

# Об изучении процессов прядения волокнистых материалов

Доктор технических наук профессор В. А. ВОРОШИЛОВ  
(Ивановский текстильный институт)

ОТ РЕДАКЦИИ.

*Последние годы своей жизни В. А. Ворошилов работал над монографией «Теория основных процессов прядения волокнистых материалов», в которой он предполагал дать обобщение теоретических и экспериментальных исследований в области прядения различных волокон. В А. Ворошиловым были вчерне подготовлены следующие разделы: введение, разрыхление и очистка, процесс чесания игольчатыми и пильчатыми гарнитурами и гребнечесание.*

*Редакция журнала намечает выпуск нескольких статей из указанной монографии. Помещаемая здесь статья — первая из этой серии. Подготовка статьи выполнена доцентом кандидатом технических наук А. К. Киселевым.*

Способы приготовления пряжи и нитей из волокон растительного и животного происхождения стали известны человеку еще в доисторические времена.

Все операции по выработке из сырья пряжи выполнялись руками при помощи весьма примитивных приспособлений.

При этом для всех видов волокон последовательно осуществлялись следующие технологические процессы:

1. Рыхление и очистка волокнистого материала.
2. Чесание, целью которого было разделение и распрямление волокон.
3. Приготовление тонкой ленточки из волокон — процесс утонения и параллелизации.
4. Кручение, с целью получения нити достаточной крепости.
5. Намотка в такой форме, которая обеспечивала бы сохранение нити и возможность ее дальнейшего использования.

Образцы текстильных изделий, обнаруженные при раскопках древних поселений и гробниц, свидетельствуют о высоком мастерстве рук человеческих — нити и ткани по своей добротности, тонине, равномерности и крепости не уступают продукции современного машинного производства.

Первые прядильные машины появились во второй половине XVIII века. На протяжении XIX века последовал большой ряд принципиально существенных и решающих изобретений, так что к началу XX века были

механизированы все основные процессы прядения, которые по своему назначению и последовательности и до наших дней остаются теми же, что и перечисленные выше процессы ручного прядения. Автор не предполагает, излагать здесь историю развития текстильного машиностроения, отсылая интересующихся к специальным источникам. Отметим лишь несколько общих положений, поскольку это необходимо для характеристики современного состояния науки о прядении.

Прядильные машины создавались исключительно эмпирически на основе производственного опыта и в условиях становления буржуазии в капиталистических странах, преимущественно в Англии, а затем в Америке.

Изобретатели и конструкторы, недостаточно образованные, не понимали, а потому и не признавали значения для текстиля таких наук, как математика, физика, механика и т. д. С другой стороны, представители этих наук стояли слишком далеко от предприятий промышленности и также не подозревали, что в ее недрах, в частности и в текстиле, кроется широкое поле не только для приложения, но и для уточнения и дальнейшего развития представляемых ими наук.

О правильности и рентабельности изготавливаемых конструкций, а также о сущности технологических процессов существовали весьма смутные представления; научного подхода к изучению явлений, а также достаточно обстоятельных теоретических исследований не было, а при указанных выше условиях и не могло быть.

Пора грубого эмпиризма и исключительно опытных исследований давно миновала.

Дальнейший прогресс обуславливается необходимостью более глубокого изучения явлений и их теоретического обоснования в свете законов диалектического материализма и на основе широкого использования физико-математических и естественных наук.

Очередных проблем, подлежащих изучению и разрешению, хотя бы и частичному, в текстильном деле еще очень много. Можно определенно сказать, что каждый цех прядильной фабрики является широким полем для научных исследований.

Современные сложные машины и агрегаты обладают еще крупными и существенными недостатками, из которых в первую очередь следует отметить следующие:

1. Очистка волокнистого материала от засорений и пороков далеко не совершенна: некоторое количество порочных единиц проникает в готовые изделия.

2. Вместе с примесями и пороками еще довольно значительное количество ценного прядомого волокна выделяется в отходы.

3. Велико число переходов и повторных операций, например, в системах прядения гребенной шерсти и отходов натурального шелка.

4. Не найдены методы определения рационального сочетания размеров и параметров отдельных механизмов, рабочих органов и гарнитур. Во многих случаях приходится настраивать механизмы и процессы на глаз и на ощупь.

5. Почти во всех переходах механизмы и рабочие органы порождают дополнительную неровноту. Приходится принимать специальные меры и дополнительно устанавливать сложные устройства с целью регулирования потоков и выравнивания продуктов.

Причинами такого положения вещей являются: неоднородность сырья по физико-механическим свойствам, наличие весьма разнообразных форм их взаимного расположения в общей массе и в отдельных порциях, неопределенность их движения и относительных смещений при осуществлении технологических процессов

С целью общего обзора технологических процессов и операций, их последовательности и взаимосвязи нами составлена следующая таблица.

