Бумага  
Лист бумаги   
   Бумагой и картоном называют материалы, изготовленные преимущественно из специально   
обработанных растительных волокон, связанных между собой силами поверхностного сцепления в   
листовую форму.   
   Мы все в той или иной степени повседневно сталкиваемся с бумагой и изделиями из неё. Это,   
если можно так сказать, общение с бумагой начинается в раннем детстве, когда ребёнок тянется к   
яркой книжке, к белому листу, чтобы оставить на нём следы своих первых упражнений карандашом.   
Бумага сопутствует человеку на протяжении всей его жизни. Она напоминает о себе всякий раз, когда   
он обращается к документам — паспорту, диплому, справке, когда берём в руки книгу, извлекает из   
почтового ящика корреспонденцию. С бумагой связаны многие наши действия. Она нужна и для   
делового письма, и для творческой работы, и для бытовых надобностей.   
   Но что мы знаем о бумаге? Можно сказать, что бумага — это материал для печатания книг,   
журналов и газет. Бумага занимает исключительное место в жизни людей. Её открытие, как и   
изобретение колеса, — чудо, одно из величайших завоеваний человеческого разума. Появившись   
однажды, бумага прочно утвердилась на Земле и, не зная конкурентов, победно идёт через столетия.   
   У бумаги было много предшественников. Камень и глина, дерево и кость, кожа и береста, воск и   
металл, папирус и пергамент — все они в разные исторические эпохи служили людям в качестве   
материалов для письма. Но каждый из них был не вполне пригоден для этого. Одни материалы были   
тяжёлыми, другие — хрупкими, третьи — дорогостоящими. Их обработка требовала больших усилий,   
которые, однако, не всегда оправдывались.   
   И вот появилась бумага — простой, доступный для письма материал, приготовленный из   сырья   
растительного происхождения. Рождение бумаги произвело в человеческом обществе глубокие   
перемены. Получив бумагу, люди стали активно приобщаться к   знаниям. Этому во многом   
способствовало бурное развитие книжного дела.   
   Дружба, начавшаяся с бумагой в детстве, не прекращается всю жизнь. Дома, на улице, в   
магазине, на службе мы рады этой встрече. Утром бумага входит к нам в квартиру свежей газетой,   
новым номером журнала, письмом. Большая часть предметов домашней обстановки связана с   
бумагой.   
Как это было   
        В северной провинции Китая Шэньси есть пещера Баоцяо. В 1957 году в ней обнаружили   
гробницу, где были найдены обрывки листов бумаги. Бумагу исследовали и установили, что она была   
изготовлена во II веке до нашей эры. Это открытие пролило свет на историю возникновения бумаги.   
Считалось, что бумага появилась в Китае в 105 году нового летосчисления. Баоцянская находка   
отодвигает эту дату на два столетия вперёд. Можно, таким образом, предположить, что бумага, этот,   
по выражению поэта, бесценный духовный хлеб, появилась более 2 тыс. лет назад.   
   Сырьём для бумаги в Китае служили шёлковые обрезки, отходы коконов шелкопряда, обрывки   
старых сетей. Их размачивали и вручную растирали между камнями. Полученную таким способом   
кашицу наливали на какую-нибудь гладкую поверхность и прижимали другим отшлифованным камнем.   
Кашица вылёживалась, сохла и превращалась в лепёшку наподобие войлока.   
   На рубеже II и III веков новой эры бумага, изготовленная из растительных волокон, не считалась в   
Китае редким материалом. В III веке она полностью вытеснила из употребления деревянные таблички,   
используемые для письма. Бумагу изготовляли определённого формата, цвета, веса, пропитывали   
специальными веществами, которые отпугивали вредных насекомых. Китайская бумага хранилась   
очень долго. С незапамятных времён в Китае существовал способ размножения текстов с помощью   
печаток. Первоначально оттиски делали на глиняных и бамбуковых дощечках, позже для этих целей   
стали использовать бумагу. Бумага позволила расширить копирование рукописей священных книг. Из   
бумаги делали всевозможные украшения, зонты, веера, в неё заворачивали продукты, она   
вставлялась в окна. В начале 9-го века   в Китае появились «летающие монеты» — бумажные деньги.   
В течение многих веков китайцы единолично владели секретами изготовления бумаги, ревностно   
оберегая тайны ремесла.   
   Появление бумаги в России датируется XII - XIII столетиями. Первые бумажные мельницы   
появились в XVII веке. Технический переворот в бумажном производстве России произвела   
бумагоделательная машина, начавшая работать с 1816 г. в Петербурге. В 1916 г. в России уже   
действовало 55 целлюлозно-бумажных предприятий. Средняя ширина бумагоделательных машин не   
достигала и 2, а их скорости не превышали 100 м/мин.   
