3

ТЕКСТИЛЬНОЕ ОТДЕЛОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Анна Владимировна Чешкова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ивановский государственный
химико-технологический университет»,
доктор технических наук

Екатерина Андреевна Фрундина
Федеральное государственное автономное учреждение
«Научно-исследовательский институт
«Центр экологической промышленной политики»

ВВЕДЕНИЕ

Текстильная промышленность (ТП) — совокупность специализированных подотраслей промышленности, производящих тканые, нетканые материалы и текстильные изделия массового потребления из различных видов сырья. ТП занимает одно из важных мест в производстве валового национального продукта и играет значительную роль в экономике страны. ТП осуществляет как первичную обработку сырья, так и выпуск готовой продукции бытового назначения (ткани, трикотажные полотна и изделия, нетканые материалы технического назначения и др.). Предприятия ТП производят также продукцию производственно-технического и специального назначения, которая используется в авиационной, автомобильной, мебельной, пищевой, электротехнической и других отраслях промышленности, в сельском хозяйстве, в силовых ведомствах, на транспорте и в здравоохранении.

С точки зрения производимых групп продукции, основными полупродуктами отрасли являются волокно и пряжа, суровые ткани. Основной «конечный» продукт отрасли — готовые ткани и трикотажные полотна, потребителем которых является швейная промышленность. С развитием производств по выпуску трикотажных изделий все больше растет объем конечной продукции, прошедшей стадию колорирования (крашения или печатания), а также заключительной отделки в виде вязаных (в том числе чулочно-носочных) или шитых изделий. Особый «конечный» продукт отрасли — нетканые полотна или вата, которые могут служить самостоятельными изделиями, а также наполнителями или препрегами для композиционных или волокнисто-полимерных материалов. Нетканые материалы — текстильные полотна, которые создаются без применения технологии ткачества, где нити не переплетаются между собой, а для их крепления применяют склеивание, иглопробивание, валяние, провязывание. Эти материалы в дальнейшем используются для изготовления обуви и верхней одежды. Нетканые материалы, изготовленные с помощью бумагоделательных машин, употребляются для изготовления салфеток, скатертей и постельного белья. Наиболее широкое распространение получили клееные нетканые материалы, их используют в качестве основы под полимерные покрытия, а также как тарные, обтирочные, фильтровальные и звукоизоляционные материалы.

Начиная с 2000-х гг. значение отрасли все более возрастает, что связано с интенсификацией научно-технического прогресса, расширяющего сферу применения текстиля за пределы традиционной одежды и предметов домашнего обихода. В частности, текстиль активно применяется в космических

и военных технологиях, как геотекстиль, медицинский текстиль. Обладание подобными технологиями является стратегически важным направлением промышленной политики государства. С другой стороны, ткани и текстильные изделия бытового назначения приобретает дополнительную значимость в условиях текущих российских реалий, стратегии на импортозамещение сырья, ограничений импорта готовых изделий, особенно в условиях пандемии COVID-19.

Продукты производства текстильной промышленности служат сырьем для других отраслей легкой промышленности (пошив одежды и т. д.), а также используются в изготовлении потребительских товаров (это относится к тканым материалам технического назначения и нетканым материалам).

Предприятия текстильного отделочного производства России расположены в семи федеральных округах и 66 субъектах Российской Федерации. Количество предприятий отрасли, по официальным данным, составляет более 40 крупных предприятий.

Отрасль текстильного производства в действующей системе общероссийского классификатора по видам экономической деятельности (ОКВЭД) относится к относится к разделу «Обрабатывающие производства», подраздел «Производство текстильных изделий»:

13.10 «Подготовка и прядение текстильных волокон»;

13.20 «Производство текстильных тканей»;

13.13 «Отделка тканей и текстильных изделий»;

13.90 «Производство прочих текстильных изделий».

В классификаторе товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД) изделия текстильной промышленности учитываются в группах с кодом по наименованию:

50. Шелк;

51. Шерсть, тонкий или грубый волос животных; пряжа и ткань из конского волоса;

52. Хлопок;

53. Прочие растительные текстильные волокна; бумажная пряжа и ткани из бумажной пряжи;

54. Химические нити;

55. Химические волокна;

60. Трикотажные полотна машинного или ручного вязания.

Текстильная отрасль в зависимости от перерабатываемого сырья и выпускаемой продукции делится на **хлопчатобумажную**, **шелковую**, **льняную, шерстяную**. Каждая из отраслей делится, в свою очередь, на подотрасли в зависимости от специфики производства. Основой являются производства по первичной переработке и заготовке сырья, производства по изготовлению ниток.

Первичное натуральное сырье поступает от сельхозпредприятий (лен, хлопок, шерсть) и от предприятий химической промышленности (такие как синтетические, искусственные и штучные волокна, нити, кожзаменители, полимерные материалы). Так, к сырьевому производству относятся, например,

синтез и формирование синтетических волокон и нитей, производство вискозного волокна, выращивание хлопкового волокна и льна, а также стрижка овец. К полупродуктовому производству — прядильные и ткацкие производства. Производство конечной продукции — это отделочные производства по выпуску готовых материалов и швейное производство.

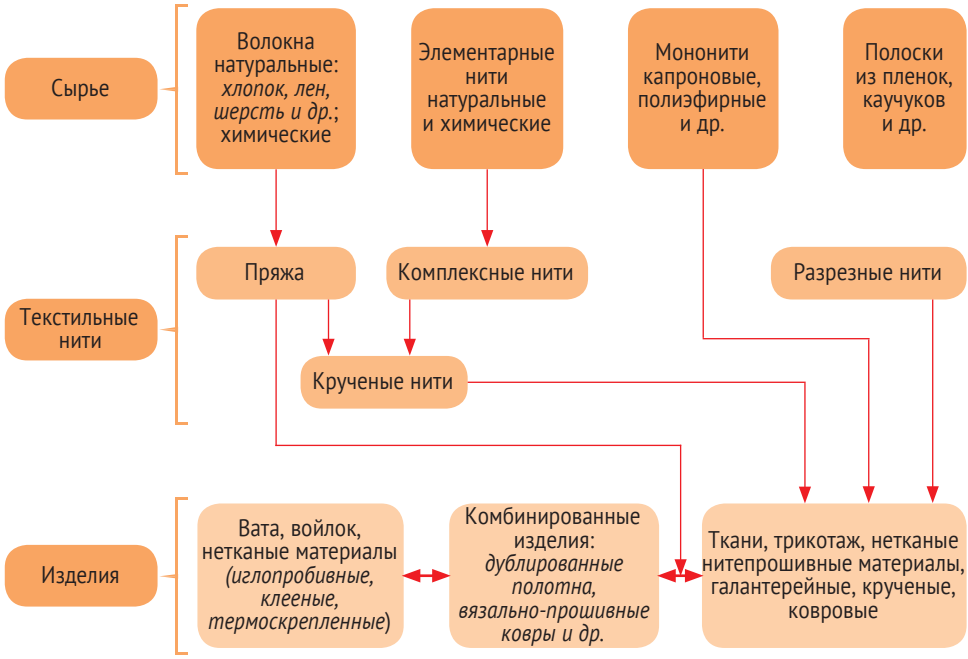


Рис. 1. Подотрасли текстильного производства во взаимодействии при получении полупродуктов (пряжи и суровых тканей) и готовой продукции (тканей, нетканых материалов и трикотажных полотен)

Для создания конкурентоспособной продукции и качественных текстильных изделий на первом месте значится стабильная, эффективная и экологически безопасная работа отделочных производств, ориентированных на выпуск материалов технического и бытового назначения, в том числе: отбеленных, гладкокрашеных, набивных (печатных с орнаментом), меланжевых, пестротканых, жаккардовых тканых текстильных материалов; трикотажных основовязаных и кругловязаных полотен; отбеленных, пестровязаных и гладкокрашеных вязаных изделий и нетканых материалов; изделий с печатным рисунком, полученным методом шелкографии.

Хлопчатобумажная промышленность дает около 70 % всех тканей России. Особенностью этой отрасли является полная ориентация на привозное натуральное сырье, так как в России в силу специфики природно-климатических условий хлопчатник не возделывается. Более 80 % хлопковолокна ввозится

в Россию из государств Центральной Азии, свыше 6% — из Азербайджана и примерно 10% — из стран дальнего зарубежья (Египет, Сирия, Судан). Фабрики размещены в Ивановской, Московской, Тверской и Ярославской областях, а также в Санкт-Петербурге и его пригородах. Налаживается производство хлопчатобумажных тканей и в Поволжье, на Северном Кавказе, на Дальнем Востоке. Сейчас эти производства используют полностью импортное сырье из Центральной Азии, Азербайджана, Пакистана и северной Африки.

Основное производство по-прежнему сосредоточено в старых районах, оно ориентируется на трудовые ресурсы и квалификационные навыки. Центральный и Северо-Западный районы обеспечивают 85% общероссийского выпуска хлопчатобумажных тканей. Особенно выделяются Ивановская (Иваново, Шуя, Кинешма), Московская (Москва, Ногинск, Орехово-Зуево), Тверская (Тверь, Вышний Волочёк) и Ярославская (Ярославль) области, а также Санкт-Петербург и его пригороды. В новых для отрасли районах европейской части России выпускается более 10% хлопчатобумажных тканей: Поволжье (Камышин), Волго-Вятский район (Чебоксары), Северный Кавказ (Краснодарский край). Предприятия Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока (Барнаул, Омск, Новосибирск, Томск, Канск) ориентируются на потребителя и дают чуть более 3% хлопчатобумажных тканей.