А. Основные процессы	В. Выравнивание	С. Уплотнение	Д. Дополнительные и подсоб. процессы
<b>I. Рыхление и очистка</b> 1. Расщипывание и удар 2. Отсос и подсос воздуха	1. Сортировка 2. Смешивание 3. Автопитание 4. Регулирование по № 5. Сигнализация 6. Блокировка 7. Переменное питание 8. Пельцевание 9. Штапелирование	1. Пресс-валики 2. Сетчатые барабаны 3. Плющильные валы 4. Тормозы 5. Вытяжки меньше единицы 6. Воронки 7. Каландры	1. Увлажнение 2. Замасливание 3. Подогревание 4. Промывка и глажение 5. Вылеживание 6. Браковка 7. Трошение 8. Транспортировка механическая и пневматическая 9. Отделка — очищение, опаливание, лощение, контроль 10. Упаковка
<b>II. Чесание</b> 1. Игольчатыми и пильчатыми лентами 2. Гребнями	1. Разложение общей вытяжки на частные 2. Сложение 3. Автоостановы 4. Нагрузки и разводки 5. Поля сил трения	1. Воронки 2. Уплотнители 3. Зажимы 4. Плющильные валики 5. Вытяжка меньше числа сложений 6. Сучение	
<b>III. Утонение</b> 1. Вытягиванием 2. Делением	1. Сложение мычек 2. Совмещение крутки с вытяжкой 3. Регуляторы натяжения 4. Сепараторы	1. Ложная крутка 2. Мокрое прядение	
<b>IV. Кручение</b> 1. Действительная крутка ровниц и пряжи 2. Ложная крутка. 3. Скручивание нитей.	1. Раскладники 2. Регуляторы скоростей и натяжений. 3. Автоостановы 4. Ликвидация обрывов и методы присучки.	1. Вес бегунков 2. Подниточник 3. Торможение катушек 4. Шаг намотки 5. Форма и размеры наковок	
<b>V. Наматывание</b> 1. Намотка цилиндрическая, коническая, диагональная крестовая, фасонная 2. Размотка и перемотка.			

В первой вертикальной колонке А последовательно указаны основные процессы, общие для всех видов волокон.

Во второй колонке В под рубрикой «выравнивание» перечисляются процессы, применяемые параллельно основным, а также некоторые приборы и механизмы специально для выравнивания продуктов.

Различные методы борьбы с неровнотой простираются на всем протяжении производства от сортировки и до конечного продукта — пряжи.

Возможно полное разрыхление материала и разделение его на отдельные волокна преследуют цель получить пряжу наибольшей добротности; эту задачу и выполняют рабочие органы в основных процессах.

Однако для возможности передачи материала с одного рабочего органа на другой, или с одного перехода на последующий, неизбежно приходится применять обратные операции — сгущения и уплотнения.

Поэтому в третьей колонке С под рубрикой «уплотнение» перечисляются органы и приспособления, устанавливаемые дополнительно к основным рабочим органам в указанных целях.

Такие установки имеют место также на всем протяжении производства.

По горизонтали таблицы можно видеть, какие именно операции выравнивания и уплотнения осуществляются одновременно с основными процессами.

В четвертой колоде *Д* указаны некоторые дополнительные и подсобные процессы, которые не являются обязательными для всех видов волокон и всех систем прядения. Назначение их определяется некоторыми специфическими свойствами материала, выбором системы прядения и видами изготавливаемой продукции.

Машины прядильных производств обладают большой сложностью. Они содержат в себе значительное количество рабочих и вспомогательных органов и механизмов, оживленных различными скоростями от одного—двух и до нескольких тысяч оборотов в минуту, а также совершающих разного вида поступательные и колебательные движения.

Назначение скоростей различным органам машины по величине и направлению проектируется технологом, а затем посредством передач жестких и с гибкими связями осуществляется конструктором, который в своих построениях в первую очередь должен удовлетворить всем требованиям технологии.

Рассматривая любую машину, прежде всего следует обратить свое внимание на устройство и расположение тех рабочих органов, которые непосредственно осуществляют технологический процесс. В большинстве случаев эти органы обладают большими моментами инерции и вращаются с большими скоростями — барабан, трепала, веретена; сюда следует отнести также такие быстроходные органы, как вентиляторы, конические барабанчики, съемные гребни, бегуны и т. п.

При пуске в ход, в период разгона машины, они аккумулируют в себе значительное количество кинетической энергии, которая при остановках рассеивается в окружающем пространстве и поглощается в специальных тормозных устройствах, т. е. бесполезно теряется. Во избежание таких потерь, при временных остановках некоторых узлов машины, что диктуется требованиями технологии, эти быстроходные органы не останавливаются.