Как делают бумагу в наши дни  
   Начальным звеном в технологической цепочке изготовления бумаги   служит открытый склад   
древесного сырья, называемый лесной биржей. Такие склады есть у каждого целлюлозно-бумажного   
предприятия. Они размещаются на обширных территориях за производственными корпусами, часто на   
берегах водоёмов, где устроены порты или причалы для приёма сплавленной древесины. Для   
изготовления некоторых видов бумаги используют сырьё хвойных и лиственных пород. Газетная   
бумага вырабатывается только из ели, так как у еловой древесины наибольшее количество тонких и   
длинных волокон и наименьшее содержание смолистых веществ. Целлюлозу лиственных пород могут   
смешивать с хвойной целлюлозой. Короткие и жесткие волокна лиственной древесины и длинные и   
эластичные хвойной образуют массу, из которой получают бумагу с хорошими свойствами.   
Технологическая схема производства бумаги (картона) состоит из следующих процессов:   
·      приготовления бумажной массы, включающего операции по массному размолу волокон,   
проклейке, наполнению и крашению массы;   
·      аккумулирования бумажной массы;   
·      разбавления массы водой до необходимой концентрации;   
·      очистки от посторонних включений и узелков;   
·      изготовления бумаги (картона) на бумагоделательной (картоноделательной) машине,   
включающего отлив бумажного (картонного) листа, его прессование, сушку, отделку и намотку в   
рулон;   
·      отделки и переработки бумаги (картона), включающие суперкаландрирование, перемотку,   
резку и упаковку.   
   Массный размол волокнистых полуфабрикатов. Размолом называется процесс   
специальной механической обработки растительных волокон в присутствии воды, выполняемый в   
размалывающих машинах — мельницах. Размол является одним из важнейших процессов бумажного   
производства, позволяющих в широком интервале значений изменять многие свойства бумаги.   
Производится размол волокон в машинах непрерывного действия (в конических, цилиндрических и   
дисковых мельницах). Общим для размалывающих аппаратов является то, что работа их основана на   
принципе скрещивающихся ножей и трущихся поверхностей.   
   Проходя между ножами размалывающих машин, волокна подвергаются воздействию   
механических и гидродинамических сил, приводящему к протеканию сложных физико-химических и   
коллоидных процессов в структуре волокон. В результате происходят некоторое укорочение волокон   
(рубка), поверхностное расщепление и расчесывание в продольном направлении фибриллярной   
структуры клеточной стенки на фибриллы (поверхностное фибриллирование), набухание и гидратация   
волокон. Волокна становятся более мягкими, повышается их эластичность и пластичность. В процессе   
фибриллирования ослабляются и разрушаются связи между отдельными фибриллами клеточной   
стенки волокон. На поверхности фибрилл образуется «начес» тонкого пухообразного материала,   
состоящего из целлюлозных молекул. В результате увеличивается удельная поверхность волокон и   
число свободных гидроксильных групп, способствующих лучшему контакту и соединению отдельных   
волокон в бумажный лист. Увеличение удельной поверхности волокон и высвобождение   
гидроксильных групп повышает способность волокон удерживать воду.   
   В зависимости от режима размола можно получать бумажную массу различной степени помола:   
от низкой (садкая масса) до высокой (жирная масса). Для получения садкой массы размол ведут в   
режиме, обеспечивающем преимущественно рубку волокон над поверхностным фибриллированием. В   
процессе формования листа бумаги масса низкой степени помола (садкая) быстро оседает на сетке,   
легко обезвоживается и образует рыхлую и пористую структуру листа. Для высокой степени помола   
массы (жирная масса) характерно преобладание фибриллированных волокон с хорошо разработанной   
поверхностью, которые труднее обезвоживаются на сетке бумагоделательной машины и образуют   
плотную, сомкнутую и прочную структуру листа. Характер помола массы выбирают в зависимости от   
вида и качества вырабатываемой бумаги и картона.   
   Прочность бумаги характеризуется рядом показателей: сопротивлением разрыву, излому,   
продавливанию, надрыву и раздиранию, для каждого вида и сорта бумаги имеющим определенное   
значение, и, в общем, зависит от прочности волокон, их длины, прочности связи между волокнами и   
структуры бумажного листа.   
   Лист бумаги при испытании разрывается по наиболее слабому месту. Этим слабым местом в   
большинстве случаев являются не сами волокна, а связи между ними. При разрыве листа по обе   
стороны в месте разрыва наблюдается преимущественное вытаскивание волокон из толщи листа, что   
указывает на разрыв связи между ними. И только часть волокон рвется в поперечном направлении.   
   Основными факторами, влияющими на качество помола целлюлозы, являются следующие:   
продолжительность размола, удельное давление между ножами мельниц, концентрация массы, тип   
размалывающей гарнитуры, окружная скорость ротора или барабана, температура массы при   
размоле. К управляемым факторам относятся продолжительность, удельное давление, концентрация   
и температура массы.   
