

Раздел 1. Древесина и пластмассы - конструкционные строительные материалы.

1.1 Область применения и перспективы развития конструкций из дерева и пластмасс в строительстве.

Ценные строительные свойства древесины определяют и области ее эффективного использования. Малая плотность сухой древесины при сравнительно большой прочности и жесткости ее (вдоль волокон) делает целесообразным применение деревянных конструкций в покрытиях общественных, промышленных и сельскохозяйственных зданий, поскольку в них наряду с наиболее полным использованием лучших конструктивных свойств сухой древесины легче всего осуществить конструктивные меры борьбы с гниением. В ограждающих частях отапливаемых зданий при этом хорошо используется малая теплопроводность сухой древесины поперек волокон. Химическая стойкость сухой древесины оправдывает преимущественное применение безметалльных и особенно клееных деревянных конструкций для покрытия сухих химических цехов и складов. Применение деревянных конструкций целесообразно в однопролетных покрытиях одноэтажных зданий: зрелищных зданиях (рис. 1.1-1.6).

Промышленных зданиях.



Рис. 1.1. Промышленное здание в Нидеркрюхтене

Общественных зданиях.



Рис. 1.2. Кафетерий в Зиндельфингене

Спортивных сооружений.

Сельскохозяйственных объектах.



Рис. 1.3. Ледовый дворец в Зонтхофене



Рис. 1.4. Склад для хранения зерна

Здания с особыми требованиями.



Рис. 1.5. Склад калийных солей Санкт-Петербургского морского порта и т.д.

Объекты транспортного строительства.



Рис. 1.6. Моста над дорогой в Нидерландах

Разработанные новые высокоэффективные способы защиты древесины от гниения позволяют применять деревянные конструкции и в сооружениях, не защищенных от атмосферного увлажнения - в мостах и эстакадах, мачтах и башнях различного назначения.

Доступность заготовки и первичной обработки древесины местных лесов с применением подвижных средств механизации и возможность сборки и возведения деревянных конструкций в любое время года, а также эффективность повторного использования легких, транспортабельных деревянных блоков и клефанерных щитов для сборно-разборных

деревянных конструкций определяют целесообразность их применения во временных и вспомогательных сооружениях и легких зданиях инвентарного типа, использование которых особенно эффективно в условиях Крайнего Севера и в других труднодоступных районах страны.

Конструкции из различных материалов - дерева, металла, железобетона - должны не противопоставляться друг другу, а применяться в сочетаниях, обеспечивающих наиболее эффективное использование в строительстве свойств, присущих каждому из материалов.

Дальнейшее прогрессивное развитие производственной базы заводского изготовления деревянных строительных конструкций должно быть ориентировано на повышение их эксплуатационных качеств и капитальности, на ускорение процессов заводского изготовления укрупненных элементов сборных сооружений, а так же на стадии строительства при монтаже конструкций из дерева и пластмасс.

Конструкции с применением пластмасс.

Применение пластмасс в строительных конструкциях при увеличении выпуска пластических масс и синтетических смол рационально с технической и экономической точек зрения в случаях, когда необходимо:

- а) уменьшить вес конструкций;
- б) сократить объем транспортных и монтажных работ (при строительстве в отдаленных и труднодоступных районах);
- в) уменьшить мощность подъемно-транспортного оборудования;
- г) повысить надежность зданий и сооружений;
- д) применить безметалльные конструкции (в условиях воздействия агрессивной среды, а также когда требуется исключить влияние магнитных свойств строительных конструкций и возможность искрообразования).

Важной задачей дальнейшего развития строительных конструкций с применением пластмасс является продолжение исследований физических и механических свойств конструкционных пластмасс и композиционных материалов с целью их улучшения - повышения долговечности (защиты от

старения), прочности и деформативности, теплостойкости и огнестойкости, уменьшения ползучести и т. д.

Целесообразными с технической и экономической точек зрения конструктивными формами применения пластмасс в ближайшие годы будут панели стен и малопролетных покрытий, пространственные конструкции из сборных элементов, в том числе в светопрозрачных решениях. Нередко бывает оправдано комплексное решение трехслойных панелей и плит из пластмасс в сочетании с другими материалами (для обшивок) - фанерой, асбестоцементом и т.п. Широкое применение найдут пневматические конструкции, позволяющие перекрывать пролеты более 100 м при малом расходе синтетических материалов.

Необходимо продолжать экспериментальное проектирование и строительство объектов с применением конструкций перечисленных видов, налаживать и развивать заводское производство конструкций с использованием пластмасс, работать над их типизацией и стандартизацией. В строительную практику необходимо внедрять прогрессивные деревянные конструкции заводского изготовления; следует использовать отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности.

1.2. Материалы для конструкций из дерева и пластмасс. Древесные породы.

Для КДиП применяют древесину хвойных и лиственных пород в виде круглого леса:



пиломатериалов:



дощатоклеенных элементов:



пластмассы (стеклопластики):



древесных плит:



фанеры:



и, водостойкие клеи, металлические изделия, комбинированные декоративные и огне-, био-, влагозащитные покрытия.

Древесина хвойных пород применяется для изготовления цельнодеревянных и клееных конструкций. К хвойным породам относятся сосна, ель, лиственница, кедр, пихта. Древесина лиственных пород применяется для изготовления деревянных деталей (нагелей, опорных и упорных подушек из древесины твердых пород, столярных изделий), в слабонапряженных зонах клееных элементов деревянных конструкций, в конструкциях временных зданий и сооружений. К лиственным породам, применяемым в строительстве, относятся твердые - дуб, береза, бук, а также мягкие - ольха, осина, тополь.

К металлическим изделиям относятся стальные элементы, которые следует применять в качестве связей в соединениях, а также для работающих на растяжение конструктивных элементов в соответствии с главой СНиП по проектированию металлических конструкций и арматурные стали в соответствии с СП по проектированию железобетонных конструкций. Для

специальных сооружений, а также для эксплуатации в условиях агрессивной среды следует использовать алюминиевый сплав Д16-Т по ГОСТ 21488 и конструкционные пластмассы.

Российская федерация - богатая лесом страна. Основные лесные ресурсы РФ сосредоточены в Сибири и на Дальнем Востоке. Преобладающими породами являются хвойные: лиственница 37 %, сосна 19%, ель и пихта 20%, кедр 8 %. Запасы березы, являющейся основным сырьем для фанерной промышленности, составляют около 13%.

1.3 Пороки древесины. Требования к качеству лесоматериалов и пиломатериалов.

К порокам древесины относятся сучки, косослой, трещины, пороки формы ствола, гнили, червоточины, грибные окраски и т.п.



Рис. 1.7. Основные пороки в древесине

В государственном стандарте ГОСТ 2140 «Пороки древесины» представлена классификация пороков древесины, даны основные термины и определения, представлены способы измерения пороков.

Лесоматериалы разделяются на сорта в зависимости от величины и вида пороков. К древесине для деревянных конструкций кроме требований ГОСТ 8486 на пиломатериалы хвойных пород и ГОСТ 9463 на круглые лесоматериалы предъявляются следующие дополнительные требования, указанные в СП 64.13330.2017:

а) ширина годичных слоев в древесине должна быть не более 5 мм, а содержание в них поздней древесины не менее 20 %;

б) в заготовках из пиломатериалов 1-го и 2-го сортов для крайней растянутой зоны (на 0,15 высоты сечения) клееных изгибаемых элементов и в досках 1-3-го сортов толщиной 60 мм и менее, работающих на ребро при изгибе или на растяжение, не допускается сердцевина.