Например, при отсечке холстов останавливаются плющильные валы, цилиндры, сетчатые барабаны, питающие устройства, а трепала, ножевые барабаны, коноиды регулятора, вентиляторы продолжают вращаться с той же скоростью. Передача движения к ним обычно применяется с гибкими связями; при этом потеря скорости на скольжение практически не отражается на самом процессе.

Обычно машина комбинируется из нескольких последовательных секций, каждая из которых состоит из трех частей: центральное место занимает рабочий орган, ему предшествуют органы подачи материала, а после него органы отвода обработанного продукта и транспортирования его к следующей секции. Органы подачи и отвода обычно идут с малыми скоростями и требуют точного соотношения скоростей, что определяется заправочными расчетами. Поэтому здесь применяются жесткие передачи — зубчатые, винтовые, червячные и т. п.

В состав этих передач входят сменные колеса, из которых следует особо отметить два вида — ходовые и вытяжные.

Смена ходовой шестерни изменяет скорости подачи и отвода в одном и том же масштабе, отношение же скоростей остается неизменным, а потому вытяжка и номер выпускаемого продукта сохраняет свои заправочные значения. Изменяется только общая скорость продвижения материала через всю машину (или секцию) в целом. При постоянных скоростях рабочих органов изменяется при этом результат их воздействия на материал — степень трепания, степень чесания, крутка.

На ровничных и прядильных машинах роль ходовых выполняют сменные крутильные колеса.

При смене ходовых изменяется производительность машины — увеличение производительности покупается ценой уменьшения степени обработки материала.

Сменные вытяжные колеса обычно помещаются между органами подачи и отвода и, как правило, меняют скорость питания; при этом изменяются вытяжки и номер продукции, следовательно, и весовая производительность машины.

Третьим видом сменных колес являются подъемные и мотальные, влияющие на структуру и плотность паковок. Особо следует отметить применение в передачах распределительных валов с закрепленными на них эксцентриками и кулаками, при помощи которых периодически включаются в работу или выключаются отдельные механизмы или рабочие органы таких сложных машин, как гребнечесальные и прядильные периодического действия. Сюда можно отнести передачи для сложения скоростей (дифференциальные приборы) и передачи, определяющие совместную работу органов, совершающих свои движения с переменными скоростями.

Почти на всех переходах всех систем прядения и при обработке всех видов волокон, органы подачи и отвода выполняются в виде зажимов, в которых между волокнами возбуждаются поля сил трения различной интенсивности и протяженности. Конструкции зажимов довольно разнообразны и установка их определяется требованиями технологического процесса на данном этапе производства.

Мы будем различать следующие два вида зажимов:

1. Зажимы абсолютные, в которых проскальзывание волокон не допускается; сопротивление протаскиванию здесь больше крепости волокон.

2. Зажимы свободные, в которых сопротивление протаскиванию должно быть меньше крепости волокон; силы трения, возбуждаемые в таких зажимах, определяют степень распрямления волокон, но при этом исключается возможность их обрыва. Однако, в особых случаях, при протаскивании весьма длинных волокон обрывы сознательно допускаются с целью выравнивания штапеля по длинам.

Совокупность явлений, происходящих с волокнами в отдельных процессах и операциях, а также влияние устройства рабочих органов весьма сложны и многообразны.

Этим объясняется, что в исследовательских работах приходится пользоваться различными гипотезами или в той или иной степени идеализировать условия процесса с целью упрощения вопроса и возможности применения математического анализа для вывода формул пояснительного и расчетного характера. Относительно одного и того же процесса или влияния существуют различные точки зрения и создаются теории, часто противоречащие друг другу.

В сложных прядильных производствах еще много неясного, неразрешенных и спорных вопросов; для научных работников открыто широкое поле научного творчества и изобретательности. Считаю необходимым здесь сделать несколько замечаний общего характера.

Использование гипотез и постулатов является вполне законным и применяется во многих, даже вполне точных науках.

Однако постановка гипотезы должна быть достаточно обоснована или наблюдениями и обобщениями, или определенными соображениями логического порядка. При этих условиях гипотеза, изменяясь, уточняясь, или дополняясь в процессе исследования, приводит к полезным и приемлемым для практики результатам.

Например, представление о круглом сечении пряжи и о том, что волокна в пряже располагаются по правильным винтовым линиям недалеко от реальности и с успехом используются многими авторами.

Если же гипотеза принимается только по личным взглядам и вкусам автора, вообще произвольно, то в большинстве случаев выводы, на ней построенные, резко расходятся с действительностью и часто приводят к грубым ошибкам. Принимаемые безоговорочно, они не способствуют прогрессу, а, наоборот, тормозят развитие научной мысли.

