

**УДК 677.11.620**

**Анализ процесса вытягивания некрученной ровницы  
на прядильной машине**

Смирнова С.Г., Соркин А.П.

**КГТУ**

Проведен сравнительный анализ процессов вытягивания мокрой крученной ровницы и мокрой бескруточной ровницы. Установлен ряд преимуществ технологии формирования мокрой бескруточной ровницы, позволяющей получать пряжу с более низкой неровнотой.

Процесс вытягивания – один из основных процессов механического прядения. Изучением процесса вытягивания продуктов из льняного волокна занимались ряд исследователей. Среди них Л.Г. Гинзбург, А.Г. Севастьянов, И.В. Будников, П.П. Трыков, А.Н. Иванов, Е.А. Пестовская и др.

Технические комплексы льняного волокна, из которых состоят все полупродукты, и продукты прядения образованы из продольно-ориентированных волокон, склеенных естественной матрицей. Неоднородность технических комплексов льняного волокна по длине, толщине, расположению и качеству их в поперечном сечении, возможность неопределенного движения отдельных волокон и т.д., существенно затрудняют анализ данного процесса. Особенностью вытягивания при прядении льна является то, что наряду со смещением отдельных волокон происходит и интенсивное дробление более толстых комплексов на тонкие и их относительное смещение.

Способность технического волокна к дроблению в значительной мере зависит от количества и состава инкрустирующих веществ[1]. Чем их меньше, тем на более тонкие комплексы дробится волокно и тем лучше его прядильная способность. Для смещения элементарных волокон и их комплексов необходимо ослабить связи (склейки) между ними из пектиновых и других инкрустирующих веществ.

Для ослабления связей между элементарными волокнами в срединных пластинках технических комплексов с целью увеличения степени продольного дробления комплексов льняных волокон суровую льняную ровницу перед прядением подвергают химической обработке. В настоящее время широко применяются процессы жидкостной химической обработки ровницы: отварка, отбеливание [2]. Выбор режима химической обработки ровницы производится в зависимости от степени одревеснения срединных пластинок технических комплексов волокон и параметров структуры комплексов льняного волокна.

Особенности процесса вытягивания определяются способом прядения льна. При мокром прядении комплексных льняных волокон пряжа получается в результате утонения ровницы в зоне вытяжного прибора прядильной машины с последующим скручиванием мычки, и ее качественные характеристики (прочность на разрыв и коэффициент вариации по линейной плотности и разрывной нагрузке) связаны с процессом дробления технических комплексов волокон и их равномерным продольным перемещением. При недостаточно эффективном процессе дробления технических комплексов волокон, не происходит их равномерного продольного перемещения. Пряжа формируется из очень толстых комплексов волокон и имеет высокую неровноту. Процесс прядения в этом случае сопровождается повышенной обрывностью в зоне вытяжного прибора прядильной машины.

Формирование пряжи при мокром способе прядения должно, осуществляется из тонких волокон, большую часть которых составляют элементарные волокна и их небольшие комплексы. Однако в процессе дробления могут появляться не только тонкие комплексы, но и очень короткие волокна. Задача процесса вытягивания состоит в том, чтобы получить при достаточной тонине не очень короткие раздробленные технические волокна, т.к. очень мелкие волокна (пух) двигаются группами и образуют пороки пряжи в виде утолщений и шишек [1].

В ровнице содержатся технические волокна разной длины. Для обеспечения их дробления при мокром прядении, разводка между питающей и вытяжной парами на прядильной машине устанавливается заведомо меньшей средней длины основной массы волокон в ровнице.

Согласно[3], дробление технических волокон льна в процессе мокрого вытягивания происходит следующим образом (рисунок 1).