   Для размола волокнистых полуфабрикатов на предприятиях, вырабатывающих массовые виды   
бумаги и имеющих большую производительность, применяются дисковые мельницы. Массный размол   
проводится в однодисковых и сдвоенных мельницах с закрытой камерой, которые обеспечивают   
производительность до 650 т/сут.   
   Широкое применение дисковых мельниц обусловлено быстрым развитием производства   
волокнистых полуфабрикатов высокого выхода. Они вытесняют другие виды размалывающего   
оборудования (конические мельницы, роллы) благодаря следующим преимуществам: возможности   
размола при высокой концентрации массы (до 40 %); более низкому удельному расходу энергии;   
большой единичной мощности и производительности, компактности, простоте конструкции; более   
широкой области применения (размол целлюлозы, полуфабрикатов высокого выхода, древесной   
щепы, отходов сортирования древесно-массного и целлюлозного производств); возможности   
получения более однородной по структуре массы.   
   Основные рабочие элементы мельницы — статор (корпус) и ротор — выполнены в виде конусов.   
Внутреннюю поверхность статора и внешнюю поверхность ротора образуют сменные ножевые   
рубашки. Зазор между ножами статора и ротора регулируется перемещением (присадкой или   
вылегчиванием) ротора вдоль его оси при помощи присадочного механизма. При работе мельницы   
движение массы осуществляется в направлении от малого диаметра ротора к большему.   
Производительность мельницы но воздушно-сухому волокну 4 - 16 т/сут, частота вращения ротора   
1000 мин-1 , площадь поверхности соприкосновения гарнитуры ротора и статора 0,40 м 2 .   
   Проклейка. Назначение проклейки — придание бумаге или картону ограниченных впитывающих   
свойств по отношению к воде, чернилам, типографской краске и другим жидкостям и улучшение многих   
других физико-механических свойств. При неограниченном впитывании (у неклееной бумаги),   
например, чернил, они будут впитываться в толщу листа бумаги, расходиться и проходить на его   
обратную сторону. Полное отсутствие впитывающих свойств будет вызывать стекание чернил с   
поверхности бумаги. Первое и второе явление делают бумагу непригодной для письма и печати.   
Поэтому процесс проклейки призван обеспечивать для каждого конкретного вида бумаги и картона   
свою строго определенную впитывающую способность, которая оценивается степенью проклейки.   
   Различают   поверхностную   проклейку   и   проклейку в массе. Поверхностную проклейку   
осуществляют нанесением крахмального или животного клея на поверхность готовой бумаги.   
Применяется она для производства некоторых специальных высокосортных видов бумаги:   
документной, чертежной, картографической и др. Подавляющее большинство видов бумаги и картона   
проклеивается введением проклеивающих веществ в бумажную массу перед отливом бумажного   
листа, т. е. проклеивается в массе. Для проклейки в массе применяют гидрофобные   
(водоотталкивающие) вещества, а процесс проклейки все чаще называют гидрофобизацией бумаги   
или картона. Основным гидрофобизующим веществом является канифоль, выделяемая из смолы   
хвойных древесных пород. Канифольная или смоляная проклейка бумаги была изобретена в 1807 г.   
Иллигом.   
   На многие предприятия проклеивающие вещества поступают в виде готового клея — клея-пасты   
(это сваренный клей, но еще не разведенный водой). После разбавления водой до требуемой   
концентрации он готов к применению. Это исключает необходимость иметь на предприятии   
клееварочное отделение, и, что важнее, клей всегда получается стабильным и высококачественным.   
В перспективе планируется все предприятия перевести на использование клея-пасты, поставляемого   
централизованно с нескольких клееварочных заводов.   
   Наполнение. Под наполнением бумаги понимают введение в композицию бумаги минеральных   
веществ-наполнителей для улучшения ее качества и экономических показателей. Введением   
наполнителей в композицию бумаги достигаются следующие цели: снижается себестоимость   
производства бумаги, так как стоимость наполнителя ниже стоимости волокон, часть которых   
заменяется наполнителем; повышается белизна бумаги, поскольку почти все наполнители имеют   
более высокую степень белизны, чем волокна; существенно увеличивается гладкость поверхности   
бумаги за счет заполнения частичками наполнителя пор и неровностей между волокнами на   
шероховатой поверхности листа; уменьшается непрозрачность бумаги, что дает возможность писать и   
печатать с обеих сторон листа; улучшается равномерность просвета; увеличивается мягкость и   
пластичность — бумага меньше «шумит» при перелистывании; снижается объемная масса, пористость   
и, следовательно, впитываемость типографских красок и т. п.   
   О содержании наполнителя в бумаге судят по показателю зольности бумаги, который определяют   
по массе прокаленного остатка после сжигания навески бумаги и выражают в % к массе бумаги.   
Зольность бумаге придает в основном наполнитель, так как естественная зольность волокон менее 1   
%.   