Пороки по-разному сказываются при работе на растяжение, сжатие и изгиб, скалывание и смятие. Ограничение пороков связано с напряженным состоянием и видом работы элемента в конструкции.

1.3 Виды пластмасс и древесных пластиков, применяемых для строительных несущих и ограждающих конструкций.

Полимеры, являющиеся основой пластмасс, представляют собой высокомолекулярные соединения, молекулы которых состоят из многих элементарных звеньев одинаковой структуры.

Название полимера образуется обычно от названия того мономера, из которого он был получен. Так, например, полиэтилен получают из этилена, поливинилхлорид - из винилхлорида, полистирол - из стирола и т.д. Иногда название полимера образуется в зависимости от вида реакционных химических групп, соединяющих молекулы мономеров, - полиамиды, полиэферы и т. д.

Пластмассы могут состоять из одного полимера или содержать кроме полимера некоторые вспомогательные вещества, придающие им определенные свойства.

Все синтетические полимеры делятся на два основных больших класса - полимеризационные и поликонденсационные.

Полимеризация - это соединение большого числа молекул мономера одного и того же вещества в одну большую макромолекулу. Этот процесс протекает обычно при определенной температуре и давлении без выделения каких-либо низкомолекулярных веществ. При полимеризации химический состав полимера соответствует химическому составу исходного мономера.

Поликонденсация представляет собой химический процесс получения высокомолекулярных соединений из мономеров различных исходных веществ, сопровождающийся выделением побочных продуктов (воды, спирта и др.).

Часто для получения материалов со специальными свойствами в качестве исходного продукта берут несколько различных по составу мономеров в определенных пропорциях. В этом случае процесс полимеризации называется сополимеризацией, а готовый продукт - сополимером. Соплимеры обладают новыми свойствами, отличающимися от свойств исходных мономеров.

В зависимости от поведения связующего (смолы) при нагревании пластические массы делятся на две группы- термопластические и термореактивные.

Полимеры, получаемые полимеризацией, чаще всего являются термопластичными материалами. К последним относятся пластические массы (термопласты), полученные на основе поливинилхлорида, полиэтилена, полистирола, полиуретана, полиамидных, акриловых и других термопластичных смол, которые при нагревании размягчаются и становятся пластичными, а при охлаждении снова отвердевают.

К термореактивным пластмассам (реактопластам) относятся материалы на основе фенолоформальдегидных, полиэфирных, эпоксидных, карбамидных и других термореактивных синтетических смол, которые, будучи отформованы в процессе изготовления, переходят в неплавкое, нерастворимое состояние.

Нашей промышленностью вырабатываются пластмассы и смолы многих видов, но в строительстве применяются только некоторые из них.

Пластмассы могут быть неоднородными, состоящими из главного компонента - связующего вещества (смолы) и технологических добавок: пластификаторов, наполнителей, стабилизаторов, антистатиков, красителей,

инициаторов, порообразователей и др., и однородными, к которым относятся, например, полиэтилен, полиметилметакрилат и др.

Связующие вещества (смолы). Для конструкций и изделий строительного назначения в основном применяют полиэфирные, фенолоформальдегидные, эпоксидные, мочевино- и меламино-формальдегидные и кремнийорганические смолы.

Полиэфирные смолы относятся к числу термореактивных материалов и обладают весьма ценными свойствами; небольшой вязкостью, способностью к отверждению при повышенной и комнатной температурах без выделения летучих продуктов, хорошими механическими показателями в отвержденном состоянии и высокой стойкостью к воздействию воды, кислот, бензина, масел и других веществ.

Для отверждения полиэфирных смол чаще всего применяют инициатор - гидроперекись изопропилбензола (гипериз) и ускоритель-10%- ный раствор нафтената кобальта в стироле. Отверждение полиэфирных смол сопровождается выделением большого количества тепла, увеличением \плотности и уменьшением объема смолы.

В строительстве наибольшее применение находят полиэфирные смолы марок ПН-1, ПН-2, ПН-3, НП-4, ПН-1С, ПН-6 и др. Смолы ПН-1 и ПН-2 используют главным образом при изготовлении крупногабаритных изделий из стеклопластиков контактным методом, намоткой, вакуум -формованием, прессованием и др. Они применяются там, где не требуются высокая стойкость, специальные оптические и другие специфические свойства. Эти смолы дешевы и изготавливаются как правило из наиболее доступного сырья.

Смолы ПН-3 и ПН-4 характеризуются повышенной теплостойкостью 150-170 °С. Их применяют главным образом в качестве связующих для стеклопластиков, эксплуатируемых при повышенных температурах.

Смолы ПН-1С и ПН-6 относятся к самозатухающим. Для придания смолам способности к самозатуханию в их состав вводят 25-28 % хлора. При

введении в смолы небольшого количества трехокиси сурьмы содержание в них хлора может быть существенно уменьшено.

Для светопроницаемых стеклопластиков рекомендуется применять полиэфирные смолы марок ПНМ-2, ПН-1М и ПНМ-8, которые пропускают до 90 % дневного света и до 75 % ультрафиолетовых лучей.

Фенолоформальдегидные смолы представляют собой продукт конденсации фенола и формальдегида в присутствии катализаторов. В них сочетаются такие необходимые свойства для стеклопластиков, как термостойкость, высокая механическая прочность и сравнительно хорошая адгезия к стеклянному волокну. Фенолоформальдегидные смолы имеют также высокую адгезию к целлюлозосодержащим материалам (древесине, бумаге), что позволяет широко использовать их при производстве древесных и бумажных пластиков, фанеры, клееной древесины и т. д.

При нагревании эти смолы быстро отвердевают и переходят в твердое, неплавкое состояние. Отвержденные смолы имеют высокие физико-механические и диэлектрические свойства, не растворяются в продуктах нефтепереработки и органических растворителях и стойки к действию слабокислых сред.

При отверждении фенолоформальдегидных смол выделяются летучие вещества и вода. Ввиду большой скорости процесса отверждения летучие вещества и вода не успевают полностью удалиться из смолы, что может быть причиной появления вздутий, трещин и рыхлых поверхностей в готовых изделиях. Чтобы избежать этого, при формовании изделий из стеклопластиков создают относительно высокие давления, превышающие давления, создаваемые летучими веществами при отверждении смолы.

Эпоксидные смолы получают при взаимодействии многоатомных фенолов (дифенолопропан и др.) с веществами, содержащими эпоксидную группу (например, эпихлоргидрином). После введения отвердителя эпоксидные смолы становятся неплавкими, нерастворимыми продуктами, обладающими сетчатой трехмерной структурой. В качестве отвердителей

чаще всего используют ангидриды кислот или полиамины, например полиэтиленполиамин.

Отвержденные эпоксидные смолы обладают ценными технологическими свойствами и высокими физико-механическими показателями. Изделия, изготовленные из них, бензо-, масло- и водостойкие. Эпоксидные смолы в отличие от многих других полимерных материалов отвердевают с минимальной усадкой без выделения побочных продуктов и обладают высокой адгезией к большому числу материалов. Эти смолы используют как связующие при изготовлении стеклопластиков и прессовочных композиций, для изготовления различной технологической оснастки, в качестве клеев, герметиков, коррозионно- и водостойких покрытий, обладающих хорошей атмосферо- и светостойкостью.

В последнее время широко применяют эпоксидные смолы, модифицированные различными продуктами, например фурановыми, фенолоформальдегидными, полиэфирными и другими смолами.

Мочевино- и меламинаформальдегидные смолы.

Мочевиноформальдегидные (карбамидные) смолы получают конденсацией мочевины с формальдегидом в слабощелочной или нейтральной среде. Отверждение этих смол происходит под действием органических кислот, кислых солей и эфиров. Мочевиноформальдегидные смолы растворимы в воде, но не растворяются в обычных органических растворителях. Будучи отвержденными, они практически ни в чем нерастворимы.