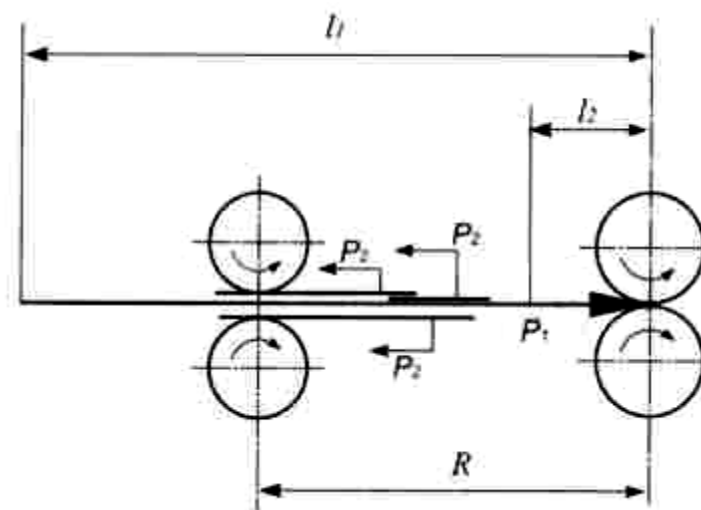


Рисунок 1. Распределение усилий при дроблении в процессе вытягивания.

Пусть длинное техническое волокно  $l_1$ , оказалось в зажимах питающей и вытяжных пар. Так как окружные скорости этих пар разные, то волокно должно разорваться по ослабленным спайкам. При разрыве произойдет раскалывание (расщепление) волокна – оно не только укоротится, но и утонится. Если бы волокно не было окружено другими волокнами, то его разрыв был бы равновероятен по всей его длине между зажимами и определялся бы только местом, где спайки наиболее ослаблены. Но волокно не изолировано, а окружено другими волокнами – число их в разных сечениях различное. Они движутся с разными скоростями и прижимаются к рассматриваемому волокну в одних местах сильнее, в других слабее (в зависимости от давления в зажиме пары и его распределения, наличия устройств для контроля за движением волокон –

прутков, ремешков, уплотнителей, гребенных полей и пр.). В случае мокрого вытягивания льняного волокна существенное влияние на процесс движения волокон оказывают склейка элементарных волокон и наличие вязкой среды, образуемой пектинами, содержащимися в льняном волокне.

Вблизи питающей пары единичное волокно окружено наибольшим количеством волокон, которые движутся со скоростью питающей пары и плотно прижаты к находящемуся между вытяжной и питающей парами волокну в результате действия пектиновых веществ, склеивающих волокна ровницы и воздействия крутки (при вытягивании крученой ровницы) или обвивочных волокон (при вытягивании бескруточной ровницы), упрочняющих мычку. Эти движущиеся волокна за счет трения ( $P_2$ ) воспринимают часть нагрузки ( $P_1$ ), действующей на зажатое волокно. Поэтому наибольшее напряжение растяжения в зажатом волокне испытывает участок, расположенный ближе к вытяжной паре, но не у самого зажима, т.к. здесь действует поле сил трения, создаваемое вытяжной парой.

Отрыв части волокна произойдет в месте наибольшего напряжения, т.е. недалеко от вытяжной пары. От длинного технического волокна  $l_1$  отделится короткий комплекс длиной  $l_2$ . Затем это техническое волокно опять подойдет к зажиму вытяжной пары, вновь окажется в зажиме обеих пар — и от технического волокна опять отделится короткий комплекс.