   По зольности бумагу делят на четыре группы: бумага с естественной зольностью —   
фильтровальная, электроизоляционная, основа для фибры и пергамента, жиронепроницаемая;   
наполнители не вводятся;   
·      бумага малозольная (с зольностью до 5%) — газетная, мундштучная, обойная и др.; в этих   
видах бумаги важно сохранить механическую прочность, поэтому повышение содержания   
наполнителей, существенно снижающих механические показатели бумаги, нецелесообразно;   
·      бумага средней зольности — писчая с зольностью до 6 - 8%, некоторые виды бумаги для   
печати с зольностью до 15%; в эти виды бумаги наполнитель вводится в ограниченных   
количествах;   
·      бумага высокозольная (зольность свыше 15%) — это типографская, для глубокой печати и   
др.; для этих бумаг важно иметь хорошие печатные свойства и высокую непрозрачность, поэтому   
содержание наполнителя в них большое.   
   Общим недостатком введения наполнителей является заметное снижение механической   
прочности и степени проклейки бумаги. Кроме того, с увеличением содержания наполнителей в   
большей степени обнаруживается пылимость бумаги — явление отделения от поверхности бумаги   
мелких волокон, частиц наполнителя, проклеивающих веществ. Этот эффект резко ухудшает качество   
печати — бумажная пыль прилипает к печатной форме, забивает набор и клише.   
   Крашение и подцветка. С целью придания бумаге приятных эстетических свойств многие ее   
виды производят цветными, например: афишную, обложечную, писчую цветную, бумагу для спичечных   
коробков, конвертную, салфеточную, упаковочные виды и др. Различают крашение бумаги и   
подцветку. В процессе крашения бумаге придается необходимый цвет, а при подцветке —   
определенный цветовой оттенок, для чего в бумажную массу перед изготовлением бумаги вводят   
соответствующие красители. Крашение бумаги является сложным процессом, так как окраске   
подвергается бумажная масса, в большинстве случаев состоящая из нескольких разнохарактерных   
волокнистых, наполняющих и проклеивающих частиц, которые имеют различную восприимчивость к   
одному и тому же красителю; поэтому для получения качественно окрашенной бумаги очень важно   
правильно подобрать краситель.   
   В бумажной промышленности нашли применение красители органического происхождения:   
основные, кислотные, прямые, а также некоторые минеральные пигменты. Применяемые красители   
имеют много различных цветов и оттенков и обладают высокой красящей способностью.   
Изготовление бумаги на бумагоделательной машине  
   Для изготовления бумаги и картона применяют два типа бумагоделательных машин:   
плоскосеточные и круглосеточные. Первые используются для производства бумаги, вторые —   
картона. Основное отличие машин состоит в том, что в плоскосеточных машинах формирование   
бумажного полотна осуществляется на движущейся горизонтальной сетке, а в круглосеточных —   
полотно формуется на вращающейся цилиндрической сетке.   
   Устройство бумагоделательной машины. Бумагоделательная машина состоит из сеточной,   
прессовой, сушильной и отделочной частей и привода. К ней относятся машинный бассейн для   
аккумулирования бумажной массы перед подачей на машину, оборудование для рафинирования,   
подмола и очистки массы, насосы для подачи воды и массы, вакуумные насосы, устройства для   
переработки брака, бассейны оборотной воды, приточно-вытяжная вентиляционная система,   
регулирующие и контрольно-измерительные приборы. Более детальное устройство основных частей   
плоскосеточной машины и их назначение рассмотрим на примере современной отечественной   
широкоформатной скоростной бумагоделательной машины Б-15 для производства газетной бумаги.   
   Сеточная часть предназначена для формования и обезвоживания бумажного полотна и   
включает напорный ящик и сеточный стол. Напорный ящик предназначен для равномерного и   
непрерывного напуска массы на сетку по всей ее ширине. Сейчас широко применяются закрытые   
напорные ящики, в которых требуемый напор массы создается давлением воздушной подушки.   
Бумажная масса на сетку выливается при помощи напускного устройства, обеспечивающего выход ее   
с одинаковой скоростью и в одинаковом количестве по всей ширине сетки, подачу массы спокойным   
потоком, без перекрещивания струй, завихрений и хлопьеобразований.   
   Сеточный стол представляет собой горизонтальную плоскость, образованную сеткой,   
натянутой между грудным валом и отсасывающим гауч-валом. Обратная (нижняя) ветвь сетки   
поддерживается сетковедущими, сеткоправильными и сетконатяжными валиками. Натяжение сетки   
осуществляется сетконатяжными валиками, а сеткоправильные валики служат для предотвращения   
сползания сетки в стороны от продольной оси стола. В движение сетка приводится сеткоповоротным   
(сетковедущим) валом (он расположен под пересасывающим валом) или одновременно   
сеткоповоротным и гауч-валом.   