Меламинаформальдегидные смолы получают конденсацией меламина с формальдегидом. Находят применение также смешанные меламина- и мочевиноформальдегидные смолы с различными соотношениями меламина и мочевины.

Карбамидные смолы бесцветны, обладают достаточно высокой теплостойкостью и светостойкостью. Они широко используются в качестве связующего в пресс - порошках, применяемых для изготовления

строительных деталей, в качестве клеев для соединения и пропитки тканей и т. д. На основе мочевиноформальдегидных смол получают пористый материал (мипору), имеющий высокие теплозвукоизоляционные показатели и малую плотность.

Кремнийорганические смолы относятся к особому классу высокомолекулярных соединений. В своем составе наряду с органической частью они содержат неорганическое вещество - кремний. Кремнийорганические полимеры обладают повышенной атмосферо- и светостойкостью.

В строительстве кремнийорганические смолы применяют в качестве лаков, эмалей, красок, а также для придания гидрофобных (водоотталкивающих) свойств поверхности пористых материалов (мрамору, тканям, бумаге и т. п.).

Наполнители уменьшают расход связующего, что снижает стоимость готового изделия, предотвращают усадку при отверждении, придают высокую механическую прочность и т. д. В качестве твердых наполнителей применяют непрерывное и рубленое стекловолокно, стеклоткань, асбестовое волокно, древесную стружку, опилки, тальк.

Пластификаторы снижают хрупкость пластмасс, увеличивают гибкость, эластичность и относительное удлинение, а также повышают морозостойкость материала. Кроме того, они улучшают условия переработки пластмасс. Для придания полимеру комплекса нужных свойств применяют смеси пластификаторов, чаще всего такие, как трибутилфосфат, дибутилфталат, трикрезилфосфат и др.

Стабилизаторы способствуют сохранению физико-механических свойств пластмасс во времени и снижают скорость процессов деструкции (разложения) материалов под влиянием атмосферных условий, повышенных температур, света и микробиологической коррозии.

По характеру действия стабилизаторы делятся на антиоксиданты или термостабилизаторы (против термоокислительной деструкции) и светостабилизаторы (против фотолиза и фотоокисления).

Антистатика уменьшают электризацию полимерных материалов в процессе их переработки и эксплуатации изделий из них. Способность полимерных материалов накапливать заряды статического электричества объясняется тем, что по своим свойствам многие из этих материалов (полнолефины, полистирольные пластики, поливинилхлорид и др.) являются диэлектриками, т.е. обладают значительным удельным поверхностным и объемным электрическим сопротивлением, а следовательно, и ничтожно малой проводимостью.

В качестве антистатика для пластмасс применяют поверхностно-активные вещества и электропроводящие наполнители (сажа, графит, порошки металлов).

В строительстве наибольшее применение нашли стеклопластики и древесные пластики. Стеклопластики представляют собой пластмассы, состоящие из стеклянного наполнителя и связующего. В качестве последнего используют обычно ненасыщенные полиэфирные, эпоксидные и фенолоформальдегидные смолы, а также некоторые термопласты. Наполнители в настоящее время используются главным образом стекловолокнистые, свойствами которых во многом определяются физико-механические характеристики стеклопластиков.

Стекловолоконное является для стеклопластика своеобразной арматурой подобно металлу в железобетоне. Смола выполняет роль связующего и в то же время защищает стеклянные волокна от влияния внешней среды и способствует равномерному распределению усилий, возникающих в них.

Прочность щелочного стекловолокна ниже прочности малощелочного и в значительно большей степени снижается при увлажнении. В связи с этим для изготовления стеклопластиков применяют малощелочное стекловолокно.

Стекловолоконное волокно имеет все положительные качества, присущие стеклу - негорючесть, высокую теплостойкость, плотность, прозрачность, а также хорошие механические показатели. Так, прочность малощелочного волокна диаметром 6 мк превышает 2 ГПа, а модуль упругости достигает 70 ГПа.

Непрерывные волокна, приобретают новые качества, наиболее важные из которых гибкость и высокая прочность при растяжении.

На основе первичных нитей производят пресс-материалы типа АГ-4С (ЛОС, АГ-4нС), а также СВМ (в последнем случае выработка первичной нити совмещается с получением композиционного материала). Первичные нити служат исходным сырьем для получения также крученых нитей, стекложгутов и стеклохолстов (стекломатов).

Тканые стекловолоконные материалы благодаря их хорошим технологическим свойствам широко используются в производстве изделий из стеклопластиков. Композиции на основе стеклотканей и связующих называются стеклотекстолитами.

Пресс-материалы. Принцип получения стеклопластикового пресс-материала состоит в совмещении различными способами связующего и стекловолоконного наполнителя, в результате чего образуется композиция, удобная для дальнейшей переработки в изделие методом прямого или литьевого прессования.

Пресс-материалы типа СВМ. Стекловолоконный анизотропный материал (СВМ), являющийся одним из первых отечественных стеклопластиков, получают непосредственно при выработке первичной стеклонити, применяя связующее в качестве замасливателя.

Пресс-материалы типа АГ-4С представляют собой однонаправленную ленту, получаемую на основе крученых стеклянных нитей и анилино-фенолоформальдегидной смолы, модифицированной бутваром (Р-2М).

В последние годы начали выпускать пресс-материал типа АГ-4нС, отличающийся от материала АГ-4С видом наполнителя. В качестве

наполнителя здесь используют первичные стеклянные нити номера 22-24 м/г (диаметр элементарного волокна 9-11 мк). Физико-механические свойства пресс-материала типа АГ-4НС несколько выше, чем у материала типа АГ-4С; кроме того, он дешевле последнего.

В отличие от пресс-материалов типа АГ-4С на основе крученых нитей ленточные пресс-материалы на основе первичных нитей иногда называют ЛОС (лента однонаправленная стеклянная).

Пресс-материалы типа АГ-4В представляют собой стекловолокнит, получаемый на основе срезов первичной стеклонити и смолы Р-2М. Пресс-материал типа АГ-4В поставляют в виде волокнистой массы или в таблетированном виде. Подобным образом готовят волокниты других типов на основе различных связующих. Режимы прессования определяют заранее в зависимости от вида и толщины изделия.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что использование стеклопластиков в строительстве имеет немало технико-экономических преимуществ, благодаря которым они используются в строительстве главным образом в виде ограждающих конструкций (стеновые и кровельные панели), несущих строительных конструкций, архитектурно-строительных деталей и изделий, санитарно-технических изделий, декоративно-облицовочных материалов, арматуры и опалубки для бетонных конструкций.

В качестве ограждающих конструкций из листовых стеклопластиков наибольшее применение нашли плоские и волнистые полиэфирные стеклопластики, бесцветные или окрашенные в различные цвета. Такие материалы используются в большинстве случаев для покрытия промышленных зданий и сооружений.

Большое распространение в промышленном строительстве индустриальных районов, где такие материалы, как листовая сталь или асбестоцементные листы, быстро подвергаются коррозии и разрушаются вследствие влияния агрессивных газов, получают кровельные стеклопластиковые материалы.

Выпускают гладкие и волнистые листы из стеклопластиков на основе смолы ПН-1. Эти материалы имеют удовлетворительные физико-механические свойства, небольшой объемный вес, светопрозрачность и хороший внешний вид. Их используют для устройства световых фонарей, покрытий промышленных и общественных зданий (летних павильонов, кафе и т. д.), навесов, балконных ограждений, стеновых панелей и перегородок.