Так будет продолжаться до тех пор, пока задний конец волокна удерживается на скорости питания силами, способными вместе с силами поля трения вытяжной пары преодолевать прочность связей между элементарными волокнами и их комплексами. После выхода волокна из зажима питающей пары этими силами могут быть силы трения между волокнами, создаваемые, набухшими клеящими веществами, обвивочными волокнами (в случае бескруточной ровницы) и промежуточными устройствами, устанавливаемыми в вытяжном поле для увеличения сдерживающих сил. Натянутые таким образом волокна дробятся. Само слово «дробление» говорит

о характере отделения коротких частей волокна. Происходит не поперечный разрыв, а отрыв — по спайкам отдельных комплексов, из которых состоит подвергаемое дроблению техническое волокно. Следовательно, отрывающиеся короткие волокна тоньше нераздробленной части технического волокна. Однако пряжа в мокром прядении формируется не только из коротких тонких волокнистых комплексов, но и из более грубых, нераздробившихся в процессе вытягивания волокон с длиной меньше разводки. В эту группу волокон входят остатки от дробления и волокна, которые еще в ровнице имели длину меньше разводки и которые не подверглись дроблению по этой причине.

Таким образом, в мокром прядении льна в процессе вытягивания необходимо обеспечить не только равномерный сдвиг волокон, но и необходимо определенным образом раздробить эти волокна. Чем тоньше волокна, из которых формируется пряжа, тем она ровнее, прочнее и тем ниже ее обрывность при прядении. Поэтому необходимо знать, из каких волокон формируется пряжа, и как они двигаются в процессе вытягивания.

Закон распределения волокон по длинам можно получить в результате анализа изменения массодлины волокон, которая определяется путем штапельного анализа при ручном разборе волокон.

С целью определения того, какие волокна раздельно двигаются в процессе вытягивания и из каких волокон сформирована пряжа профессором Л.Н.Гинзбургом разработан метод определения штапельной диаграммы волокон в мычке по кривой утонения продукта в вытяжном приборе [4].

Штапельный анализ волокна в льняной пряже мокрого прядения имеет определенные трудности, связанные с тем, что штапельные составы ровницы и пряжи принципиально отличаются, поэтому анализ нужно производить только путем разборки пряжи. При этом волокна в пряже мокрого прядения после ее высыхания склеиваются пектинами, входящими в состав волокна. В случае разборки такой пряжи будет происходить дальнейшее дробление

технических комплексов, образующих пряжу. Определение линейной плотности технических комплексов волокон также представляет определенные трудности. Вследствие этого результаты анализа будут иметь существенную погрешность.

Наиболее эффективным методом определения штапельных характеристик волокна является емкостный метод с использованием комплекса КЛА-2. Принцип действия комплекса основан на косвенном измерении линейной плотности отрезков различной длины продукта по изменению емкости измерительного конденсатора датчика при перемещении между его пластинами материала с большой диэлектрической проницаемостью. При пропуске сухого продукта изменение емкости конденсатора пропорционально линейной плотности контролируемого материала.

Следует отметить, что среднее значение массодлины комплексов волокон в продуктах прядения, определенное путем штапельного анализа при ручном разборе волокон, выше средней длины комплексов волокон, определенных с помощью КЛА-2, так как удельный вклад тяжелых длинных комплексов при определении массодлины больше, чем при определении средней длины, учитывающей общее число волокон и их длину[1].

Наряду с дроблением важнейшим моментом в процессе мокрого вытягивания является сдвиг поступающих в вытяжной прибор волокон и сдвиг волокон, образовавшихся в результате дробления.

В зоне вытягивания сдвиг происходит, когда волокна меняют скорость движения с  $V_1$  (скорости питающей пары) до  $V_2$  (скорости вытяжной пары) вытяжного прибора. Экспериментальными исследованиями движения волокон в вытяжном приборе показано, что в процессе вытягивания волокна, обладая малой массой, а, следовательно, и малой силой инерции по сравнению с силами трения, действующими между соприкасающимися волокнами, меняют свою скорость с  $V_1$  на  $V_2$  практически мгновенно [5]. Наибольшая доля волокон (95-99%) за время движения в поле вытягивания испытывает однократное мгновенное изменение скорости. Изменение скорости волокон происходит на

протяжении всего поля вытягивания и доля волокон изменивших скорость с  $V_1$  на  $V_2$  постепенно растет.