Шелковая промышленность ориентируется преимущественно на привозное сырье и концентрируется в Центральном районе, Поволжье, на Урале и в Восточной Сибири, занимая второе место по объему вырабатываемой продукции — более 11% выпуска тканей в стране. В связи с широким использованием в качестве сырья искусственных и синтетических волокон зависимость от поставок натурального сырья из Средней Азии, Молдавии и с Украины, где разводят тутового шелкопряда, сведена до минимума.

Льняная промышленность — исконно русская и старейшая отрасль текстильного производства с размещением производств в Тверской, Смоленской, Костромской, Владимирской, Ярославской, Ивановской областях, на Алтае, в Казани и Екатеринбурге, где более 30% сырья — импортируемое.

Льняная промышленность в структуре выпуска тканей занимает третье место — производит 7,5% тканей в России, изготовляя примерно в равном соотношении ткани бытового значения, технические и тарные. Отличительной особенностью отрасли является относительная обеспеченность собственной сырьевой базой. Возделывание льна-долгунца и заготовка льноволокна сосредоточены в Центральном, Северо-Западном, Северном и Волго-Вятском районах, где в связи с высокой сырьевой обеспеченностью расположено основное производство тканей. Ведущим районом является Центральный, он дает $^3/_4$ общероссийского выпуска льняных тканей. Однако внутри района сложилась определенная диспропорция в размещении посевов льна, которые преобладают на Северо-Западе (Тверская, Смоленская области), и производства льняных тканей, сосредоточенного

на Северо-Востоке (Костромская, Владимирская, Ярославская, Ивановская области). Крупные центры льняной промышленности района — Кострома, Нерехта, Смоленск, Вязьма.

Шерстяная промышленность России ориентирована на трудовые ресурсы, сырье и потребителя и размещается более равномерно, чем хлопчатобумажная. Наиболее известные центры по выпуску шерстяных тканей — в Москве и Московской области, Брянской, Ивановской, Тверской областях, Поволжье и Восточной Сибири.

Шерстяная промышленность выпускает разнообразные изделия: камвольные и суконные ткани, ковры, платки, пряжу для трикотажа. На долю шерстяной промышленности приходится 4,1 % выпуска тканей в стране. По общему объему производства шерстяных тканей Россия занимает седьмое место в мире. Основные поставщики тканей из аппаратной пряжи — Россия, Турция, Китай, Италия; из гребённой пряжи — Россия, Турция, Кыргызстан.

Шерстяная промышленность, так же как и другие отрасли текстильной промышленности, сконцентрирована в пределах Центрального экономического района, и основные предприятия находятся в Москве и Московской области. Производство шерстяных тканей развито в Брянске и Брянской области (Клинцы), Иваново и Ивановской области (Шуя), Твери и Тверской области (Завидово), Калужской области (Боровск), Рязанской области (Мурмино). Второе место по выпуску шерстяных тканей занимает Поволжье, уступая, однако, Центру в несколько раз по этому показателю. Основные предприятия сосредоточены в Ульяновской и Пензенской областях. На третьем месте находится Центрально-Черноземный экономический район, где особенно выделяется Тамбовская область (Рассказово, Моршанск).

Трикотажная промышленность — крупнейшая отрасль мирового производства. Причинами ее динамичного развития являются ценные потребительские свойства изготавливаемой продукции и высокие технико-экономические показатели производства. Технологический процесс изготовления трикотажных изделий короче, чем процесс получения изделий из ткани, а производительность трикотажных машин в несколько раз выше производительности ткацких станков.

Трикотажная промышленность получила развитие во всех регионах страны с ориентацией главным образом на районы потребления. В отличие от других отраслей текстильной промышленности, ее продукцией в основном являются готовые изделия, а также трикотажное полотно. В качестве сырья, помимо натурального, все шире используются химические волокна. Ведущим районом остается Центральный, где сконцентрирована $^1/_4$ производства трикотажных изделий, примерно $^1/_3$ продукции дают Северо-Запад, Поволжье и Урал.

В данной статье будет рассмотрена краткая история развития текстильного производства в целом, а также более подробно рассмотрено текстильное **отделочное производство** как наиболее энерго- и ресурсоемкий процесс.

Таблица 1. Предприятия текстильного отделочного производства России

№	Регион РФ	Город, населенный пункт	Предприятие
1	Брянская область	г. Брянск	ООО «Брянский камвольный комбинат»
2	Республика Бурятия	г. Улан-Удэ	ООО «Байкальский Текстильный Комбинат»
3	Владимирская область	г. Владимир	ООО «КИРЖАЧШЕЛК»
4		г. Юрьев-Польский	ООО «Юрьев-Польская ткацко-отделочная фабрика «АВАНГАРД»
5	Волгоградская область	г. Волжский	АО «ТЕКСКОР»
6		г. Вологда	Вологодский текстильный комбинат
7		г. Камышин	ОП ООО «КАМЫШИНЛЕГПРОМ»
8	Ивановская область	г. Иваново	ООО «Отделочная фабрика ЗИМА»
9			ООО «Отделочное производство «Красная талка»
10			ООО «Меланж-Текстиль»
11			«Самойловский текстиль» ГК «НОРДТЕКС»
12			ООО НПФ «Тексмарк»
13			ООО «ТДЛ Текстиль»
14			Отделочная фабрика «Традиции текстиля» (ИП Зайцев)
15		п. Каменка	Отделочная фабрика «Красный Октябрь» ООО «Текстильная компания «Русский дом»
16		г. Родники	ООО «Дилан-Текстиль»
17			Комбинат «Основа»
18			Комбинат «Родники-Текстиль» ГК «НОРДТЕКС»
19		пос. Старая Вичуга	Отделочное производство (ПГТ Старая Вичуга) ГК «Галтекс»
20		г. Тейково	ООО «ТК «Тейковский хлопчатобумажный комбинат»
21		г. Фурманов	ООО «МИРтекс»
22		г. Шуя	ООО «ПКФ Суконная фабрика»
23		г. Шуя	ООО «Шуйский текстиль»

Таблица 1 (окончание)

№	Регион РФ	Город, населенный пункт	Предприятие
24	Кабардино-Балкарская Республика	г. Баксан	Производитель трикотажного полотна «Текстиль-Индустрия»
25	Республика Коми	г. Сыктывкар	ООО «Текстиль Коми»
26	Курская область	г. Курск	АО «Курская фабрика технических тканей»
27	г. Москва	г. Москва	ООО «Димитекс»
28			ООО «Принтпик»
29			ООО «Хвалынский текстиль»
30		г. Троицк	АО «Троицкая камвольная фабрика»
31	Московская область	г. Павловский Посад	ОАО «Павлово-Посадский камвольщик»
32		г. Химки	ООО «МЛ Текс»
33	Нижегородская область	пос. Неклюдово, г. Бор	АО «Борская войлочная фабрика»
34	Пермский край	г. Чайковский	Текстильная компания «Чайковский текстиль»
35	Ростовская область	г. Шахты	Комплекс «БТК Текстиль» ООО «БТК Холдинг»
36	Саратовская область	г. Балашов	Балашовский текстильный комбинат — ООО «Балтекс»
37	Свердловская область	г. Екатеринбург	ООО «Свердловский камвольный комбинат»
38	Смоленская область	г. Смоленск	ООО «Технотекс»
39	Тамбовская область	г. Моршанск	ООО «Моршанский текстильный комбинат»
40	Республика Татарстан	п. г. т. Камские Поляны	ООО «Управляющая компания «Индустриальный парк «Камские Поляны»
41	Тульская область	г. Узловая	ООО «АДВЕНТУМ ТЕХНОЛОДЖИС»
42	Челябинская область	г. Челябинск	Фабрика флагов (ИП Овчинникова Н. А.)
43	Чувашская Республика	г. Чебоксары	ООО «Волжский текстиль 21»

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОТДЕЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Зарождение текстильной техники

Согласно современным археологическим данным, истоки текстильной промышленности обнаруживаются в самых отдаленных эпохах первобытно-общинного строя. Примитивным способом изготовления одежды из элементов растительного и животного происхождения было плетение, которое предшествовало и являлось исходным пунктом собственно текстильной техники, то есть прядения и ткачества. Развитие техники плетения, требовавшей приготовления одинаковых по прочности и однородных по форме волокон, должно было привести в результате к открытию способа искусственного образования прочной пряди волокон путем скручивания нескольких естественных и сцепленных друг с другом волокон в единую нить. Переход от использования готовых стеблей растений, жил и волос животных к искусственному получению нити, ссучиваемой пальцами человека, и можно считать моментом появления прядения как технического приема[1].