Плоские и волнистые листы из стеклопластиков (непрозрачные и прозрачные) целесообразно применять при строительстве взрывоопасных помещений, а также зданий и сооружений, расположенных в сейсмических районах. Такие синтетические материалы при разрушении не дают осколков и имеют небольшую массу по сравнению с другими строительными материалами.

Стеклопластики на полиэфирных смолах применяют для стеновых и кровельных панелей неотапливаемых зданий, трехслойных панелей, различных профильных изделий, а также в качестве защитного покрытия железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных сред. Долговечность железобетонных конструкций с защитным покрытием увеличивается в несколько раз.

В строительстве промышленных, общественных и сельскохозяйственных зданий и сооружений прозрачные ластовые кровельные материалы из стеклопластиков в сочетании с другими кровельными и стеновыми материалами используются для устройства отдельных прозрачных участков кровли и стен. Благодаря применению прозрачных стеклопластиков стало возможным значительно упростить конструкцию фонарей многопролетных промышленных зданий.

Погонажные элементы, изготовленные из стеклопластика типа АГ-4С, могут найти применение в конструкциях ферм, прогонов, решетчатых стоек и т. д. Несущие конструкции, изготовленные из таких элементов, целесообразно применять в сооружениях, которые подвержены действию

агрессивных сред, а также «в радиопрозрачных», немагнитных, электроизоляционных и других сооружениях специального назначения.

Практическая возможность применения несущих конструкций из пластмасс в различных областях строительства подтверждена многочисленными примерами осуществленных сооружений во многих странах мира.

Наиболее эффективными конструкциями из пластмасс являются пространственные конструкции в виде оболочек покрытия, в которых благодаря рациональной геометрической форме в значительной степени компенсируется такой недостаток пластмасс, как повышенная деформативность вследствие относительно низкого модуля упругости.

В оболочках покрытий благодаря совмещению несущих и ограждающих функций материал используется как правило более выгодно, чем в плоских конструкциях. В пространственных конструкциях при одних и тех же пролетах возникают значительно меньшие изгибающие моменты, чем в плоских. Относительный недостаток пространственных конструкций - их более сложный монтаж, особенно конструкций, состоящих из криволинейных элементов. Из пластмасс, используемых для изготовления пространственных конструкций, преимущественное распространение получили стеклопластики и пенопласты.

Древесные пластики - это материалы, полученные соединением синтетическими смолами продуктов переработки натуральной древесины. К ним относятся древесно-слоистые пластики, древесно-волокнистые и древесно-стружечные плиты, бумажный слоистый пластик (гетинакс) и др.

Древесно-слоистые пластики изготавливают из тонких листов сушеного березового, липового или букового шпона, пропитанного и склеенного между собой различными синтетическими смолами при высоком давлении и температуре. В зависимости от расположения волокон шпона в смежных слоях ДСП выпускаются несколько марок. Для строительных конструкций

наиболее перспективна марка ДСП-Б, где через каждые 10 - 20 продольных слоев шпона укладывают один поперечный слой.

Прочность древесно-слоистых пластиков превышает прочность древесины вследствие уплотнения материала прессованием и термической обработкой тонких слоев древесного шпона, глубоко пропитанных прочными и водостойкими смолами.

ДСП выпускаются промышленностью в виде плит следующих размеров: длина 0,7 - 5,6 м, ширина до 1,2 м, толщина 3 - 60 мм. Плиты ДСП обладают хорошей водостойкостью, стойкостью к органическим растворителям и маслам, легко поддаются механической обработке - пиленю, строганию, фрезерованию и т.п.

Относительно высокая стоимость ДСП не позволяет пока широко применять этот листовый материал для крупных элементов строительных конструкций. Его применяют в основном для изготовления средств соединения элементов конструкций в виде шпонок, нагелей, косынок, вкладышей.

Древесно-волокнистые плиты (ДВП) изготавливают из хаотически расположенных волокон древесины, склеенных канифольной эмульсией с добавлением для некоторых типов плит фенолоформальдегидных смол. Сырьем для изготовления ДВП являются отходы лесопильных и деревообрабатывающих производств (отрезки реек, горбыля, брусков).

При формовании плит без уплотнения на прессах получают пористые ДВП, которые применяют для утепления, звукоизоляции и отделки стен, перекрытий и покрытий.

При длительном действии влажной среды древесноволокнистые плиты поглощают значительное количество влаги, в результате чего набухают (в основном по толщине) и теряют прочность.

Древесно-стружечные плиты (ПС и ПТ) получают горячим прессованием под давлением древесных стружек, пропитанных синтетическими термореактивными смолами. Для изготовления ПС и ПТ

применяют специально изготовленную стружку, полученную на деревообрабатывающих станках, а также мелкую щепу (дробленку).

Специальную стружку изготавливают из низкосортной древесины, отходов лесопиления и фанерного производства (рейка, горбыль, «карандаш»). Она имеет малые размеры и высокую однородность, поэтому плиты, получаемые с ее применением, обладают высокими механическими свойствами и наиболее гладкой поверхностью. В качестве связующего применяют смолы.

Плиты облицовывают с одной или двух сторон древесным шпоном, фанерой, бумагой, пленками и т.п. Облицованные плиты имеют более высокие механические показатели, ровную поверхность и хороший внешний вид.

Механические свойства плит ПС и ПТ зависят от плотности, вида и количества связующего, породы и размеров древесных частиц. С увеличением содержания связующего прочность плит повышается, однако при этом значительно увеличивается себестоимость изделия.

При водопоглощении древесно-стружечные плиты разбухают. Древесно-стружечные плиты обладают малой теплопроводностью и высокой звукоизоляционной способностью. Они хорошо поддаются обработке на деревообрабатывающих станках. Их применяют в строительстве в качестве перегородок и для декоративной отделки стен и потолков.

Фанера представляет собой слоеный листовый материал, состоящий, как правило, из нечетного числа слоев, называемых шпонами и получаемых лущением прямолинейных отрезков ствола дерева.

Смежные шпоны в пакете имеют взаимно перпендикулярное расположение волокон и склеиваются между собой горячим или холодным прессованием. Вследствие перекрестной структуры фанера обладает меньшей анизотропией свойств, чем природная древесина.

Фанере присущи высокие прочностные свойства, малая масса (она в 4 раза легче алюминия), низкая тепло- и звукопроводимость, большая

стойкость к воздействию химически агрессивных сред и повышенная водостойкость при изготовлении на водостойких клеях.

Совокупность положительных свойств фанеры позволяет использовать ее в строительстве. К строительной фанере относится клееная фанера (ГОСТ 3916 «Фанера клееная») марок ФСФ (Ф - фанера, СФ - на смоляном фенолформальдегидном клее), ФК (К - на карбамидном клее) сортов не ниже В/ВВ и бакелизированная фанера марок ФБС (Б - бакелизированная, С - пропитка наружных слоев и намазывание серединок спирторастворимыми смолами) и ФБСВ (С - пропитка наружных слоев спирторастворимыми смолами, В - намазывание серединок водорастворимыми смолами). К строительной фанере следует отнести также фанерные плиты марки П ПФ-А (П - плита, Ф - фанерная, А – марка фанеры).

Фанера марки ФСФ обладает повышенной водостойкостью и рекомендуется для изготовления клефанерных конструкций. Фанера марки ФК является фанерой средней водостойкости и рекомендуется для конструкций группы А1, А2 и Б1, т. е. устанавливаемых внутри помещений.

Необходимо ориентироваться на использование в строительстве клееной фанеры, изготовленной из древесины хвойных пород, главным образом лиственницы.