Например, гипотеза о том, что на чесальной машине несущей поверхностью является только гарнитура барабана, привела к явно неверному выводу, что степень прочеса у съемного барабана значительно выше, чем у всего шляпочного полотна.

Когда то высказанное наобдуманно предложение о том, что причиной отставания бегунка от катушки является сила его трения о кольцо, долго считалось неоспоримым среди прядильщиков и до сих пор еще встречается в справочниках и учебниках; однако, это совершенно неверно.

Различные гипотезы о «законах» движения плавающих волокон, принимаемые авторами по их личному усмотрению без достаточной аргументации, совершенно не оправдали построенных на них расчетов.

Наиболее вредной гипотезой является совершенно необоснованная, а взятая также приблизительно, мысль о том, что текстильные материалы должны подчиняться законам и формулам сопротивления материалов.

Эта наука разработана достаточно полно и глубоко для твердых изотропных тел. Текстильные же материалы, состоящие из таких дискретных единиц, как волокна разных размеров, наделенные особыми свойствами своей структуры, имеющие возможность значительных относительных перемещений, резко реагирующие на условия окружающей среды, должны подчиняться особым законам, более сложным, но до сих пор недостаточно вскрытым.

Так, иногда бородка хлопка перед трепалом трактуется как прямолинейная консольная балка с равномерно распределенной нагрузкой, и на основании дифференциального уравнения упругой линии вычисляется стрела прогиба; но в других случаях удар трепала по бородке рассматривается как удар двух материальных точек, т. е. масс трепала и бородки, приведенных к точке удара.

Однако подобные упражнения к волокнистым материалам никакого отношения не имеют.

Явления, происходящие с волокнами в процессах их обработки, настолько сложны, что в некоторых случаях неизбежно приходится принимать некоторые упрощения, можно, например, пренебречь величинами, достаточно малыми сравнительно с основными; допустимо изолировать некоторые явления, изучая их «при одинаковых прочих условиях» или экстраировать те или иные свойства, вводя затем поправочные коэффициенты. Однако при этом необходимо давать себе отчет в том, насколько далеко решение вопроса сдвигается с орбиты реальных возможностей. Чрезмерная идеализация структуры продуктов, надуманные авансом «законы» распределения и движения волокон, не могут дать положительных результатов.

При выводе и компоновке расчетных формул широкое распространение имеет применение различного рода поправочных или уточняющих коэффициентов. Многие из них действительно имеют реальный смысл, практически полезны и достаточно характеризуют данное явление. Таковы, например, коэффициенты крутки, усадки, вариации, корреляции, полезного времени, производительности и т. п.

Однако, нередко встречаются коэффициенты весьма туманного содержания. Так, например, при попытке дать оценку работе трепала при помощи импульса его ударных воздействий приводится формула:

$$I = K m V \cdot$$

К обычному выражению количества движения приписан некоторый множитель  $K$ .

Этот коэффициент  $K$  зависит: «от распространения в толще бородки масс и скоростей, от формы и строения бородки, способа ее зажима, свойств материала, из которого составлена бородка и проч.». Весьма характерно здесь выражение — «... и прочее».

Ясно, что такой всеобъемлющий коэффициент есть не что иное, как фикция.

Необходимо сказать еще несколько слов о константах, фигурирующих в расчетах и формулах. Объединение нескольких констант в одну, или написание их в форме алгебраического выражения, удобного для выводов и расчетов, вполне законны и полезны. Однако при этом необходима сугубая осторожность. Каждый раз следует проверять их физическую размерность и отмечать, в каких единицах измерения получаются их цифровые значения.

Кроме того надо отдавать себе отчет в том, в каких пределах и при каких условиях выбранные константы действительно остаются постоянными.

При некоторой невнимательности легко впасть в грубые ошибки принципиального и расчетного характера. Иногда неосторожное обращение с размерностями приводит к противоречиям и аннулирует всю предварительную работу теоретических исследований.

Следует также предостеречь от чрезмерного применения сложных математических операций в учебных пособиях и сочинениях, рассчитанных на широкий круг читателей. Сложные математические выводы преследуют цель возможно большей точности, но часто получается так, что из-за деревьев не видно леса. Да в нашем деле и невозможно получение абсолютно точных вычислений. Во многих сочинениях выводятся весьма сложные уравнения кривой баллона на кольцепрядильных машинах. Однако форма нити, образующей баллон, все время изменяется в зависимости от колебаний планки, воздушных течений, неровноты самой нити. Точный учет совокупности всех этих факторов, строго говоря, невозможен, а между тем знание аналитического выражения кривой баллона для практических расчетов и не является существенно необходимым.