На раннем этапе поздней коммуны (от 15 000 до 5000 г. до н. э.) — в связи с хозяйственным переворотом, обусловившим переход к производящему, по преимуществу, хозяйству, с изобретением механических способов получения огня, а также в связи с расширением сырьевой базы вследствие укрепления земледелия и скотоводства — возникает текстильное производство в собственном смысле слова, опирающееся на накопленные и развитые в предшествующие эпохи элементы техники изготовления различных предметов из волокнистых материалов. В качестве важнейшего прядильного и масличного растения в хозяйственный обиход азиатских и отчасти европейских племен входит лен. Важнейшими районами развития льноводства были Передняя Азия, Египет, приальпийские и придунайские области, Средиземноморье. Другим важнейшим лубочным растением становится конопля, а развивавшееся мелкое скотоводство (козы, овцы, ламы) снабжало текстильное производство различными видами шерсти.

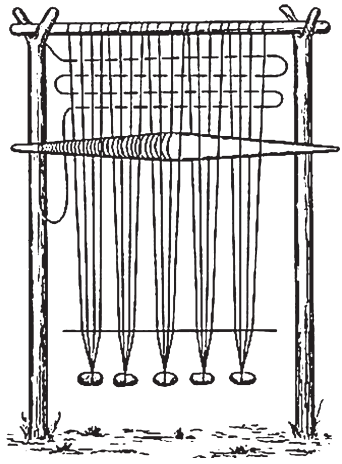


Рис. 2. Древняя вертикальная ткацкая рама

Переходя к вопросу о возникновении ткачества, необходимо отметить, что о переходных ступенях от плетения к ткачеству дает представление вертикальная ткацкая рама, употребляемая племенем бакаири (рис. 2). Все сооружение состояло из двух врытых в землю деревянных столбов, вокруг которых обматывалась толстая хлопковая нить, образующая основу. Поперечные нити утка продевались через основу при

[1] *Тайлор Э. Б.* Первобытная культура. — М., 1989.

помощи палочки. Такой же тип ткацкой рамы существовал в древней Мексике, как видно из старинных ацтекских изображений, и в древнем Египте. Несмотря на всю элементарность этого первобытного способа ткачества, факт освобождения ткацкой техники от плетения имел огромное значение, являясь первой ступенью к созданию ткацкого станка.

Переход к производству более плотных тканей из тонкой пряжи, не выдерживавшей дергания грубым гребнем, заставил перейти к ремизному аппарату в форме нитяных планок. Нить утка на первых этапах развития ткацкой техники наматывалась на простое веретено. В дальнейшем неудобство, связаное с задеванием такой палкой нитей основы при быстрой прокидке утка, заставляло делать ее как можно более узкой, в результате чего наиболее употребительной становится в конце концов игла, один конец которой заострялся (для лучшего скольжения), другой — более толстый — служил для намотки утка. Дальнейшая эволюция выражается в заострении обоих концов иглы и в устройстве в них ушков, через которые пропускаются нити утка попеременно при прокидке вперед и назад. В этой двусторонней игле мы имеем, по существу, уже прототип будущего челнока[2].

Кроме основных областей текстильного производства — прядения и ткачества, опирающихся на механические орудия, следует отметить появление техники крашения тканей, имеющей дело с химической аппаратурой и химическими веществами.

Из минеральных красок, употреблявшихся у племен поздней коммуны, наиболее распространенным был красный глинистый железняк, находившийся в большом количестве на поверхности земли, также были известны некоторые красители естественного и животного происхождения, например, растительное индиго и кермес (красный краситель, получаемый из высушенных насекомых — дубовых червецов). Черной краской для тканей служил растертый уголь, смешанный с жиром, или черные споры грибов. Желтая краска добывалась из дикой резеды, синяя — из растения, известного под названием синильник. В качестве клеящих веществ (прикрепляющих краски) пользовались жирами и различными соками растений, содержащими сахар.

Наилучшим образом требованиям стойкости окраски удовлетворяли хлопчатобумажные ткани; поэтому, наибольшие достижения в красильном деле мы наблюдаем у народов жарких климатических поясов, давно знакомых с культурой хлопчатника. Малая Азия, Египет и Индия являются, по-видимому, родиной разрисованных и крашеных тканей, распространившихся отсюда в эпоху рабовладельческого общества по всему культурному Востоку и в странах Южной Европы.

Вероятно, здесь, как и в Китае и Японии, зародились первые способы набивки тканей, то есть нанесения на них стандартных рисунков путем специальной подготовки подлежащих окраске и неокрашиваемых мест. Переход к этим методам от простого вырисовывания всех линий узора вызвал огромное повышение производительности труда красильщиков.

---

[2] *Липперт Ю.* История культуры. — 4-е изд. — СПб., 1899.

Другой, распространенный главным образом в южной Азии, прием носит название «бандана» и заключается в завязывании при помощи узелков тех мест ткани, которые желают предохранить в дальнейшем от действия краски. При этом уже после нанесения узора одной краской можно новой комбинацией узелков и последующим опусканием ткани в чан со второй краской получить другой по цвету и форме узор. Этот метод позволял производить разноцветные ткани, отличавшиеся порою высокими художественными достоинствами.

Становление текстильной промышленности

Процесс вытеснения простейших форм производства более сложным фабричным производством хорошо представлен на примере Великобритании. Большие ткацкие мануфактуры существовали уже в первой половине XVI в., при Генрихе VIII. В течение XVII в. и первой половины XVIII в. старый ремесленный строй производства начал разлагаться. Требование семилетнего срока обучения и ограниченного числа учеников в ремесле почти повсеместно обходилось, а в отдельных случаях даже официально отменялось. В конце XVII в. в Англии после революции, окончательно покончившей с феодализмом, установился буржуазно-демократический политический строй, а сама страна, победившая в борьбе за господство на морях в XVI в. Испанию, в XVII в. — Голландию, в XVIII в. — Францию, превратилась в мировую супердержаву[3].

Основой промышленного переворота в Англии стало реформирование и становление новой тогда отрасли промышленности — хлопчатобумажной, которая особо была развита в одной из королевских колоний — Индии. Оттуда ткани из хлопка привозили в Англию, и народ их охотно раскупал, потому что они были относительно дешевыми. Английские промышленники попытались наладить хлопчатобумажное производство у себя дома, но оказались не в состоянии конкурировать с индийскими ткачами, ткани которых были и лучше, и дешевле. Перед хозяевами английских хлопчатобумажных мануфактур встала задача усовершенствовать производство, чтобы снизить стоимость продукции. Эта задача и была выполнена в результате серии изобретений. Произошло активное внедрение машинного производства, полностью использовать преимущества которого оказалось возможным только с появлением парового двигателя, и поэтому изобретение парового двигателя считается центральным событием промышленного переворота. Со второй половины XVIII в. начинается промышленный переворот — переход от мануфактуры к фабрике, от ручного труда к машинам.

До XVIII в. хлопчатобумажная, как и льняная пряжа, изготовлялась ручным способом. Сначала мелкие ткачи самостоятельно покупали пряжу для основы и продавали свою ткань (бумазею) манчестерским купцам; но уже в первой половине XVIII в. купцы взяли дело в свои руки и стали снабжать ткачей льняною пряжей (вывозившеюся из Германии) и сырцом-хлопком, о прядении которого должен был заботиться сам ткач. Полученную от ткачей

[3] *Зутис Я. Я.* Всемирная история. Англия в XVIII в. Начало промышленного. — М., 2006.

бумазею купцы развозили по всей стране. Производство развивалось медленно, чему причиною было требовавшее тяжелого труда и дорого стоившее ручное прядение. Возник вопрос, как бы научиться прясть «без пальцев».

Переход от мануфактуры к фабричной форме производства осуществился благодаря изобретению машин, приводимых в действие силой воды или пара. Решительным событием в этом процессе стало внедрение таких машин в бумагопрядильном и ткацком производстве. Как известно, текстильное производство, в том числе и хлопчатобумажное, состоит из двух операций: сначала прядильщики готовят пряжу, а потом ткачи ткут из этой пряжи ткань. В каждом из этих процессов были поочередно созданы изобретения.

Началось с того, что в 30-х гг. XVIII в. Дж. Кей усовершенствовал ткацкий станок — изобрел «летучий челнок», который ударами ракеток перебрасывался с одной стороны станка на другую (рис. 3). Раньше это приходилось делать вручную, и ширина ткани ограничивалась длиной рук рабочего. Теперь можно было ткать более широкие ткани и делать это гораздо быстрее. Изобретение Кея значительно ускорило работу ткачей, но теперь им стало не хватать пряжи. Недостаток пряжи вызвал ее вздорожание. Возникла диспропорция между двумя операциями.