   Сетка является основным элементом сеточного стола. На ней происходит формование   
бумажного полотна из бумажной массы. При помощи сетки приводятся в движение грудной вал и все   
остальные валики сеточного стола. При выполнении технологических функций сетка подвергается   
интенсивному механическому и химическому воздействию, поэтому она должна обладать достаточной   
прочностью на разрыв, изгиб, истирание и быть кислотоустойчивой. Она должна иметь хорошую   
водопропускную способность и высокую плотность, чтобы по возможности меньше мелких волокон   
уходило с оборотной водой, менее заметной была маркировка бумаги (оттиск сетки на стороне   
полотна бумаги, соприкасающегося с сеткой при формовании).   
   Под верхней ветвью сетки, по направлению ее хода последовательно грудного до гауч-вала,   
расположены: формующая доска или ящик, гидропланки или регистровые валики, отсасывающие   
ящики. Основное назначение этих элементов — формование бумажного полотна за счет создания   
режима обезвоживания бумажной массы на сетке требуемой интенсивности, а также поддержание   
сетки от провисания между грудным и гауч-валом.   
   В современных быстроходных бумагоделательных машинах регистровые валики уступили место   
гидропланкам и мокрым отсасывающим ящикам. Это обеспечивает качественное формование   
структуры полотна бумаги при более интенсивном процессе его обезвоживания.   
   Прессовая часть служит для дальнейшего механического обезвоживания полотна бумаги после   
сеточного стола. В большинстве бумагоделательных машин прессовая часть состоит из 2 - 3   
двухвальных прессов. Машины, предназначенные для выработки бумаги из массы жирного помола,   
имеют 4 - 5 прессов. Обычный пресс имеет 2 вала: верхний, гранитный, или стонитовый, и нижний,   
металлический, облицованный резиной. Интенсивность обезвоживания в прессе регулируется   
давлением между валами, создаваемым прижимом, или вылегчиванием одного из валов (обычно   
верхнего). В каждом прессе имеется сукно, охватывающее один из валов. Сукно устанавливается и   
поддерживается в рабочем положении при помощи сукноведущих, сукнонатяжных, сукноразгонных и   
сукноправильных валиков. Основное назначение сукон — предохранение структуры полотна бумаги от   
раздавливания во время прессования, впитывание влаги, транспортирование слабого сырого полотна   
в прессе и его передача в следующий пресс. При проходе пресса бумага одной стороной лежит на   
сукне и получает от него маркировку, а другой — соприкасается с верхним гладким валом. В   
результате чего одна сторона бумаги сглаживается, а другая нет. Для сглаживания ее поверхности   
часто устанавливают обратный пресс, в котором сторона бумаги, соприкасавшаяся в предыдущем   
прессе с сукном, контактирует с гладким валом пресса. Развитием прессовой части машин для   
интенсификации процесса прессования бумаги вместо обычных прессов является установка   
отсасывающих и сдвоенных прессов. Каждый из этих прессов приводится в движение строго от   
индивидуального привода.   
   Сушильная часть служит для окончательного обезвоживания полотна бумаги испарением влаги.   
Сушильная часть состоит из сушильных цилиндров, расположенных в два яруса в шахматном порядке.   
Сушильный цилиндр — это полый стальной цилиндр диаметром 1500 или 1800 мм, изнутри   
обогреваемый паром. Поверхность цилиндров, как и прессовых валов, имеет высокую степень   
обработки — она отшлифована и отполирована. Цилиндры рассчитаны на рабочее давление 0,35   
МПа. Число цилиндров зависит от вида вырабатываемой бумаги и скорости машины.   
   Отделочная часть состоит из машинного каландра и наката. Установленный между сушильной   
частью и накатом машинный каландр служит для повышения лоска, гладкости и объемной массы   
большинства видов бумаги. Каландр состоит из 5 - 8 горизонтально один над другим расположенных   
валов, приводящихся в движение от нижнего вала. Поверхность валов шлифуют и полируют. Линейное   
давление между валами регулируют механизмом прижима и подъема. В процессе работы от трения   
валы сильно разогреваются, поэтому для охлаждения валов каландра предусмотрена система их   
охлаждения. Иногда для поверхностной обработки бумаги и картона (проклейки, окраски, пропитки и   
др.) в процессе ее изготовления на бумагоделательной машине в сушильной части устанавливают   
клеильный пресс.   
   После машинного каландрирования бумага поступает на накат, где наматывается в рулон. В   
настоящее время почти на всех современных машинах применяют периферические накаты   
барабанного типа. Основной их частью является чугунный барабан диаметром 1200 мм, который   
вращается от привода бумагоделательной машины. Окружная скорость барабана равна скорости   
изготовления бумажного полотна. Намотка рулона бумаги осуществляется на тамбурный валик,   
который специальным устройством прижимается к барабану, обеспечивая равномерную и плотную   
намотку бумаги.   