Бакелизированная фанера выпускается толщиной от $5\pm 0,5$ мм до 18 ± 2 мм длиной 1500 - 7700 мм и шириной 1200 - 1500 мм; ее влагосодержание составляет 6-10%. Бакелизированная фанера характеризуется высокой прочностью и водостойкостью. Ее используют для строительства специальных конструкций и для изготовления многооборачиваемой опалубки.

Бакелизованную фанеру или фанеру повышенной водостойкости с водостойкими защитными покрытиями на слоях применяют в качестве сборно-разборной опалубки для изготовления железобетонных конструкций с большими плоскими поверхностями.

В настоящее время выпускается опалубочная фанера из древесины лиственных и хвойных пород с защитными покрытиями из пропитанных смолами бумажных пленок и широко применяются конструкции многооборачиваемой щитовой опалубки, состоящей из дощатого каркаса и обшивки из опалубочной фанеры. Строительная фанера может быть в необходимом случае использована также для изготовления профильных фанерных элементов.

1.4 Физические, механические и технологические свойства древесины и пластмасс.

Плотность. Древесина имеет трубчато-волокнистое строение. Плотность ее зависит от породы, количества пустот, толщины стенок клеток и содержания влаги; она может быть различна даже в пределах одной и той же породы. Плотность в значительной степени зависит и от влажности. В таблице 1.1 приведены значения плотности древесины различных пород.

Таблица 1.1

Таблица плотности древесины различных пород

Породы деревьев	Плотность древесины, кг/м³	
	защищенной от увлажнения	незащищенной от увлажнения
Хвойные:		
лиственница	650	800
сосна, ель, кедр, пихта	500	600
Твердые лиственные:		
дуб, береза, бук, ясень, клен, граб, акация, вяз.	700	800
Мягкие лиственные:		
осина, тополь, ольха, липа	500	600

Температурное расширение. Линейное расширение при нагревании, характеризуемое коэффициентом линейного расширения, в древесине различно вдоль волокон и под углом к ним. Как известно, коэффициент линейного температурного расширения вдоль волокон в 7-10 раз меньше, чем поперек волокон, и в 2-3 раза меньше, чем у стали. Незначительное линейное расширение от тепла вдоль волокон позволяет в деревянных зданиях и сооружениях отказаться от устройства температурных швов. В таблице 1.2

приведены значения коэффициентов температурного расширения различных строительных материалов.

Таблица 1.2

Таблица коэффициентов температурного расширения

Материал	Коэффициент линейного расширения
Сталь	$11,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Бетон	$10,0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Кирпич	$5,0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Древесина	$3,0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

Теплопроводность. Трубчатое строение клеток древесины превращает ее в плохой проводник тепла. Теплопроводность древесины вдоль волокон больше, чем поперек волокон. Чем больше плотность и влажность древесины; тем больше ее теплопроводность. Малая теплопроводность древесины поперек волокон является основой широкого применения ее в ограждающих частях отапливаемых зданий, в результате чего толщина деревянных стен по сравнению с кирпичными значительно меньше. В таблице 1.3 приведены значения коэффициентов теплопроводности различных строительных материалов.

Таблица 1.3

Таблица коэффициентов теплопроводности.

Материал	Плотность кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/м °С
Сталь	7850	70
Железобетон	2500	2,03
Кирпич глиняный обыкновенный	1800	0,81
Кирпич пустотный	1200	0,57
Пенобетон	1000	0,47
Древесина сосны поперек волокон	500	0,18
Древесина сосны вдоль волокон	500	0,35

При всей относительной стройности структуры хвойных пород древесины ее трахеиды не стандартны, что является основной причиной изменчивости ее механических свойств.

Механические свойства характеризуют способность древесины

сопротивляться воздействию внешних сил (нагрузок).

К механическим свойствам относятся прочность, твердость, и деформативность.

Прочность определяется ее сопротивлением действию механических сил: растяжению, сжатию, изгибу, скалыванию. Древесина относится к материалам средней прочности, однако, ее относительная прочность с учетом малой плотности позволяет сравнивать ее со сталью.

Древесина является анизотропным материалом, поэтому ее прочность зависит от направления действия усилий по отношению к волокнам. При действии усилий вдоль волокон, оболочки клеток работают в самых благоприятных условиях, и древесина показывает наибольшую прочность.

Средний предел прочности древесины сосны без пороков вдоль волокон составляет: - при растяжении - 100 МПа., - при изгибе - 80 МПа., - при сжатии - 44 МПа.

При растяжении, сжатии и скалывании поперек волокон эта величина не превосходит 6,5 МПа. Наличие пороков значительно (~ на 30%) снижает прочность древесины при сжатии и изгибе, а особенно (~ на 70%) при растяжении. Длительность действия нагрузки существенно влияет на прочность древесины. В таблице 1.4 приведены значения пределов прочности различных строительных материалов.

Таблица 1.4

Таблица прочности некоторых строительных материалов

Прочность некоторых строительных материалов			
Материал	Предел прочности, МПа	Предел прочности, МПа	
		при изгибе	при растяжении
Бетон тяжелый	15-80	0,5-10	1-4
Известняк плотной структуры	10-150	7	0,5-4,0
Гранит	100-250	14	8
Плиты древесноволокнистые	-	0,4-20,0	-
Стеклопластик	250-400	240-550	220-350
Сосна вдоль волокон	30-65	60-120	70-130
Сталь	-	-	380-450
Кирпич керамический	7,5-30	1,5-5,0	0,8-3,0
Шлакобетон	500-600	90-120	25-35

Твердость - способность древесины сопротивляться проникновению твердых тел. По степени твёрдости все древесные породы можно разделить на три группы:

- 1) мягкие - торцовая твёрдость 40,0 МПа и менее (сосна, ель, кедр, пихта, можжевельник, тополь, липа, осина, ольха, каштан);
- 2) твёрдые - торцовая твёрдость 40,1 - 80,0 МПа (лиственница, сибирская берёза, бук, дуб, вяз, ильм, карагач, платан, рябина, клён, лещина, орех грецкий, хурма, яблоня, ясень);
- 3) очень твёрдые - торцовая твёрдость более 80,0 МПа (акация белая, берёза железная, граб, кизил, самшит, фисташки, тис).

Твердость имеет существенное значение при обработке ее режущими инструментами: фрезеровании, пилении, лущении. В таблице 1.5 приведены значения твердости различных пород древесины.

Таблица 1.5

Таблица твердости различных пород древесины

Твердость древесины различных пород			
Порода дерева	Твердость. МПа		
	для поверхности поперечного разреза	для поверхности радиального разреза	для поверхности тангентального разреза
Липа	19,0	16,4	16,4
Ель	22,4	18,2	18,4
Осина	24,7	17,8	18,4
Сосна	27,0	24,4	26,2
Лиственница	37,7	28,0	27,8
Береза	39,2	29,8	29,8
Бук:-:	57,1	37,9	40,2
Дуб	62,2	52,1	46,3
Граб	83,5	61,5	63,5

Жесткость древесины (ее степень деформативности под действием нагрузки) существенно зависит от направления действия нагрузок по отношению к волокнам, их длительности и влажности древесины. Жесткость

определяется модулем упругости E для хвойных пород вдоль волокон $E=10000$ МПа, поперек $E_{90}=400$ МПа в СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции».

При повышенной влажности, температура, а также при совместном действии постоянных и временных нагрузок значение E снижается коэффициентами условия работы m_v , m_t , $m_d < 1$.

