксплуатационные характеристики домов (экологическая чистота, пожаробезопасность, комфортность, получение вентилируемых теплых стен и ограждающих конструкций);
- обеспечение двойной защиты от токсичности заполнителя.

### **Практическая часть**

1. Капсуляция древесных частиц отходов сноса позволяет увеличить объем древесного заполнителя в общей массе на
  - (?) 5-10%
  - (?) 10-15%
  - (!) 15-20%
  - (?) 20-25%
2. С какой относительной влажностью воздуха в помещении применяют фибролитовые плиты?
  - (!) не выше 75%
  - (?) не выше 85%
  - (?) выше 75%
  - (?) выше 85%
3. Какой материал не является аналогом арболита?

- (!) бентонит
- (?) бунгалит
- (?) бризолит
- (?) опилкобетон

4. Какой технологический передел не входит в процесс производства ЦСП?

- (?) нарезание стружки
- (?) гомогенизация стружки в дробилках
- (?) фракционирование стружки
- (!) выдерживание в сушилке

5. Термическое разложение древесины, которое осуществляется нагреванием древесины при высокой температуре без доступа воздуха, называется

- (?) сжигание
- (!) пиролиз
- (?) капсулирование
- (?) брекотирование

6. По какой технологии значительно экономичнее выпускать профильно-погонажные изделия с профилями сложной формы?

- (!) из ДКПМ
- (?) из чистой древесины
- (?) из ДСП
- (?) из ДВП

7. После сжигания древесной щепы, стружки и топливных гранул образуется золы и шлака?

- (!) 1-2%

(?) 3-4%

(?) 5-6%

(?) 7-8%