Вытягивание может начаться на расстоянии максимальной длины волокна от вытяжной пары. Изменение скорости переднего конца волокна происходит в том сечении поля вытягивания, где действие сил трения быстро движущихся волокон ( $V_2$ ) больше сил трения и цепкости волокон с малой скоростью ( $V_1$ ). Волокна разной длины изменяет свою скорость с  $V_1$  на  $V_2$  в различных сечениях поля вытягивания.

Идеальными условиями вытягивания считается такой характер изменения поля сил трения, когда напряжение поля сил трения вытяжной пары уменьшается постепенно от питающей пары к вытяжной и резко возрастает в зоне вытяжной пары. Такой характер изменения поля сил трения обеспечивает движение по I-й предельной схеме (все волокна меняют скорость в момент, когда их передние концы достигают линии зажима вытяжной пары)[5].

Качество пряжи, образованной в процессе вытягивания, зависит от интенсивности воздействия факторов работы вытяжного прибора: разводки, кратности вытяжки, напряжения поля сил трения. С увеличением интенсивности воздействия этих факторов растет неровнота пряжи в зоне вытягивания  $C_v^2$  [12-400 мм], что значительно ухудшает ее качество [6]. Таким образом, для повышения качества пряжи необходимо увеличивать дробимость волокон, т.е. *ослабить напряжение сил трения и снизить интенсивность воздействия на волокно (вытягивающие усилия должны быть равномерные и не излишние)* в процессе вытягивания.

Рассмотрим, как выполняются условия вытягивания традиционной крученой и бескруточной ровницы.

В традиционной технологии мокрого прядения пряжа формируется из крученой ровницы. В вытяжном приборе прядильной машины значительное влияние на распределение сил оказывает крутка ровницы и ее изменение по мере вытягивания. Внешние волокна под действием крутки натягиваются и

прижимают друг к другу внутрилежащие слои ровницы, создавая внутреннее поле трения, причем неоднородное по сечению, и препятствующее равномерному вытягиванию. Утоняемый продукт в вытяжном поле имеет переменное сечение: у питающей пары его величина близка к толщине ровницы, а у вытяжной пары — к толщине пряжи. Известно, что крутка (при вытягивании крученой ровницы) имеет тенденцию перемещаться с толстых мест на тонкие, имеющие меньший момент сопротивления кручению. Крученая ровница по мере выхода из питающей пары сначала начинает раскручиваться. Достигая какого-то минимального значения, крутка начинает возрастать по направлению к вытяжной паре. Перебегание крутки неблагоприятно для процесса вытягивания. Значительная крутка у вытяжной пары усиливает внутреннее поле сил трения в этой зоне, что при одновременном ослаблении сдерживающих сил из-за потери крутки вблизи питающей пары может привести к захвату находящихся там волокон, передние кончики которых еще не дошли до вытяжной пары и увлечению их волокнами, движущимися со скоростью вытяжной пары. Это препятствует осуществлению сдвига волокон по I предельной схеме, что ведет к росту неровноты пряжи.

При формировании пряжи из бескруточной ровницы *внутреннего поля сил трения* под действием крутки не создается, так как продукт не крученый, почти все волокна параллельны, находятся в одинаковых условиях, процесс вытягивания более стабилен. Перекрещенными являются только обвивочные волокна, но они не оказывают существенного влияния на процесс вытягивания, и создаваемое ими поле сил трения однородно как по сечению, так и по длине зоны вытягивания. В зоне активного вытягивания обвивочные волокна и вовсе распрямляются. Таким образом, *напряжение поля сил трения*, возникающее в процессе формирования пряжи из бескруточной ровницы более низкое и более однородное в сравнении напряжением, возникающим при формировании пряжи из крученой ровницы.