   Привод бумагоделательной машины предназначен для привода в движение всех частей   
бумагоделательной машины. Он обеспечивает плавное изменение скорости отдельных частей в   
определенных пределах, строгое постоянство скорости приводимых частей при установившемся   
режиме работы машины. Пределы изменения регулирования скоростей зависят от вида   
вырабатываемой бумаги.   
Основные технологические процессы изготовления бумаги на   
бумагоделательной машине, их назначение и характеристика  
   Технологический процесс изготовления бумаги (картона) включает следующие основные   
операции: аккумулирование бумажной массы; разбавление ее водой до необходимой концентрации и   
очистку от посторонних включений и узелков; напуск массы на сетку; формование бумажного полотна   
на сетке машины; прессование влажного листа и удаление избытка воды: сушку; машинную отделку и   
намотку бумаги (картона) в рулон. В технологическом потоке производства бумаги бумагоделательная   
машина — самостоятельный агрегат, основные узлы которого установлены строго последовательно   
вдоль монтажной оси.   
   Аккумулирование. Приготовление бумажной массы проводят в размольно-подготовительном   
отделе. Потоки волокнистых, наполняющих, проклеивающих, окрашивающих и других материалов,   
составляющих композицию данного вида будущей бумаги, направляются в дозатор или составитель   
композиции, где они непрерывно и строго дозируются в заданном соотношении, а затем поступают в   
мешальный бассейн. В этом бассейне масса тщательно перемешивается и аккумулируется   
(накапливается).   
   Рафинирование. Рафинирование бумажной массы производится перед ее подачей на машину в   
аппаратах непрерывного действия — конических и дисковых мельницах. В процессе рафинирования   
бумажной массы происходит выравнивание степени помола массы, устранение пучков волокон и   
некоторый подмол массы. Для этого мельницы устанавливают после машинного бассейна   
непосредственно перед бумагоделательной машиной.   
   Подача массы на бумагоделательную машину. По выходе из машинных бассейнов масса   
при концентрации 2,5 - 3,5 % дозируется и направляется на бумагоделательную машину. Перед   
поступлением на машину она разбавляется оборотной водой, очищается от посторонних загрязнений, а   
также от узелков и комочков. Для поддержания постоянной массы 1 м2 вырабатываемой бумаги   
необходимо, чтобы в единицу времени на сетку машины поступало одно и то же количество массы, при   
этом скорость машины должна быть постоянной. Скорость машины изменяют при переходе на   
выработку другого вида бумаги.   
   На современных бумагоделательных машинах массу 1 м 2 вырабатываемой бумаги   
поддерживают постоянной автоматическими регуляторами. На бумагоделательную машину массу   
подают с помощью насоса и ящика постоянного напора. Масса, поступающая на бумагоделательную   
машину, разбавляется водой в смесительном насосе. Разбавление необходимо, во-первых, для   
последующей очистки массы, так как из густой массы трудно удалять загрязнения, и, во-вторых, для   
лучшего формования бумаги на сетке бумагоделательной машины.   
   Формирование бумажного листа на сетке бумагоделательной машины. Бумажная масса,   
разбавленная до необходимой концентрации и очищенная от посторонних включений, поступает в   
напорный ящик бумагоделательной машины. Необходимая степень разбавления массы для отлива   
бумаги на сетке бумагоделательной машины зависит от массы 1 м 2 бумаги, рода волокна и степени   
помола массы. Формирование бумажного листа происходит на сетке бумагоделательной машины.   
Бумажная масса, разбавленная до необходимой концентрации и очищенная от посторонних   
включений, поступает в напорный ящик бумагоделательной машины. Необходимая степень   
разбавления массы для отлива бумаги на сетке бумагоделательной машины зависит от массы 1 м 2   
бумаги, рода волокна и степени помола массы   
   Напуск массы на сетку. Эта операция осуществляется при помощи напускного устройства —   
напорного ящика. Для нормальной работы машин при скоростях 450 - 500 м/мин требуется напор   
массы в напорном ящике 2,5 - 3 м, при скорости 600 м/мин — около 4,2 м и т. д. Напускное устройство   
обеспечивает напуск бумажной массы на бесконечную сетку, движущуюся в направлении от грудного к   
гауч-валу с одинаковой скоростью и в одинаковом количестве по всей ширине сетки. Напуск массы   
осуществляется почти параллельно сетке без всплесков. Скорость напуска массы на сетку должна   
быть на 5 - 10 % ниже скорости сетки. Если скорость массы значительно отстает от скорости сетки, то   
увеличивается продольная ориентация волокон (ориентация в машинном направлении) и прочность   
бумаги в продольном направлении.   
   Формирование бумажного листа (отлив). Формирование, или отлив, бумажного листа   
представляет собой процесс объединения волокон в листовую форму с созданием определенной   
объемной капиллярно-пористой структуры. Этот процесс осуществляется на сеточной части   
бумагоделательной машины постепенным и последовательным удалением воды из бумажной массы   
(обезвоживанием). Режим обезвоживания, начинаемый в начале сеточного стола и заканчиваемый   
сушкой бумаги в сушильной части, на всех этапах технологического процесса оказывает существенное   
влияние на качество бумаги и производительность машины.   