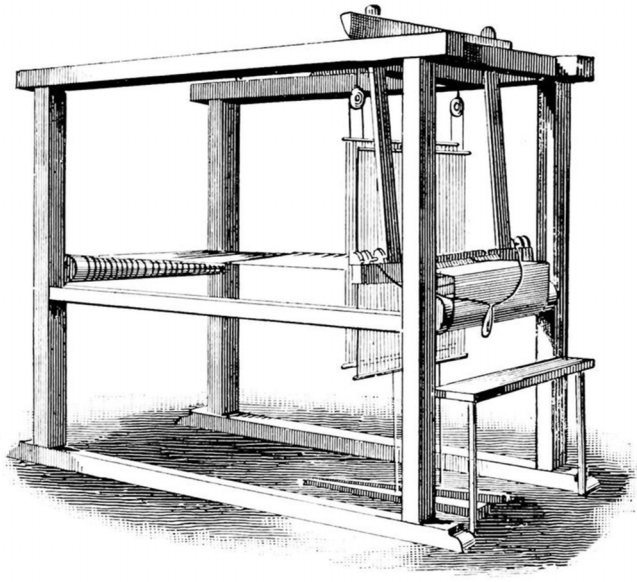


Рис. 3. Ткацкий станок Дж. Кея

После этого в результате трех изобретений — Дж. Харгрейвса, Т. Хайса и С. Кромптона в 60–70-е гг. XVIII в. была создана прядильная машина. В 1733 г. на двух фабриках была не вполне удачно применена первая прядильная машина, изобретенная Дж. Уайаттом. В 1764 г. катушечному мастеру Хайсу удалось построить первую прядильную машину «Дженни» (рис. 4), которая могла одновременно работать шестью, а затем и двадцатью пятью веретенами.

«Дженни» использовалась в домах самих ткачей-прядильщиков и усовершенствовала производство, но пока еще не произвела изменения в его форме. Решающим моментом оказалось изобретение тем же Хайсом ватерной машины (water-frame) с водяным двигателем, производившей прочную пряжу для основы из хлопчатой бумаги[4].

Полностью использовать преимущества машинного производства оказалось возможным только с появлением парового двигателя, и поэтому изобретение парового двигателя считается центральным событием промышленного переворота.

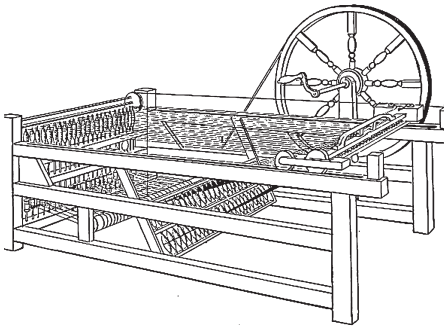


Рис. 4. Прядильная машина «Дженни»

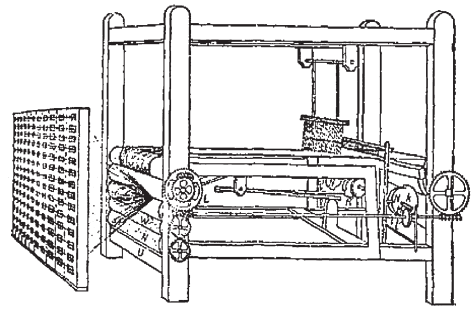


Рис. 5. Механический ткацкий станок Э. Картрайта

Первые паровые машины появились еще в XVII в., но их назначение было узким — это были, в сущности, паровые насосы для откачки воды из шахт. Универсальный паровой двигатель, который можно было применять в разных отраслях промышленности и на транспорте, сконструировал лондонский университетский механик Дж. Уатт в 1782 г. Так как он не был членом цеховой корпорации механиков, городские власти не могли ему разрешить заниматься изобретательством. Свою работу он мог выполнить только в университетских лабораториях, потому что университеты пользовались автономией и были неподвластны городу.

Водяной двигатель мог уже быть заменен паровой машиной Уатта, вследствие чего явилась возможность сосредоточить фабрики в городах, вместо того чтобы строить их разбросанно, непременно на берегу рек. Прядение хлопка окончательно превратилось в машинное фабричное производство. Прядильная машина настолько повысила производительность труда прядильщиков, что вызвала обратное несоответствие — ткачи не успевали перерабатывать изготовленную пряжу.

Эта диспропорция была устранена изобретением в 80-х гг. XVIII в. ткацкого станка Э. Картрайта (рис. 5), который повысил производительность труда ткачей в 40 раз, что привело к расширению фабричного ткацкого производства.

[4] *Прац Э.* Паровые машины : История, описание и приложение их. — СПб., 1838.

Паровой двигатель дал развитию капитала новый толчок и окончательно укрепил его могущество.

Во Франции начало фабричного производства относится к XVI в. В конце XVI в. ковровые и суконные фабрики существовали в Париже, Амьене, Туре, в начале XVII в. — в Седане, Бове и Каркасоне, а в 1669 г. в Аббевиле основана была суконная фабрика с 500 рабочими-голландцами.

В Нидерландах основание первых фабричных заведений относится к третьей четверти XVII в.: с появлением французских эмигрантов (гугенотов) в Голландии там открываются фабрики для выделки бархата и других шелковых и полушелковых материй и шляп. На ткацкой фабрике в Утрехте, действовавшей водяною силой, было 500 рабочих при 1100 станках. Значительны были ткацкие фабрики в Харлеме и Амстердаме.

В Южной Германии фабрики возникают в конце XVI в. С 1676 г. начинают открываться в Саксонии фабрики шелковых и тонких шерстяных тканей. В 1686 г. в городе Галле основывается суконная фабрика, насчитывавшая уже в следующем году 50 рабочих-мужчин и 30 — женщин. Немного позже в Магдебурге возникает фабрика ленточных, суконных, чулочных, шелковых и шерстяных изделий.

В Австрии фабричное производство возникло не без борьбы с цехами. Первые значительные фабрики майоликовых, стеклянных, шелковых и шерстяных изделий открываются в Вене в 1676 г., после чего развитие фабричного дела идет медленно до конца XVIII в., когда Австрия, как и другие государства европейского континента, стала тщательно следить за техническими изобретениями и успехами английской промышленности[5].

Однако промышленный переворот — это не только переворот в технике, но еще и изменения в общественных отношениях. Особенности английского феодализма, раннее втягивание хозяйства в товарно-денежные отношения привели к тому, что капитализм здесь возник раньше, чем в других странах, и стал ускоренно развиваться. В период расцвета капитализма Англия становится самой экономически развитой страной мира. Первая в истории человечества английская фабрично-заводская индустрия заняла исключительное положение в мировом хозяйстве.

Увеличивая производительность труда, то есть количество продукции на занятого работника, машины увеличивают величину лишь прибавочного продукта, а необходимый продукт остается прежним. Если при переходе к машинам рабочий производит в 10 раз больше продукции, чем производил прежде, то его зарплата, расходы на его содержание не увеличиваются в 10 раз.

Развитие текстильной промышленности в России

В России первые предприятия легкой промышленности появились в XVII в. Как и в других странах Запада, главной сферой распространения фабрик стала

[5] *Чикалова И. Р.* У истоков социальной политики государств Западной Европы // Журнал исследований социальной политики. — 2006. — Т. 4, №4. — С. 501–524.

молодая хлопчатобумажная промышленность, которая по темпам роста шла впереди всех других отраслей. На хлопчатобумажных предприятиях почти не применялся крепостной труд, что было одним из важнейших факторов высоких темпов развития. Благодаря внедрению машинной техники, концентрации производств и применению вольнонаемного труда хлопчатобумажная промышленность получила важные преимущества над другими отраслями, сдавленными оковами феодально-крепостной монополии. Для быстрой механизации хлопчатобумажных предприятий большое значение имело использование российскими предпринимателями передового технического прогресса машинной индустрии Англии, где с 1842 г. был снят запрет на вывоз машин за границу. До XIX в. российская легкая промышленность была представлена суконными, полотняными и другими мануфактурами, созданными главным образом при помощи государства и выполнявшими казенные заказы[6].

Быстрый рост большинства отраслей легкой промышленности начался во второй половине XIX в., когда помещичьи фабрики, базировавшиеся на труде крепостных крестьян, стали вытесняться капиталистическими фабриками, основанными на труде наемных рабочих. Наиболее интенсивно этот процесс развивается в 1860-е гг. В конце XIX в. легкая промышленность определяла индустриальное развитие России, занимая значительную долю в общем объеме промышленного производства (32,4% в 1887 г., 26,1% в 1900 г.).

Размещение предприятий по территории Российской империи было неравномерным. Наибольшее количество предприятий было в Московской, Тверской, Владимирской, Петербургской губерниях. Предприятия легкой промышленности располагались в бывших центрах кустарных промыслов (ткаческих, портняжных, кружевных) с дешевой рабочей силой. Во всех отраслях легкой промышленности преобладал ручной труд, уровень жизни рабочих легкой промышленности был очень низким. Главными проблемами отрасли в то время были слабая сырьевая база и отсталость машиностроения. Россия ввозила примерно половину необходимого сырья (красители, шелк-сырец) и почти все оборудование. Предметами экспорта были такие товары, как мелкое кожаное сырье, коконы тутового шелкопряда, сафьян, юфть, меха.

Экономический кризис 1900–1903 гг. затронул отрасль одной из первых, но он оказался не таким затяжным, как в других отраслях. Уже в 1908 г. выпуск продукции по сравнению с 1900 г. вырос в 1,5 раза (сказался рост покупательной способности крестьян, освобожденных в 1905 г. от выкупных платежей). Современники отмечали, что именно широкие слои «народных низов» стали потреблять хлопчатобумажные ткани и этим способствовали увеличению этого производства[7].

Дореволюционная легкая промышленность характеризуется массовыми рабочими движениями. Иваново-вознесенские ткачи создали Совет уполномоченных, который фактически стал одним из первых Советов рабочих депутатов

[6] *Бовыкин В. И.* Россия накануне великих свершений. — М., 1988.
[7] *Васильев А. Н.* Экономические проблемы развития легкой промышленности. — М., 1988.