Механические свойства древесины, являющейся природным полимером, изучаются на основе реологии - науки об изменении свойств веществ во времени под действием тех или иных факторов, в данном случае нагрузок. Известно, что при быстром, кратковременном действии нагрузки древесина сохраняет значительную упругость и подвергается сравнительно малым деформациям. При длительном действии неизменной нагрузки деформации во времени существенно увеличиваются. Если задать древесине неизменную во времени деформацию, например определенный прогиб изгибаемому элементу, то напряжения в нем с течением времени уменьшаются - релаксируют, хотя деформация не меняется.

Реологические свойства древесины учитываются при назначении расчетных сопротивлений. Под действием постоянной нагрузки непосредственно после ее приложения в древесине появляются упругие деформации, а с течением времени развиваются эластические и остаточные деформации. Упругие и эластические деформации обратимы — они исчезают после снятия нагрузки в течение малого (упругие деформации) или более или менее длительного (эластические деформации) промежутка времени. Остаточные деформации, являющиеся необратимой частью общих деформаций, остаются и после снятия нагрузки.

Для обоснованного назначения размера элементов деревянных конструкций необходимо знать прочность древесины при различных силовых воздействиях, которая зависит от размера пороков, в основном сучков, ослабляющих сечение.

Благодаря особенностям строения древесина является анизотропным материалом, ее механические свойства различны в различных направлениях и зависят от угла между направлением действующего усилия и направлением волокон. При совпадении направления силы и волокон прочность древесины достигает максимального значения, в то же время она будет в несколько раз меньше, если сила действует под большим углом к волокнам.

Испытания показывают значительный разброс показателей прочности даже для одной и той же породы древесины. Это объясняется неоднородностью древесины, связанной с особенностями ее анатомического строения. Так, у хвойных пород, преимущественно применяемых в строительстве, прочность поздней древесины в 3 - 5 раз выше прочности ранней древесины. Чем толще стенки трахеид и чем больше процент поздней древесины, тем выше плотность древесины и ее прочность. Опытами установлена прямая пропорциональность между пределом прочности и плотностью древесины. На прочность древесины благодаря ее реологическим свойствам значительно влияют скорость приложения нагрузки или продолжительность ее действия. Если серию одинаковых деревянных образцов загрузить, например на изгиб, различной по значению постоянной нагрузкой, то разрушение их произойдет через разные промежутки времени - чем больше нагрузка (напряжение), тем скорее разрушится образец. При этом может оказаться, что часть образцов вообще не разрушится, как бы долго нагрузка ни действовала. Представив результаты таких испытаний графически в координатах «предел прочности - время до разрушения» (рис. 1.1), получим асимптотическую кривую, по которой можно определить, сколько времени пройдет от начала нагружения до разрушения образца, находящегося под тем или иным напряжением. Асимптотический характер кривой показывает, что предел прочности с увеличением длительности приложения нагрузки хотя и падает, но не безгранично - он стремится к некоторому постоянному значению $\sigma_{дл}$, равному ординате асимптоты кривой. Кривая на рисунке 1.8 называется кривой длительного сопротивления

древесины, а ордината $\sigma_{дл}$ - пределом длительного сопротивления древесины; $\sigma_{дл}$ характеризует то предельное (максимальное) значение напряжения (или нагрузки), под действием которого образец не разрушится, как бы долго нагрузка ни действовала.

Асимптота на кривой длительного сопротивления делит весь диапазон изменения нагрузки на две области: область ниже асимптоты $\sigma < \sigma_{дл}$, в которой разрушение образца не произойдет, как бы долго ни действовала нагрузка, и область выше асимптоты $\sigma > \sigma_{дл}$, где разрушение с течением времени неизбежно и где оно произойдет тем скорее, чем больше σ превышает $\sigma_{дл}$. Асимптотический характер кривой длительного сопротивления справедлив и для напряженного состояния древесины других видов.



Рис. 1.8. Кривая длительной прочности древесины

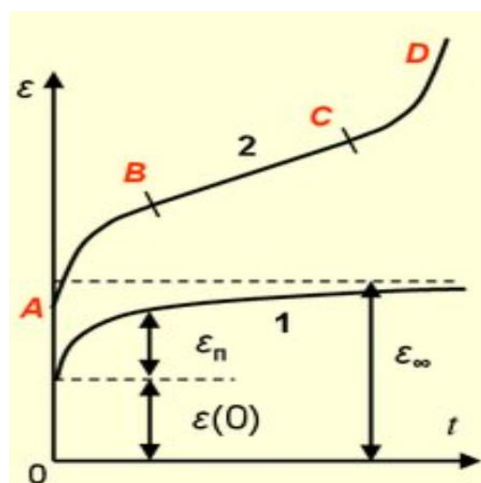


Рис. 1.9. Кривые деформации во времени 1 - при $\sigma < \sigma_{дл}$, 2 - при $\sigma > \sigma_{дл}$

Две области кривой, указанные на рисунке 1.8, различаются также по характеру зависимости деформации от времени при заданном значении действующей нагрузки (напряжения). Так, при напряжении $\sigma < \sigma_{\text{дл}}$ деформации с течением времени затухают, стремясь к некоторому пределу (пунктир на рис. 1.9, а), а при $\sigma > \sigma_{\text{дл}}$ после некоторого уменьшения скорости деформаций на участке А - В (рис. 1.9, б) наступает развитие деформаций с постоянной скоростью на участке В-С. Далее, в момент времени t_1 начинается ускоренный рост деформаций, приводящий к разрушению материала на участке С - D.

Как видно из (рис. 1.9), древесина обладает свойством последействия (ползучести), т. е. роста деформаций в течение некоторого времени после приложения нагрузки. Примером последействия на практике может служить провисание балок, находящихся долгое время под эксплуатационной нагрузкой.

Длительное сопротивление является показателем действительной прочности древесины в отличие от предела прочности, определяемого быстрыми испытаниями на машине стандартных образцов. Переход от предела прочности к длительному сопротивлению производится умножением предела прочности на коэффициент длительности сопротивления, равный отношению предела длительного сопротивления к пределу прочности. По опытным данным, коэффициент длительности сопротивления может быть принят 0,5-0,6. Опыты показывают, что при очень быстром приложении нагрузки, например при ударе, предел прочности повышается по сравнению с длительным сопротивлением в среднем в 3 раза. Таким образом, относительная прочность древесины при ее испытании с различной скоростью приложения нагрузки изменяется в пределах 1 - 3.

Фактически деревянные конструкции находятся под совместным действием постоянных (например, собственный вес), временно длительных (например, снеговая) и кратковременных (например, ветровая) нагрузок. Опыты показывают, что в этом случае предел прочности зависит от

соотношения этих нагрузок и изменяется от предела длительного сопротивления (при наличии только постоянной нагрузки) до предела прочности, определяемого при, стандартной скорости загрузки от действия основных кратковременных нагрузок.

1.5 Достоинства и недостатки древесины и пластмасс, как конструкционных материалов.

Древесины как материала для конструкции имеет массу достоинств, несмотря на значительное развитие технологии искусственных материалов - заменителей древесины, полностью ее заменить каким-либо другим материалом не представляется возможным.. Клееные несущие конструкции обычно имеют большого сечения, которые при возможном возгорании обугливаются снаружи, оставаясь нетронутыми внутри таким образом деревянные элементы имеют высокую огнестойкость.

Древесина обладает малым объемным весом при сравнительно высокой прочности; древесина сосны, лиственницы, пихты на каждый грамм своего веса выдерживает при растяжении такую же нагрузку, как сталь, в 3 раза большую, чем литой алюминий и в 7 раз большую, чем чугун. Теплопроводность древесины в 2-4 раза меньше теплопроводности стекла, в 4-9 раз меньше теплопроводности железобетона и в сотни, раз меньше теплопроводности стали.