Сдвиг волокон при вытягивании в вытяжном приборе мокрой бескруточной ровницы происходит по схеме, близкой к I-й предельной. В результате, степень приближения сечения поля вытягивания, в котором происходит изменение скорости волокна с  $V_1$  на  $V_2$ , к вытяжной паре значительно выше у бескруточной мокрой ровницы в сравнении с крученой, что и способствует уменьшению неровноты при формировании пряжи из бескруточной ровницы

Как отмечалось выше: вытягивающие усилия должны быть, возможно, более низкими и равномерными. Величина силы вытягивания определяется:

1. Прочностью связей между элементарными волокнами (мацерационной способности волокна).
2. При мокром прядении прочностью мокрых, прошедших химическую обработку волокнистых комплексов (вида химической обработки).
3. Силами трения, возникающими между волокнами.

Первый фактор определяется селекцией, второй видом химической обработки ровницы. Именно третий фактор позволяет снизить вытягивающие усилия при формировании пряжи из бескруточной ровницы по сравнению с крученой ровницей.

Равномерное утонение потока волокон от ровницы до пряжи, в значительной степени зависит от легкости скольжения волокон. Существует правило, что чем лучше условия скольжения, тем меньше и равномерней вытяжные усилия, и чем ниже и постояннее вытяжные усилия, тем надежнее вытяжка. Волокна в бескруточной ровнице распрямлены и расположены параллельно. Сцепление волокон друг с другом равномерное. Распрямленное вытянутое волокно имеет лучшую способность к скольжению и вытягиванию. Соответственно и вытягивающие усилия могут быть более низкие и равномерные, что позволит получать пряжу с более высокой равномерностью (низкой неровнотой).

У ровницы же, имеющей крутку, волокна расположены в виде параллельных спиралей. Так как при вытягивании действует радиальная компонента усилия, повышается сцепление волокон. Натяжение волокна определяется формулой Эйлера. Она действительна для любого волокна, подверженного растягивающему усилию и обвивающего в виде спирали поток волокон. В соответствии с круткой ровницы имеют место возрастающие и ослабевающие вытягивающие усилия. Таким образом, крутка ровницы снижает способность волокон к скольжению. Кроме того, при вытягивании ровницы, имеющей крутку, возникает радиальное давление на волокна, которое неравномерно увеличивает сцепление волокон. Разъединение волокнистого потока затруднено.

Важной особенностью процесса мокрого вытягивания является отсутствие плавающих волокон в мычке, что положительно сказывается на процессе формирования пряжи. Данное высказывание подтверждается работами профессора Л.Н. Гинзбурга. С его точки зрения, элементарное льняное волокно по своей природе гладкое с веретенообразными заостренными кончиками. В процессе приготовления ровницы, особенно из чесаного льна волокна нигде не дезориентируются и в бескруточной ровнице направлены вдоль оси продукта. Как доказано в теории процесса вытягивания[3], место перемены скорости даже для хлопкового волокна, вполне индивидуализированного, а не комплексного, находится в непосредственной близости от выпускной пары. Вследствие этого количество плавающих волокон весьма мало. В мокрой льняной ровнице при вытягивании на прядильной машине большая часть волокон растаскивается, попадая в одновременный зажим обеих пар, и где вся масса волокон находится в тормозящей клейкообразной массе набухающих пектиновых веществ, по всей вероятности, в этом случае никаких плавающих волокон нет [4]. Это же явление отмечается и в работе [6,7]. Комплексные волокна в мокром прядении при прохождении через вытяжной прибор разделяются на более тонкие и более короткие комплексы и сдвигаются друг относительно друга, двигаясь в клейкой среде.

Это создает дополнительное поле сил трения и благоприятно отражается на процессе вытягивания.