в России. Рабочие легкой промышленности приняли активное участие в Февральской и Октябрьской революциях и Гражданской войне.

В результате Первой мировой войны, двух революций и Гражданской войны валовой выпуск продукции легкой промышленности резко снизился и в 1921 г. составлял примерно 10–15 % от уровня 1913 г. В 1921–1925 гг. начали воссоздаваться фабричная обувная, швейная и трикотажная промышленность, а в Средней Азии и Закавказье — шелкомотальная и шелковая промышленность. Начато строительство новых предприятий различных подотраслей: хлопчатобумажных, суконно-камвольных, шелкоткацких и шелкомотальных, трикотажных, швейных, обувных. Принятые меры позволили к 1928 г. превзойти объемы производства 1913 г.

В годы Великой Отечественной войны легкая промышленность СССР понесла тяжелый урон, были разрушены многие предприятия легкой промышленности. Тем не менее, даже в условиях войны легкая промышленность смогла полностью обеспечить советских солдат обмундированием, обувью и другими предметами вещевого довольствия.

В послевоенные годы происходило быстрое восстановление и развитие отрасли. В 1950 г. выпуск продукции составил 112 % от объема 1940 г. Кроме того, технический уровень многих предприятий существенно повысился, в сравнении с довоенным, за счет механизации и автоматизации производства[8].

Рост выпуска продукции обеспечивается соответствующим увеличением производства текстильного сырья. В дореволюционной России при выпуске в 4 раза меньшего количества хлопчатобумажных тканей и почти полном отсутствии производства трикотажных изделий около 50 % потребляемого хлопковолокна ввозилось из США и Египта. СССР полностью удовлетворял свои потребности в сырье и экспортировал свыше 500 тыс. т хлопковолокна. Одновременно с этим изменился и качественный состав текстильного сырья. Заводы искусственного волокна освоили производство новых видов продукции (ацетатный шелк, лавсан, нитрон и др.). Большое внимание уделялось повышению качества и расширению ассортимента текстильной продукции путем внедрения новых структур тканей и трикотажа, применения прочных и ярких красителей и тщательной отделки тканей. Дальнейшее увеличение выпуска и повышения качества продукции происходило за счет технического перевооружения предприятий текстильной промышленности, внедрения новой техники и прогрессивных технологий, а также механизации и автоматизации производства. В текстильной промышленности устанавливались прядильно-крутильные, высокопроизводительные чесальные и пневмомеханические прядильные машины, пневморапирные и др. бесчелночные ткацкие станки.

---

8 *Петров Ю.* Российская экономика в начале XX века // Гражданинъ. — 2003. — № 3. — С. 17–22.

Текстильную промышленность обслуживали (на 1975 г.) 10 научно-исследовательских и 5 проектных институтов, в которых работали свыше 7 тысяч специалистов различного профиля. Для подготовки технологов и художников были созданы текстильные институты в Москве, Ленинграде, Иванове, Ташкенте, Костроме, Киеве, а также ряд техникумов.

СССР был одним из мировых лидеров в легкой промышленности в мире, изделия успешно экспортировались в другие страны. Советский Союз занимал первое место в мире по производству обуви, второе место по производству текстильных и швейных изделий. В 1990 г. доля отрасли в общем объеме производства СССР составляла 11,9 %.

В 1990-е гг. произошел значительный спад производства изделий легкой промышленности. Открытие рынка привело к массовому притоку дешевых импортных товаров. Продукция легкой промышленности оказалась неконкурентоспособной по сравнению с иностранными производителями, особенно с Китаем. Распад СССР усложнил поставки сырья из бывших советских республик, в наибольшей степени для хлопчатобумажной промышленности, поскольку хлопчатник в России из-за ее природно-климатических условий не выращивается. Доля легкой промышленности в валовом национальном продукте начала значительно сокращаться.

Текстильная промышленность в XXI в.

Текстильная и легкая промышленность является одной из основных отраслей экономики, формирующих бюджет во многих странах. Доля этих отраслей в общем объеме производства промышленной продукции в развитых странах, включая Германию, Францию, США, составляет 6–8 %, в Италии — 12 %. Это позволяет странам формировать до 20 % бюджета за счет отчислений от текстильной отрасли и производства одежды, а также обеспечивать наполнение внутреннего рынка на 75–85 % продукцией собственного производства.

В результате глобализации мировой экономики центр производства текстиля переместился из Европы и США в страны «третьего мира» — Юго-Восточную и Среднюю Азию, Южную Америку. Вследствие низкой цены труда на рынках развивающихся стран себестоимость производимой там продукции гораздо ниже и, как следствие, конкурентоспособнее, чем в развитых странах. Так, например, несмотря на то, что текстильная промышленность США оснащена самым современным и высокопроизводительным оборудованием, в настоящее время отрасль находится в затянувшемся кризисе из-за сильной конкуренции со стороны текстильных производителей Южной Америки и Азии, которые имеют меньшие издержки и более низкую заработную плату. Поток продукции этих стран на американский рынок за последние годы непрерывно растет (с 1996 по 2002 г. импорт азиатского текстиля вырос на 85 %).

За последнее десятилетие в Китае, Пакистане, Индии, Турции и прочих странах созданы десятки текстильных компаний с годовым оборотом около 500 млн долл. и тысячи более мелких производителей, оснащенных самым современным оборудованием и выпускающих ассортимент из сотен видов тканей с тысячами вариантов отделки. Эти компании производят основной объем мирового текстиля. Экономия на оплате труда ведущих текстильных европейских компаний привела к закрытию производств и их перемещению в страны с меньшей стоимостью труда. В свою очередь, правительства развивающихся стран, понимая перспективы создания своей текстильной промышленности, оказывали поддержку новым производствам, в том числе предоставляя им льготы в налогообложении и гарантии инвестиций, а также прямые дотации экспорта и льготные кредиты[9].

В отрасли текстильной промышленности постепенно намечается сдвиг производства в направлении от массового производства к расширению ассортимента выпускаемого текстиля за счет гибких производственных технологий. Это связано с изменениями потребностей покупателей, которые предпочитают качественный текстиль по приемлемым ценам и вместе с этим достаточно широкого выбора. Основным направлением является повышение качества текстильной продукции и ее конкурентоспособности на мировом рынке. Для этого требуются дополнительные вложения в техническую модернизацию текстильной отрасли, внедрение современных технологий на всех этапах производства. В результате текстильный сектор развивающихся стран начал производить продукцию, отвечающую европейским стандартам качества. Стереотип, что текстиль, производимый странами «третьего мира», является недостаточно качественным и дешевым, не соответствует современному положению и постепенно исчезает. Кроме того, обеспечение отрасли качественным сырьем способствует тому, что в последнее время текстильная продукция развивающихся стран становится конкурентоспособна в сравнении с продукцией европейских и мировых лидеров.

В России в 2000-е гг. доля отрасли текстильной промышленности в общем объеме промышленной продукции снизилась с 12 до 1,6 %, выпуск важнейших видов изделий в натуральном выражении сократился в среднем на 80 %, численность производственного персонала уменьшилась в 3 раза. Продукция производственно-технического назначения в текстильной промышленности составляет около 50 %[10].

Финансовый кризис 2008–2009 гг. кратковременно ухудшил ситуацию. Однако производство изделий легкой промышленности относительно

[9] *Жариков В. В.* Теория и методология эффективного развития промышленных предприятий в конкурентных условиях. — М., 2002.

[10] *Живетин В. В.* Состояние и перспективы развития текстильной и легкой промышленности // Промышленность России. — 2000. — № 6. — С. 28–36.

быстро восстановилось и уже к 2010 г. по многим показателям превзошло показатели 2007 г.[11]

В период с 2010 по 2017 г. Россия входит в десятку крупнейших стран — производителей трикотажного полотна и трикотажных изделий в мире и занимает седьмое место по объему производства. Трикотажная промышленность включает в себя производство бельевого, верхнего и технического трикотажа, перчаточных изделий, головных уборов, шарфов, а также изделий промышленного и медицинского назначения. В производстве трикотажных изделий используется широкий ассортимент нитей из хлопка, шерсти и химических волокон. Увеличение объемов выпуска продукции российской трикотажной отрасли во многом зависит от платежеспособного спроса населения и конкурентоспособности отечественной продукции. В целом российская трикотажная отрасль является динамичной и перспективной. Однако динамичное развитие мирового рынка и развитие конкуренции обусловливает необходимость постоянного развития предприятий отрасли и обеспечение новых конкурентных преимуществ[12].

В 2016 г. при значительной государственной поддержке рынок смог показать общий прирост по отношению к предыдущему году. При этом на рынке активно пошел процесс импортозамещения, в первую очередь затронувший такие сегменты, как синтетические ткани и трикотажные полотна[13].