Древесина легко обрабатывается режущими инструментами, хорошо склеивается различными клеями, скрепляется шурупами и гвоздями, окрашивается, лакируется, полируется. Она обладает высокой упругостью, хорошо поглощает звуки, возникающие при ударе, поэтому широко применяется в вагоностроении и строительстве.

Высокие резонансные свойства (особенно мелкослойной ели) делают древесину незаменимым материалом в производстве музыкальных инструментов, в том числе со сложной деревянной механикой.

Большая стойкость древесины против кислот и щелочей позволяет изготавливать фанерные трубы для агрессивной жидкости. Такие трубы

находят большее применение по сравнению с металлическими.

Ее значительная пластичность дает возможность делать из нее гнутые изделия.

К недостаткам древесины, как конструкционного материала относят изотропию в связи с этим усушка и разбухание древесины в разных направлениях различны. Вдоль волокон усушка практически равна нулю, наибольшую величину она имеет в тангенциальном направлении. В радиальном направлении усушка древесины примерно в 2 раза меньше, чем в тангенциальном. Кроме того имеет легкую возгораемость, загниваемость, особенно в условиях переменных температур и влажности воздуха, изменение цвета под воздействием световых лучей. В некоторых же случаях отдельные недостатки используются в нужных целях. Так, например, набуханием пользуются для изготовления баковой тары,

Популярность и востребованность пластика как конструкционного материала обоснована сочетанием высоких эксплуатационных свойств и продолжительному сроку службы. Физические и механические свойства этого материала позволяют изготавливать конструкций сложной формы, что очень ценится дизайнерами и инженерами. Пластики имеют множество положительных качеств и преимуществ перед остальными видами материала, к которым относится:

- высокая прочность и по этому параметру многие виды пластмасс можно легко сравнить со сталью, а иногда они даже превосходят их;

- несмотря на свою прочность они имеют небольшой удельный вес, изделия из пластмасс гораздо легче металлических и деревянных аналогов;

- изделия из пластмасс обладают химической инертностью и стойкостью они устойчивы к возникновению коррозии, а некоторые из них даже способны выдерживать агрессивное влияние концентрированных кислот, щелочей;

- они просты в обработки и благодаря этому свойству, изготовление различных деталей и элементов требует минимальных затрат труда;

- этот материал обладает декоративными свойствами, что позволяет пластмассовому изделию о придать какую угодно текстуру, так же придать любой цвет и оттенок.

- изделия из пластмасс устойчивы к механическим повреждениям и это приводит к тому что при эксплуатации или транспортировке мало вероятно возникновение повреждений кроме того, они устойчивы к образованию трещин;

- оптические свойства полимеров обладают хорошей прозрачностью и бесцветностью, что дает возможность производить оконное силикатное стекло.

Можно подумать, что раз конструкции с применением пластика получили такое широкое применение, то он имеет одни плюсы. Но кроме перечисленных положительных качеств, есть и отрицательные стороны, которые необходимо учитывать при его использовании. Основными недостатками этого материала являются следующие факторы:

- под воздействием кислорода, влаги, ультрафиолетовых лучей, происходит старение пластмасс, что приводит к постепенному разрушению и ухудшению качественных показателей, что приводит к снижению эластичности, повышению жёсткости и хрупкости, появляется деформация изделия;

- поскольку пластик является искусственным синтетическим материалом, его производство нежелательно воздействует на окружающую среду кроме того для его разложения требуется довольно длительный срок, что приводит к его накоплению;

- материалы на основе полимеров обладают низкой огнестойкостью, они легко воспламеняются, образуя много дыма, и при этом выделяют токсичные вещества;

- практически все виды пластмассы имеют низкий предел огнестойкости, поэтому не выдерживают высоких температур в случае возникновения пожара;

- одним из минусов является малая стабильность формы, обусловленная недостаточной жёсткостью и излишней мягкостью, которая меняется под влиянием внешних нагрузок.

1.6 Влияние изменения влажности и температуры на прочностные характеристики древесины.

Количество влаги в древесине определяется по количеству воды, находящейся в ней в процентах от ее веса в полностью сухом состоянии. Влага, находящаяся в пустотах дерева имеет название свободной или капиллярной.

Влагопоглощение – это возможность древесины поглощать в себя воду, водные пары из окружающей среды. Влагопоглощение никак не зависит вида древесины. Полностью сухое дерево, помещённое в воду, очень быстро поглощает ее, что портит её физико-механические свойства и уменьшает ее сопротивление воздействию микроорганизмов. Для защиты древесины от попадания влаги ее полностью покрывают лакокрасочными материалами или устанавливают пленочные изделия.

Влага, пропитывающая оболочку клеток, имеет возможность попадать в структуру дерева с помощью поглощения паров воздуха и называется гигроскопической или же связанной. При температуре 20° С наибольшее количество в древесине гигроскопической влаги составляет около 30% и никак не зависит от ее породы. Если в древесине находится только гигроскопическая влага, а в пустых полостях находится воздух, то такое состояние является пределом гигроскопичности древесины. Влажность древесины в значительной степени оказывает свое влияние на ее физико-механические свойства. В свежей породе дерева, с влажностью около 100%, которая находится на открытом воздухе, происходит процесс высыхания древесины. В этот момент вся влага испаряется с поверхности, а из внутренних слоев влага перемещается на поверхность. Процесс приводит к равномерному распределению влаги в породе дерева, которая будет равной с температурой и влажностью окружающей среды. Такая влажность

называется равновесной. При испарении воды с поверхности процесс сушки протекает намного быстрее, без изменения размера и объема древесины, только вес становится значительно меньше. Изменение размеров и объема древесины происходит только при дальнейшей сушке, в результате которого происходит испарение связанной влаги. Протекание усушки древесной породы, исходя из строения клеток, объясняется наличием находящейся воды меж мицеллами, которая при собственном воздействии раздвигает их. При высыхании древесины происходит сближение мицеллы, в ходе которого уменьшается ее объем и размер.

Усушка – это процесс испарения воды из деревянной породы, в ходе которого происходит снижение размеров и объема древесины. Не вызывает усушку только удаление свободной воды. Сжимающее напряжение во внутренних слоях древесины и растягивание в поверхностных слоях происходит при неравномерной усушке деревянной породы, при сохранении высоко влажности во внутренних слоях. Возникновение радиальных трещин происходит при резкой, неравномерной деформации многолетних слоев в ходе усушки. Эти трещины увеличиваются от середины и до периферии.

Трещины не возникают если есть свободное развитие деформации, напряжение возникающее в деревянной породе не переступит через порог предела прочности. В место этого возникает процесс коробления — изменение формы сечения. К большому наличию трещин приводят порезы волокон в годовых слоях древесины, во время обработки, чем в нетронутых бревнах.

Процесс появления продольных трещин в сердцевине также можно объяснить неравномерной усушкой заболонной и ядровой частей. Крайние с заболонью кромки пиломатериалов усыхают сильнее, чем ядровые и в направлении волокон. Возникновение трещин становится меньше при медленном процессе сушки деревянной породы, в этот момент напряжение незначительное, из-за медленного возникновения изменений размера материала. Следуя из этого можно сделать вывод, что естественная сушка на

открытом воздухе, при помощи укрывающих материалов, привод к хорошему качеству деревянных пород.

Влажность - свойство древесины, характеризуется наличием воды в древесине. Влажность древесины значительно влияет на ее физические и механические свойства, в некоторых моментах определяет ее значение для тех или иных строительных задач.