   Прессование. После сеточной части бумажное полотно поступает в прессовую, состоящую   
обычно из нескольких прессов, на которых оно последовательно обезвоживается до сухости 30 - 42 %.   
Для интенсификации обезвоживания полотна в прессовой части применяют прессы с желобчатыми   
валами и повышенным линейным давлением между ними. Важное значение для обезвоживания   
полотна имеют надлежащий подбор сукон и их кондиционирование. Бумажное полотно, сформованное   
в сеточной части, автоматически вакуум-пересасывающим устройством передается на сукно   
прессовой части. Современные конструкции комбинированных многовальных прессов обеспечивают   
прохождение бумаги без свободных участков (участков, где полотно бумаги не поддерживается   
сукном), что позволяет осуществить безобрывную проводку бумаги в прессовой части.   
   Сушка. В сушильной части бумагоделательной машины бумажное полотно обезвоживается до   
конечной сухости 92 - 95 %. В процессе сушки удаляется 1,5 - 2,5 кг воды на 1 кг бумаги, что примерно   
в 50 - 100 раз меньше, чем на сеточной и прессовой частях машины. При сушке одновременно   
происходит дальнейшее уплотнение и сближение волокон. В результате повышается механическая   
прочность и гладкость бумаги. От режима сушки зависят объемная масса, впитывающая способность,   
воздухопроницаемость, прозрачность, усадка, влагопрочность, степень проклейки и окраска бумаги.   
   Бумажное полотно, проходя по сушильным цилиндрам, поочередно соприкасается с нижними и   
верхними цилиндрами то одной, то другой своей поверхностью. Для лучшего контакта между   
цилиндрами и бумагой и облегчения заправки применяют сушильные сукна (сетки), охватывающие   
сушильные цилиндры примерно на 180°.   
   Сушка бумаги на сушильном цилиндре состоит из двух фаз: на нагретой поверхности цилиндра под   
сукном и на участке свободного хода, т. е. когда бумажное полотно переходит с одного цилиндра на   
другой. В первой фазе, под сукном, испаряется основное количество влаги: на тихоходных машинах до   
80 - 85 %, на быстроходных до 60 - 75 % всей влаги, испаряемой в сушильной части машины. Во   
второй фазе на участках свободного хода влага испаряется с обеих сторон бумаги за счет тепла,   
поглощенного бумагой в первой фазе сушки. При этом бумага в зависимости от скорости машины   
претерпевает понижение температуры на 4 - 15°. При падении температуры снижается скорость   
сушки, особенно на тихоходных машинах, так как на них падение температуры полотна бумаги больше,   
чем на быстроходных. С повышением скорости машины количество испаряемой воды на участке   
свободного хода бумаги увеличивается. С уменьшением количества воды в бумажном полотне   
интенсивность сушки на свободном участке понижается.   
   Температуру сушильных цилиндров повышают постепенно, что способствует улучшению качества   
бумаги и завершению процесса проклейки. В конце сушильной части температуру поверхности   
цилиндров снижают, так как высокая температура при небольшой влажности бумаги действует на   
волокна разрушающе.   
   Отделка. После сушки бумажное полотно с целью уплотнения и повышения гладкости проходит   
через машинный каландр, состоящий из расположенных друг над другом 2 - 8 валов. Полотно, огибая   
поочередно валы каландра, проходит между ними при возрастающем давлении. Современные   
машинные каландры снабжаются механизмами прижима, подъема и вылегчивания валов. Нижний вал   
и один из промежуточных выполняются с регулируемым прогибом, что позволяет применять высокие   
давления в захватах валов при сохранении равномерности давления по ширине полотна. Пройдя   
каландр, бумажное полотно непрерывно наматывается на тамбурные валы в рулон диаметром до   
2500 мм. Перезаправка с одного тамбурного вала на другой осуществляется при помощи специальных   
механизмов и устройств.   
   После бумагоделательной машины бумага поступает на продольно-резательный станок и далее к   
упаковочной машине. Для получения более высоких показателей плотности, гладкости и лоска   
большинство видов бумаги для печати, писчей и технической пропускают через суперкаландр.   
   Размещение бумагоделательных машин. Бумаго- и картоноделательные машины   
размещаются на двух этажах. Основные узлы машины, где формируется, обезвоживается и   
наматывается полотно, размещаются на втором этаже, а вспомогательное оборудование   
технологических коммуникаций — на первом. На первом этаже устанавливается также оборудование   
для переработки мокрого (гауч-мешалка) и сухого (гидроразбиватель) брака, станция   
централизованной смазки и др.   