Россия по-прежнему является потенциально емкой текстильной державой по производственным мощностям, но использует их неэффективно. Официальная статистика свидетельствует, что в производстве шерстяных тканей они задействованы на 17 %, трикотажных изделий и обуви — на 28 %, чулочно-носочных — на 49 %, хлопчатобумажных тканей — на 54 %[14]. Точка роста возникает на рынке (или сегменте рынка) как возможность удовлетворения первичного спроса на текстильную продукцию. Сама возможность удовлетворить данный спрос возникает локально и имеет вполне конкретную территориальную, а следовательно, и национальную привязку. При этом потенциал

---

[11] Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 24.09.2009 г. № 853 «Об утверждении Стратегии развития легкой промышленности России на период до 2020 года и Плана мероприятий по ее реализации» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. — URL: https://docs.cntd.ru/document/902178251 (дата обращения: 09.11.2021).

[12] Производство текстильных изделий (промывка, отбеливание, мерсеризация, крашение текстильных волокон, отбеливание, крашение текстильной продукции) : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. — URL: https://docs.cntd.ru/document/556173719 (дата обращения: 09.11.2021).

[13] *Чакалян В. Г.* Анализ и меры государственной поддержки рынка текстильной промышленности РФ // Молодой ученый. — 2017. — № 1(135). — С. 284–288. — URL: https://moluch.ru/archive/135/37897/ (дата обращения: 09.11.2021).

[14] *Иткинд А. Н.* Современное состояние текстильной промышленности России и проблемы ее развития // Науковедение. — 2010. — № 1(2). — URL: https://naukovedenie.ru/sbornik1/2–23.pdf (дата обращения: 09.11.2021).

роста, возникающий на данном конкретном рынке, может быть нейтрален (а иногда и деструктивен) по отношению к национальной экономике в целом. В экономиках, которые не обладают достаточным набором характеристик развитой системы или эти признаки слабо выражены (слабые внутрирегиональные и межрегиональные связи, малоемкий внутренний рынок, слабая инфраструктура, недостаточный уровень кооперационных связей, устаревшая производственная база, несовершенство социально-экономических институтов, недостаточность опыта проведения эффективной промышленной политики и т. д.), появление нового потенциала роста в одном из секторов далеко не всегда способно затронуть смежные сектора и превратиться тем самым в локомотив роста всей отрасли[15].

Как показала история развития текстильной отрасли, объединение предприятий на разных стадиях жизненного цикла не раз использовалось как инструмент сохранения бизнеса в условиях кризиса. Но в рыночных условиях хозяйствования потребовались новые, широко используемые в зарубежной практике формы осуществления данного процесса, такие как интеграция, кластеризация и создание технопарков. Последние десятилетия наиболее эффективным методом развития текстильной отрасли выступает региональная кластерная политика. В условиях современной торговли важным фактором, обеспечивающим конкурентные преимущества продукции на рынке, является логистическая составляющая[16].

В таблице 2 приведены данные, характеризующие объемы производства современных тканей в натуральном выражении в 2020 г. по сравнению с 2019 г., в соответствии с классификатором ОКПД 2 (Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности). Увеличение суммарного выпуска готовых тканей в 2020 г. произошло за счет повышения производства как традиционных тканей, так и нетканых материалов.

При этом значительное увеличение выпуска нетканых материалов, вероятно, связано с увеличением производства из этих материалов медицинских комбинезонов и костюмов, предназначенных для защиты медиков, работающих с больными COVID-19, а также медицинских масок. Для производства тканей используются различные типы натуральных, искусственных, синтетических и других волокон, нитей и их смесей. Проблема производства этой продукции заключается в том, что не была налажена их практическая массовая утилизация.

---

15 *Иванова Л. Н.* Точки роста и драйверы роста: к вопросу о содержании понятий // Journal of Institutional Studies (Журнал институциональных исследований). — 2015. — Т. 7, № 2. — С. 120–133. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tochki-rosta-i-drayvery-rosta-k-voprosu-o-soderzhanii-ponyatiy (дата обращения: 09.11.2021).

16 *Рычихина Н. С.* Анализ стадий «жизненного цикла» развития текстильной отрасли Ивановской области (Россия) // Экономика и банки. — 2013. — № 2. — С. 88–96. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-stadiy-zhiznennogo-tsikla-razvitiya-tekstilnoy-otrasli-ivanovskoy-oblasti-rossiya (дата обращения: 09.11.2021).

Таблица 2. Данные по объемам производства тканей и нетканых материалов в РФ

Продукция	2020	2019	2020 к 2019, %
Ткани готовые, млн м^2	6488,3	597,6	108,5
Ткани хлопчатобумажные, млн м^2	854,4	821	104,1
Ткани хлопчатобумажные: – бытовые – смешанные бытовые – платочные и плащевые – прочие	 394,54 75,20 2,92 381,74	 377,9 78,4 3,8 360,9	 104,4 95,9 76,8 105,8
Ткани льняные, млн м^2	24,7	26,53	93,1
Ткани шерстяные, млн м^2	7,4	7,55	98,0
Ткани из шелковых нитей или пряжи, тыс. м^2	–	83,9	–
Ткани из синтетических и искусственных волокон и нитей (включая штапельные), млн м^2	407,2	398,6	102,2
Ткани с массовой долей синтетических комплексных нитей не менее 85 %, млн м^2	301,0	289,4	104,0
Ткани с массовой долей синтетических нитей менее 85 %, смешанных в основном или исключительно с хлопком, млн м^2	9,2	9,1	101,1
Ткани из синтетических и искусственных комплексных нитей прочие, млн м^2	57,3	53,3	107,5
Ткани из синтетических штапельных волокон прочие, млн м^2	15,8	17,0	92,9
Ткани ворсовые (кроме тканей махровых полотенечных и узких тканей), млн м^2	14,8	12,34	120,3
Ткани махровые полотенечные и аналогичные махровые ткани (кроме узких тканей), хлопчатобумажные, млн м^2	12,3	13,5	91,1
Марля, кроме узких тканей, млн м^2	567,3	569,4	99,6
Материалы нетканые, кроме ватинов, млн м^2	4600,2	4129,6	111,4

Введение режима пандемии COVID-19 не оказало существенного влияния на объемы производства готовых тканей в 2020 г. Общий (суммарный) выпуск готовых тканей увеличился за счет повышения производства как традиционных тканей на 3,2 %, так и нетканых материалов (11,4 %). Увеличение выпуска традиционных тканей произошло за счет роста производства хлопчатобумажных (4,1 %) и тканей из синтетических и искусственных волокон и нитей (включая штапельные) на 2,2 %. Эти виды тканей составляют основную долю — 96 % в объеме производства традиционных тканей. Наряду с ростом производства хлопчатобумажных тканей и тканей из синтетических и искусственных волокон и нитей наблюдается снижение производства льняных (на 6,9 %) и шерстяных (на 2 %) тканей.[17]

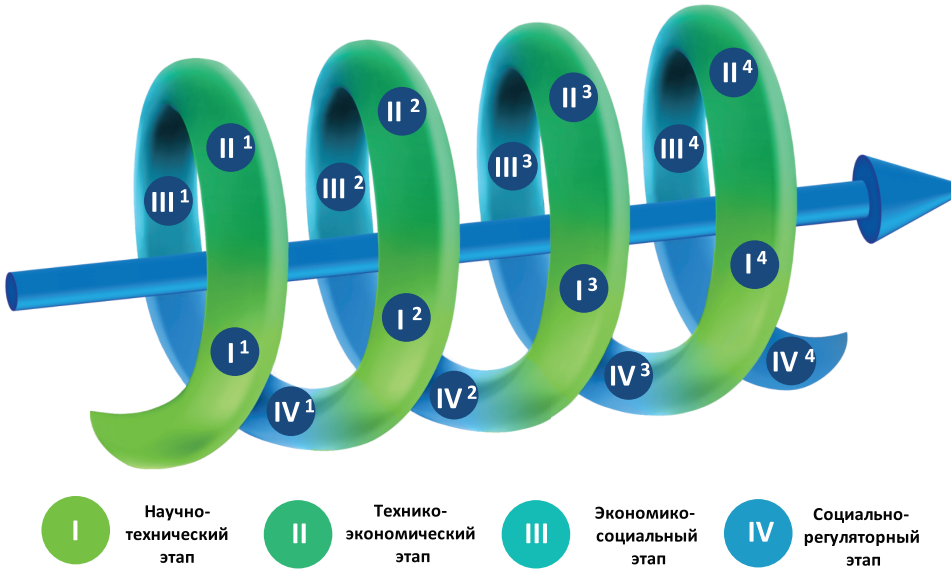
ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕКСТИЛЬНОГО ОТДЕЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Эволюция промышленных технологий отделочного производства (ОП) за значительный период существования текстильного производства прошла путь от первого некустарного через мануфактурное производство и фабричное к высокоорганизованной системе комбинатов с государственным управлением и далее к частным отделочным предприятиям. Оценены революционные явления, обеспечивающие развитие ОП на принципиально новом уровне, а в некоторых случаях — прорыв текстильной индустрии и выход на мировой уровень. В таблице 3 приведены основные циклы развития технологий отделочного производства, оказавшие принципиальное влияние на развитие текстильного отделочного производства в России.