Исходя из количества влаги, находящейся в древесине, ее можно поделить на несколько типов: мокрую, свежесрубленную, воздушно-сухую, комнатно-сухую, полностью сухую. Древесина которая еще не подверглась сушке, лучше гнется и лучше переносит физико-механические воздействия, но плохо поддается обработке.

В деревянной породе воду делят на два типа: связанную и свободную. Связанная вода располагается в клеточных стенках древесины, а свободная вода находится в свободных местах клеток и межклеточных пустотах. Связанная влага сдерживается в большей части физико-химическими связями, изменение её количества сильно меняет большинство свойств деревянной породы. Свободная влага, удерживаемая только механическим связями, испаряется быстрее, чем связанная вода, и оказывает незначительное воздействие на свойства древесины.

Влажность оказывает влияние на физико-механические свойства деревянной породы. При изменении влажности происходит усушка и разбухание в древесине. С увеличением влажности прочность древесины становится меньше. Значительное изменение на прочность деревянной породы оказывает только связанная влага, которая находится в клеточных оболочках. При возрастании количества связанной влаги прочность древесины сильно становится меньше. Больше всего это происходит при влажности 20-25%. Электропроводность древесины, наоборот, значительно увеличивается при наибольшем количестве влагой. При полном испарении влаги из деревянной породы могут появиться трещины и измениться форма. Для защиты от таких случаев древесину пропитывают специальными

антисептическими веществами, а готовые изделия из нее покрывают лакокрасочными материалами, тонкими полимерными пленками.

Для сравнения прочности древесины надо показатели прочности приводить к стандартной влажности. Комиссия по стандартизации приняла для показателей физико-механических свойств древесины стандартную влажность 20%. Приведение к стандартной влажности производится по формуле:

$$B_{12} = B_w + (1 + \alpha(W - 12))$$

где B_w – прочность при влажности от 0 до 30 %; B_{12} – прочность при влажности 12 %; α – поправочный коэффициент определяются по таблице 1.6; W – влажность древесины в момент определения прочности.

Для образцов с влажностью, большей предела гигроскопичности (30 %):

$$B_{12} = B_w / K_{30}$$

K_{30} – коэффициент пересчета при влажности более 30%.

Таблица 1.6

Поправочные числа для α

Напряжение	α , коэффициент для приведения всех пород древесины к влажности 12%
Сжатие вдоль волокон	0.05
Статический изгиб	0.04
Скалывание вдоль волокон	0.03

Формула приведения действительна в пределах изменения влажности 8-23%.

Влажность определяют взвешиванием до и после высушивания до постоянного веса в сушильной камере образцов. На производстве влажность определяют не вырезая образцов с помощью электровлагомера, действие которого основано на измерении электропроводности древесины в зависимости от ее влажности.



Рис. 1.10. Определение влажности с помощью электровлагомера

Для абсолютно сухой древесины было найдено, что прочность с повышением температуры снижается. Высокая влажность древесины вносит резкие изменения во влияние низких температур на прочность древесины вследствие образования при низкой температуре ледяной решетки, заполняющей пустоты в древесине. Количество воды, замерзающей в древесине при температуре ниже нуля, зависит от диаметра капилляров и количества веществ, растворенных в воде; чем меньше диаметр капилляров и чем больше концентрация раствора, тем при более низкой температуре замерзает вода.

Исследования показывают, что прочность древесины при низкой температуре и любой влажности выше прочности при комнатной температуре; до предела гигроскопичности влажность в равной мере снижает прочность при обеих температурах (начальные участки кривых до влажности 30% прямолинейны и параллельны).

В то же время прочность древесины влажностью выше предела гигроскопичности при низкой температуре увеличивается, достигает максимума при влажности 85%, после чего вновь снижается. Такое изменение прочности можно объяснить влиянием льда: по мере повышения влажности все больше и больше сосудов в древесине бука заполняется льдом, вследствие чего общая прочность возрастает. Это увеличение прочности продолжается до тех пор, пока колонки льда не образуют решетку (при влажности примерно 85%) такого протяжения, что нагрузку в основном начинает воспринимать лед, так как ледяная решетка менее пластична, чем древесина. При дальнейшем повышении давления лед начинает таять

вследствие тепла, развивающегося при сжатии (во время испытания наблюдалось появление воды). Это ведет к снижению общей прочности, которая постепенно падает до величины, примерно соответствующей прочности при пределе гигроскопичности.

Влияние положительных температур одинаково для абсолютно сухой и насыщенной водой древесины (правые участки кривых параллельны); в то же время при отрицательных температурах прочность абсолютно сухой древесины увеличивается плавно, а прочность мокрой древесины резко возрастает с понижением температуры до $-25 - 30^{\circ}\text{C}$, после чего увеличение прочности замедляется, что объясняется образованием ледяной решетки.

Влияние повышенной температуры менее всего сказывается на прочности при растяжении вдоль волокон: при повышении температуры с 10 до 100°C прочность при растяжении снижается примерно на 16% , а при сжатии вдоль волокон более чем вдвое. Прочность при статическом изгибе также сильно снижается при высокой температуре.

Механические свойства снижаются с увеличением температуры, продолжительности воздействия и влажности древесины.

При помощи нагревания древесины можно достичь снижения разбухания и усушки. Однако такая обработка неизбежно связана со снижением прочности, в особенности удельной работы при ударном изгибе. Повышение стабильности и снижение прочности тем больше, чем выше температура и продолжительность нагрева. По имеющимся данным, нагревом древесины в расплавленном металле (сплав из 50% олова, 30% свинца и 20% кадмия, плавящийся при температуре около 150°) можно вдвое повысить стабильность, но удельная работа при ударном изгибе при этом снизится на 50% . Нагрев в металле вызывает меньшее снижение механических свойств, чем нагрев на воздухе. Таким образом, действие на древесину высоких температур в первую очередь и в большей мере отражается на удельной работе при ударном изгибе: древесина становится

хрупкой. Степень влияния зависит от величины температуры и продолжительности ее воздействия.

Так же можно отметить, что более сильное снижение прочности при нагреве имеет древесина лиственных пород. Это объясняется изменением химического состава древесины. В таблице 1.7 приведены данные по изменению прочности в зависимости от температуры.

Таблица 1.7

Пределы прочности древесины дуба при сжатии вдоль волокон

Температура, °С	0	25	45	60	80	100
Пределы прочности, кГ/см ²	9	91.5	84.5	79.3	72.6	65.9

Данные таблицы 1.7 показывают, что прочность при сжатии вдоль и поперек волокон понижается с повышением температуры. Влияние же температуры непрерывно на диапазоне ее изменения. Совместное влияние температуры существенно отражается на реологических показателях, исследованных при растяжении и сжатии.

При экспериментальном определении прочности древесины следует учитывать не только ее влажность, но и температуру. Предел прочности при данной температуре к прочности при стандартной температуре 20 °С можно пересчитывать по формуле:

$$\sigma_{20} = \sigma_t + \beta(t - 20)$$

где σ_{20} - искомая прочность при $t=20$ °С; σ_t - прочность при данной температуре; β - поправочное число на температуру, принимаемое по таблице 1.8; t - температура древесины в момент испытаний образца. Значения поправочных чисел приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8

Поправочные числа для β

Порода древесины	β , при			
	Сжатии вдоль волокон	Статическом изгибе	скалывании	растяжении
			Вдоль волокон	
Сосна	3.5	4.5	0.4	4
Ель	2.5	3.	-	-

Лиственница	4.5	-	-	-
Пихта	2.5	-	-	-
Береза	4.5	-	-	-

Формула приведения действительна в пределах положительных температур 10-50 °С. Пересчет к температуре 20 °С должен производиться после пересчета к влажности.