Классификация бумаги  
   Все многообразие видов бумаги подразделяется на десять классов:   
1.   Бумага для печати — наиболее массовый вид бумаг, предназначенных для печатания   
различными методами издательской и изобразительной продукции (газетная, типографская,   
офсетная, для глубокой печати, иллюстрационная, картографическая, обложечная, этикеточная и   
др.).   
2.   Декоративная — бумага, имеющая окрашенную гладкую, крепированную поверхность, или   
поверхность, имитирующую бархат, мрамор, кожу, полотно; это аэрографная, бархатная,   
крепированная, мраморная и другие виды бумаг, применяемые для отделки книжных переплетов,   
оформления книжно-журнальной продукции.   
3.   Бумага для письма, машинописи, черчения и рисования — писчая, писчая цветная, тетрадная,   
почтовая, машинописная, ротаторная, копировальная, чертежная, бумага ватман, бумажная   
калька, прозрачная чертежная бумага, рисовальная и др.   
4.   Электротехническая бумага — электроизоляционная, телефонная, конденсаторная,   
кабельная, полупроводящая кабельная, микалентная и др.   
5.   Упаковочная и оберточная бумага — бумага для упаковки продуктов на автоматах,   
упаковочная бумага для сахара, чая, фруктов, стеклянной тары, текстильной продукции,   
мешочная бумага, бумага для спичечных коробок, светонепроницаемая бумага для   
кинофотоматериалов, жиронепроницаемая упаковочная бумага, оберточная, растительный   
пергамент, пергамин, подпергамент и др.   
6.   Светочувствительная бумага — светочувствительная, диапозитивная светочувствительная и   
фотографическая бумага, бумажная диапозитивная светочувствительная калька.   
7.   Бумага для изготовления папирос и сигарет — курительная, мундштучная, папиросная и   
сигаретная.   
8.   Впитывающая бумага — впитывающая бумага для хроматографии, промокательная,   
фильтровальная различного назначения.   
9.   Промышленно-техническая бумага разного назначения для ртутно-цинковых элементов,   
химических источников тока, каландровая бумага, патронная, шпагатная, водорастворимая,   
перфокарточная, термореактивная, теплочувствительная, для электрографии, гуммированная   
бумага для переводных изображений и др.   
10.        Бумага-основа — к ней относятся бумаги, используемые в качестве основы для   
производства многих видов бумаг, бумажных изделий и фибры путем соответствующих   
обработок, пропиток и покрытий (бумага-основа, основа мелованной, термореактивной,   
копировальной, парафинированной, пергамента, фотобумаги, фотокальки, абразивной; основа   
для переводной фольги, облицовочного материала, упаковочной для молочных продуктов,   
гигиенических салфеток, клееной ленты, склеенного картона и др.   
Свойства бумаги и их связь со свойствами волокнистых полуфабрикатов  
   Все волокнистые материалы различного происхождения, известные на сегодняшний день, могут   
служить полуфабрикатом для производства бумаги и картона. Однако основную массу волокнистых   
полуфабрикатов бумажно-картонного производства составляют растительные волокна: волокна   
древесины в виде различной древесной массы, целлюлозы и полуцеллюлозы; волокна макулатуры в   
виде макулатурной массы; волокна тростника и соломы в виде тростниковой и соломенной целлюлозы   
и полуцеллюлозы; волокна тряпья в виде тряпичной полумассы. Для придания некоторых специальных   
свойств бумаге и картону нашли также применение животные (шерстяные), минеральные (асбестовые,   
базальтовые, стеклянные) и синтетические (лавсан, нитрон, капрон, поливинильные, полиэтиленовые,   
полиэфирные и др.) волокна.   
   К числу основных показателей, характеризующих свойства различных видов бумаги, относятся:   
толщина, или объемная масса; зольность; степень проклейки; гладкость; белизна; прозрачность;   
сопротивление разрыву, излому, продавливанию, раздиранию; удлинение до разрыва; прочность   
поверхности; влагопрочность; деформация при намокании; скручиваемость; впитывающая   
способность; воздухопроницаемость; показатели электрической прочности.   
   Для достижения тех или иных необходимых свойств бумаги (картона) пользуются следующими   
методами:   
·      подбором исходных волокнистых полуфабрикатов, т. е. составлением композиции бумаги и   
картона по виду и происхождению волокон;   
·      изменением технологических режимов одного или нескольких основных процессов бумажного   
производства (массного размола, отлива, сушки);   
·      введением в бумажную массу различных добавок (минеральных наполнителей, красителей,   
дефлокулянтов, проклеивающих и других веществ);   
·      отделкой бумаги или картона, включая операции каландрирования, крепирования,   
гофрирования, тиснения, армирования, покрытия синтетическими пленками и др.;   
·      обработкой поверхности бумаги или картона химикатами (поверхностная проклейка, пропитка   
различными составами, окраска, мелование, пластификация, лакирование, обработка   
минеральными реагентами).