Известно, что западные фирмы используют в процессе мокрого прядения вытяжные приборы с короткой разводкой (45-50 мм), где сечение поля вытягивания приближено к выпускной паре. Особенно это важно при получении пряжи малой линейной плотности, которую необходимо сформировать из очень тонких волокон для обеспечения низкой неровноты. При получении пряжи средних линейных плотностей сечение поля вытягивания в вытяжном приборе смещается дальше от выпускной пары, поэтому можно применять большие разводки и увеличивать интенсивность воздействия на волокно в процессе вытягивания. Таким образом, в случае применения малой разводки, значительно меньшей средней длины волокна плавающих волокон практически нет, так как большая часть волокон находится в зажиме обеих пар (питающей и выпускной) вытяжного прибора.

При формировании пряжи из мокрой бескруточной ровницы рекомендуемой является короткая разводка (45 –50мм), меньшая средней длины волокна [8-10]. При такой величине разводки большинство волокон при прохождении зоны вытягивания находятся в зажимах обеих пар вытяжного прибора, а движение волокон, меньших разводки, число которых не так велико в сравнении с общим числом волокон, контролируется промежуточным полем сил трения, создаваемым за счет набухания пектиновых веществ, при прохождении бескруточной ровницы через воду или раствор смачивателя в процессе прядения.

### **Выводы:**

Рассмотренные выше рассуждения об особенностях процесса вытягивания пряжи из бескруточной мокрой ровницы позволяют выделить следующие преимущества данной технологии:

1. Не происходит преждевременного увлечения волокон, движущихся со скоростью вытяжной пары. Нет «сгона крутки», так как продукт некрученный.

2. Вытягивающие усилия более низкие и равномерные, что должно позволить получать пряжу с более низкой неровнотой. Волокна в бескруточной ровнице распрямлены и расположены параллельно. Все волокна находятся в одинаковых условиях.

### Литература

1. Пестовская Е.А., Иванов А.Н. Исследование процесса дробления технических комплексов волокон по технологическим переходам производства чистольняной пряжи с использованием автоматизированного комплекса КЛА-2.// Изв. ВУЗов. Технология текстильной промышленности.– 2008, №4.
2. Лазарева С.Е., Королева Н.Д., Фридлянд Г.И. Прядение льна с варкой ровницы.– М.: Легкая индустрия, 1966.
3. Смельская И.С., Ильин Л.С., Жуков В.И., Кротов В.Н.. Прядение льна: учебник – Кострома: Изд-во КГТУ, 2007, с.350.
4. Гинзбург Л.Н. Определение штапеля волокон, участвующих в процессе вытягивания на льнопрядильных машинах для мокрого прядения // Льнопенькоджутовая промышленность.– 1938.– №4.– С.28.
5. Основы прядения волокнистых материалов: В.Е. Зотиков, И.В. Будников, П.П. Трыков – М: Гизлегпром. 1969.
6. Пестовская Е.А., Иванов А.Н. Влияние параметров работы однозонного вытяжного прибора прядильной машины ПМ-88-Л8 на структурную неровноту чистольняной пряжи.//Изв. ВУЗов. Технология текстильной промышленности.– 2008, №2С.
7. Смирнова С.Г. Рудовский П.Н., Соркин А.П. Влияние условий формирования мокрой бескруточной ровницы на ее структуру и прочность.// Изв. ВУЗов. Технология текстильной промышленности, №3С– 2011г., стр. 34-38.

8. Смирнова С.Г., Смирнова Е.Е. О влиянии некоторых параметров на качественные показатели мокрой бескруточной льняной ровницы. – Вузовский сборник: Научные труды молодых ученых КГТУ, Вып.11.Часть 1. – Кострома: Изд-во КГТУ: 20010.– С.24-28.
9. Смирнова С.Г., Соркин А. П. Исследование качественных показателей пряжи, полученной из ровницы разной структуры. // Изв. ВУЗов. Технология текстильной промышленности, №4С-2009г., стр.56-58.
10. Смирнова С.Г. Анализ показателей качества мокрой бескруточной ровницы, влияющих на ее пригодность к переработке на прядильной машине. – Научные труды молодых ученых КГТУ. Кострома: КГТУ, 2010г.

S.G. Smirnova

A.P. Sorkin