Таблица 3. Характеристика циклов развития технологий отделочного производства

Период, годы	Цикл	Описание цикла
Конец XVI — начало XIX в.	Первый (механизация)	Совершенствование технологий крашения пряжи, подготовки и крашения тканей. Создание колористических лабораторий
Начало XIX в. — XX в.	Второй (химизация)	Химизация текстильной индустрии, интенсификация химико-текстильных процессов. Внедрение технологий биохимической подготовки с минимизацией эмиссий в сточные воды, создание новейших технологий пигментной печати без промывки, заключительной отделки тканей с применением нано покрытий
XX в.	Третий (поточное производство)	Создание предприятий полного цикла производства (прядение, ткачество, отделка)
2010 г. — наст. время	Четвертый (Цифровизация)	Переход на цифровые технологии

[17] *Фомченкова Л.* Современные готовые ткани отечественного производства в условиях пандемии // Легкая промышленность : Курьер. — 2021. — №2. — С. 44–46. — URL: https://www.lp-magazine.ru/lpmagazine/2021/02/977 (дата обращения: 24.12.2021).



I¹ — изобретение парового насоса (впоследствии — парового двигателя)

II¹ — паровые котлы (конец XVIII в., первые паровые машины)

III¹ — ткани из натуральных волокон (улучшенное качество)

IV¹ — организация мануфактурного производства; создание колористических лабораторий

I² — изобретение перекиси водорода («окисленная вода»); создан первый промышленный анилиновый черный краситель

II² — сокращение длительности стадии беления пряжи и тканей до суток (замена длительного 3–6-месячного лугового беления); внедрение новых химических технологий крашения и печатания

III² — ткани из искусственных волокон

IV² — химизация красильного производства; повышение производительности

I³ — инерционный конвейер

II³ — система поточной организации на производстве

III³ — расширение ассортимента искусственных волокон

IV³ — внедрение фабричной системы

I⁴ — переход на цифровые технологии

II⁴ — внедрение цифрового программного обеспечения для управления оборудованием; создание цифровых печатных плоттеров

III⁴ — био- и нанотехнологии; пигментная печать; расширение ассортимента тканей

IV⁴ — снижение длительности стадий сбыта продукции, налаживание товарных предприятий, а также торговля через цифровые платформы

Рис. 6. Эволюция промышленных текстильных технологий отделочного производства

Таблица 4. Основные этапы циклов развития технологий отделочного производства

Цикл	Научно-технический этап	Технико-экономический этап	Экономико-социальный этап	Социально-регуляторный этап
Первый (механизация)	Изобретение парового насоса (впоследствии — парового двигателя)	Паровые котлы (конец XVIII в. первые паровые машины)	Ткани из натуральных волокон (улучшенное качество)	Организация мануфактурного производства. Создание колористических лабораторий
Второй (химизация)	Изобретение перекиси водорода («окисленная вода»). Создан первый промышленный анилиновый черный краситель	Сокращение длительности стадии беления пряжи и тканей до суток (замена длительного 3–6-месячного лугового беления). Внедрение новых химических технологий крашения и печатания	Ткани из искусственных волокон	Химизация красильного производства, повышение производительности
Третий (поточное производство)	Инерционный конвейер	Система поточной организации на производстве	Расширение ассортимента искусственных волокон	Внедрение фабричной системы
Четвертый (цифровизация)	Переход на цифровые технологии	Внедрение цифрового программного управления оборудованием. Создание цифровых печатных плоттеров	Био- и нанотехнологии. Пигментная печать. Расширение ассортимента тканей	Снижение длительности стадий сбыта продукции, налаживание товарных предприятий, а также торговля через цифровые платформы

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕКСТИЛЬНОГО ОТДЕЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Изготовленные на ткацком станке ткани называют ***суровыми*** или ***суровьем***. Они имеют некрасивый внешний вид, содержат различные примеси и загрязнения. Эти ткани непригодны для изготовления швейных изделий, они требуют отделки.

Отделочное производство целлюлозосодержащих тканей

Основные операции отделки хлопчатобумажной ткани: опаливание, расшлихтовка, щелочная отварка, беление, мерсеризация, крашение, печатание, заключительная отделка (аппретирование, ширение, каландрирование).

Опаливание — очистка поверхности тканей от незатканных кончиков нитей пуха, узелков, сорных примесей. Опаливание или производят с помощью газовой горелки, или волокна сгорают при соприкосновении с металлической расплавленной поверхностью желоба.

Расшлихтование — удаление из тканей клейкого раствора для проклейки основы ткани (шлихты).

Отваривание — обработка ткани щелочными растворами, применяется для удаления примесей целлюлозы, загрязнений и остатков шлихты.

Сущность процесса **беления** состоит в разрушении природных красящих веществ с помощью окислителей (реже — с помощью восстановителей), для придания устойчивой белизны. В зависимости от применяемых химических материалов различают следующие основные способы беления хлопчатобумажных тканей:

– щелочно-гипохлоритные, основанные на применении щелочей для отваривания и солей хлорноватистой кислоты для отбеливания (периодический и полунепрерывный способы);
– щелочно-перекисные, основанные на применении щелочи для отваривания и перекиси водорода для отбеливания (периодический и непрерывный запарной способы);
– щелочно-хлоритные, или чистохлоритные, основанные на применении щелочей для отваривания и солей хлористой кислоты (хлоритов) для отбеливания. Щелочное отваривание при этом во многих случаях необязательно.

Мерсеризация — обработка раствором едкого натра для повышения прочности, шелковистости, блеска, гигроскопичности и для лучшего окрашивания.

Крашение — придание сплошной ровной окраски путем нанесения того или иного цвета с помощью красителя.

Печатание — нанесение на ткань цветного рисунка. Существуют три вида печати:

1) прямой — нанесение рисунка на белую или цветную ткань;
2) вытравной — на ткань наносится вещество, разрушающее краситель, появляются белые рисунки на черной ткани;
3) резервный — наносится белый рисунок на темную ткань.

Заключительная отделка:

– **Аппретирование** — пропитка ткани специальными составами для придания упругости, эластичности, нужной жесткости, блеска, белизны и повышения износостойкости.
– **Ширение** — придание тканям стандартной ширины и устранение перекосов.
– **Каландрирование** — проутюживание ткани на отделочных каландрах.

Существуют специальные отделки, при которых хлопчатобумажные ткани получают определенные свойства (несминаемость, безусадочность,

водонепроницаемость, водоотталкивание, огнезащитные, противогнилостные, стойкое тиснение), стойкие рельефные узоры.

Современные способы подготовки тканей предусматривают совмещение процессов в одну стадию с различными текстильными вспомогательными веществами, исключение энерго- и ресурсоемких стадий щелочной отварки и мерсеризации (рис. 7). В процессе подготовки образуются сточные воды, требующие возврата в технологический цикл или совмещения со стоками красильного и печатного цеха, а также очистки на очистных сооружениях.

Типовая технологическая блок-схема производства форменных одежных хлопчатобумажных и смесовых хлопкополиэфирных «тяжелых» тканей с вложением полиэфирного волокна до 50 % представлена на рисунке 8. Описание технологического процесса получения гладкокрашеных хлопчатобумажных тканей и смесовых с вложением ПЭ до 50 % представлено в таблице 5.

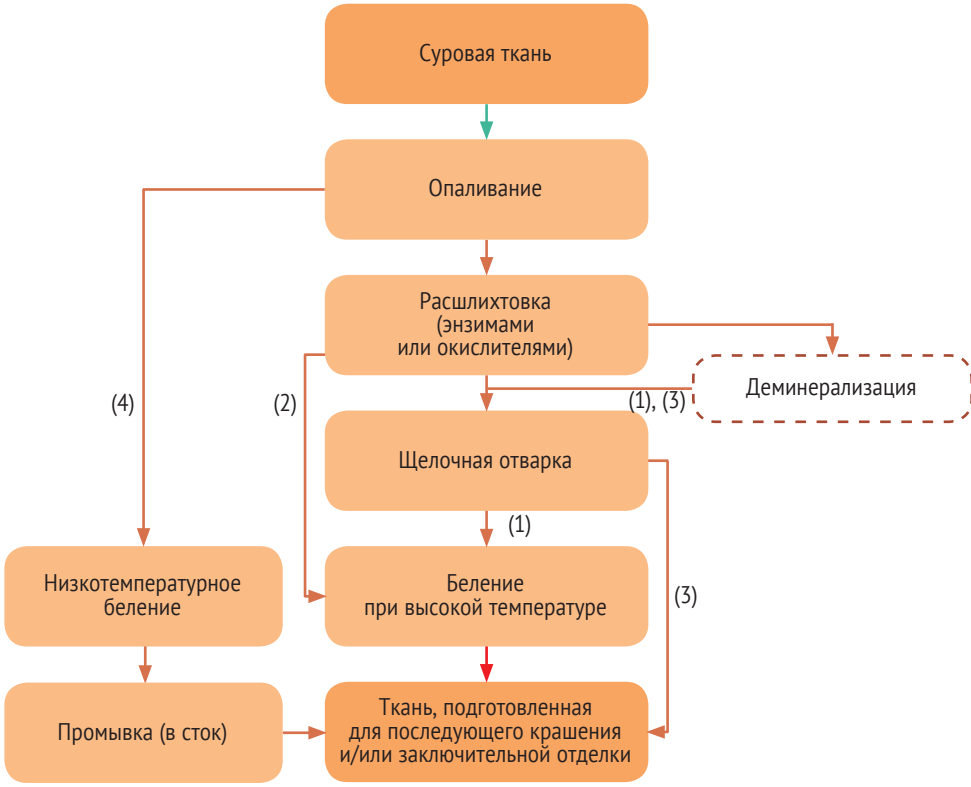


Рис. 7. Современная блок-схема технологии беления хлопчатобумажного отделочного производства:

1 — стандартная схема подготовки; *2* — двухстадийная схема подготовки без операции отварки; *3* — схема подготовки под крашения в темные цвета; *4* — схема холодного пероксидного беления

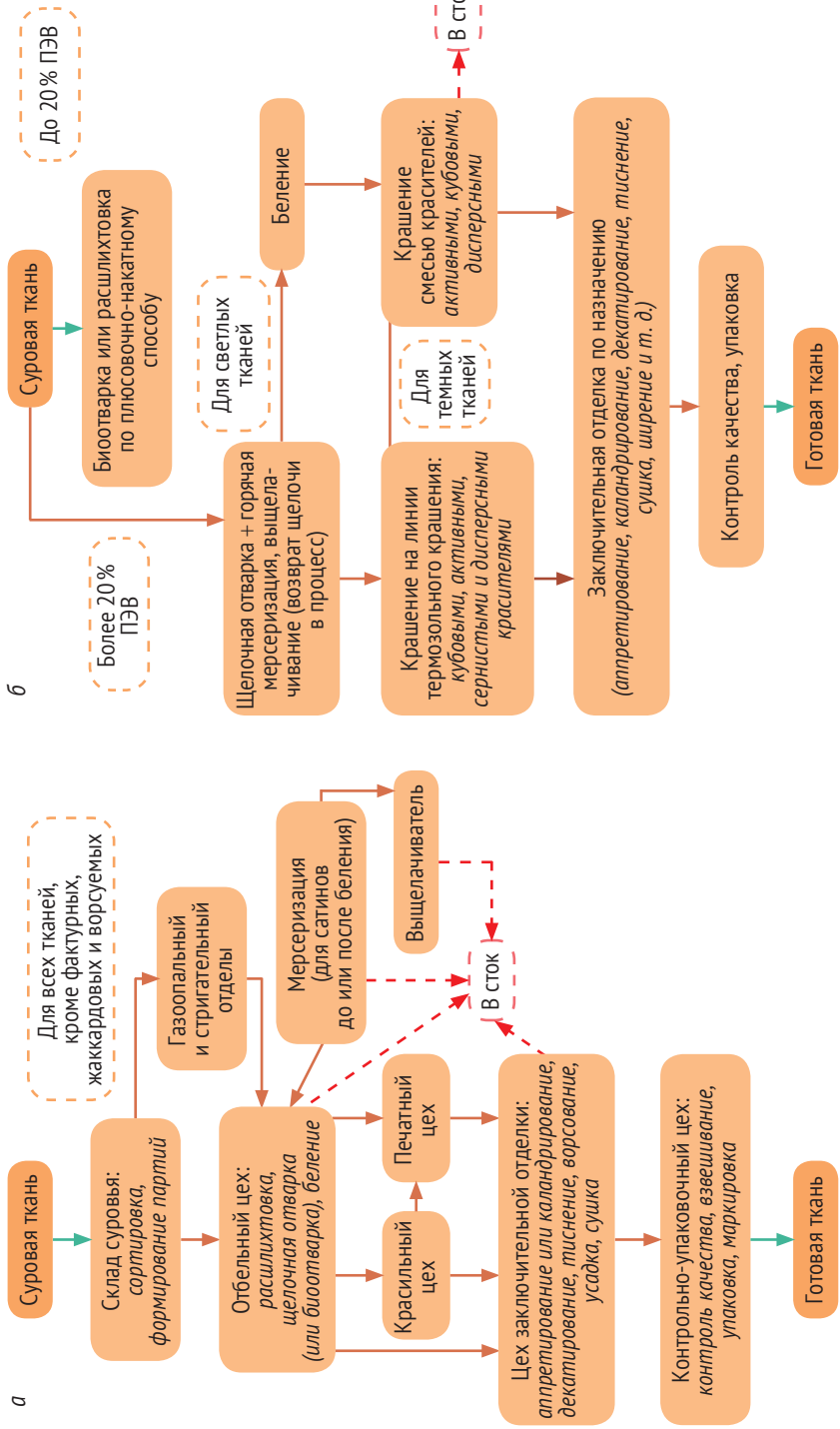


Рис. 8. Типовая технологическая блок-схема производства:

а — форменных одежных хлопчатобумажных; *б* — смесовых хлопкополиэфирных «тяжелых» тканей с вложением полиэфирного волокна до 50 %

Таблица 5. Описание технологического процесса получения гладкокрашеных хлопчатобумажных тканей и смесовых с вложением ПЭ до 50 %

Входной поток	Этап процесса	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии, концентрации растворов, формирующих сток без учета разбавления промывными водами
Суровая ткань	Сшивание ткани	Суровая ткань	Швейная машина оверлок	
	Опаливание		Газоопальные машины (горизонтальные или вертикальные)	
	Стрижка до или после беления	Стриженная ткань	Стригательные машины (кроме ворсуемых, вафельных, жаккардовых и фактурных тканей)	
Стриженная ткань	Отварка	Отваренная, отбеленная ткань	Линия беления (секция отварки или отварки и беления), или эжектор, или джиггер	Гидроксид натрия, ПАВ, производные оксиэтилированных ароматических спиртов, алкилсульфаты, алкилсульфонаты, катионные и амфотерные соединения, синергетические смеси ПАВ, комплексообразователь, стабилизаторы (силикаты, метасиликаты)
Обработанная ткань	Крашение ткани (пропитка дисперсными или кубовыми, активными красителями)	Окрашенная ткань	Линия крашения по термофиксационному или плюсовочно-запарному способу	Алкилсульфаты, алкилсульфонаты, катионные и амфотерные соединения, синергетические смеси ПАВ, краситель (менее 1 г/л)
Окрашенная ткань	Аппретирование	Окрашенная ткань с аппретом	Пропиточно-полимеризационная линия или линия заключительной отделки	Полимеры и продукты их деструкции: полиакриламид, моноэтаноламид; синтетические жирные кислоты (C_{10}–C_{16}), 8-оксихинолят меди, производные оксиэтилированных ароматических спиртов, поливинилацетат менее 1 г/л, хлорид магния менее 1 г/л, гидрат или хлорид аммония менее 0,1 г/л, или персульфат аммония или гексагидрат — менее 1 г/л, раствор СМС 0,1 г/л, мочевина 1 г/л или дициандиамид 0,5 г/л, оптический белый краситель 0,03 г/л, хромолан менее 1 г/л, уротропин 0,5 г/л, 80-процентная уксусная кислота 0,5 г/л

Отделка льняных тканей

Основные операции: опаливание, расшлихтовка, отварка, беление, крамление или печатание, заключительная отделка (аппретирование, ширение, каландрирование).

В процессе отварки и беления происходит удаление из ткани клеящих веществ. Ткани теряют до 30% массы, плотность их уменьшается, поэтому обычно отваривают и белят пряжу, а не ткань. Отварку и беление пряжи проводят осторожно и повторяют несколько раз.

При сочетании суровой, частично отбеленной и окрашенной льняной пряжи вырабатывают пестротканые льняные ткани. Меланжевые ткани делают из меланжевой пряжи, содержащей окрашенные штапельные волокна и суровые льняные. Заключительные и специальные отделки льна — такие же, как и для хлопчатобумажных тканей, кроме стойкого тиснения.

На сегодняшний день модернизация льнопроизводств осуществлена за счет внедрения интенсифицированных процессов щелочной отварки ровницы, основанных на использовании бисульфита натрия, а также на сокращении технологий окислительной варки ровницы в котлах, «бесхлорных» унифицированных процессов беления льняных и полульняных тканей (за исключением беления с использованием гипохлорита натрия), внедрения современных джиггеров и линий беления расправленным полотном. С точки зрения экологизации технологий, важным является полное исключение процессов хлоритного и гипохлоритного беления (рис. 9, 10). Для льняных производств, не отличающихся высокой производительностью из-за многостадийности процесса подготовки и низких скоростей работы оборудования для беления расправленным полотном, использование двухстадийных бесхлорных технологий щелочно-перекисного беления становится практически беззатратным способом увеличения производительности с 40–70 тыс. м/сут до 100–150 тыс. м/сут.

Использование ферментативной обработки на первой стадии бесхлорного процесса пероксидного беления обеспечивает сокращение всего цикла подготовки для льняных и полульняных тканей с 7,5–8 до 5–6 часов, а для пестротканей — до 2,5–4 часов, что значительно увеличивает производительность оборудования. Высокая экологическая безопасность предлагаемых процессов бесхлорного беления подтверждена результатами экспертизы сточных вод. Так, выявлено снижение биологического потребления кислорода (БПК) с 200 до 133,2 и химического потребление кислорода (ХПК) с 545 до 400 мг O_2/л, повышение прозрачности сточных вод, снижение концентрации взвешенных веществ с 129,5 до 58 мг/л и уменьшение сухого остатка с 1720 до 799 мг/л (табл. 6, 7).

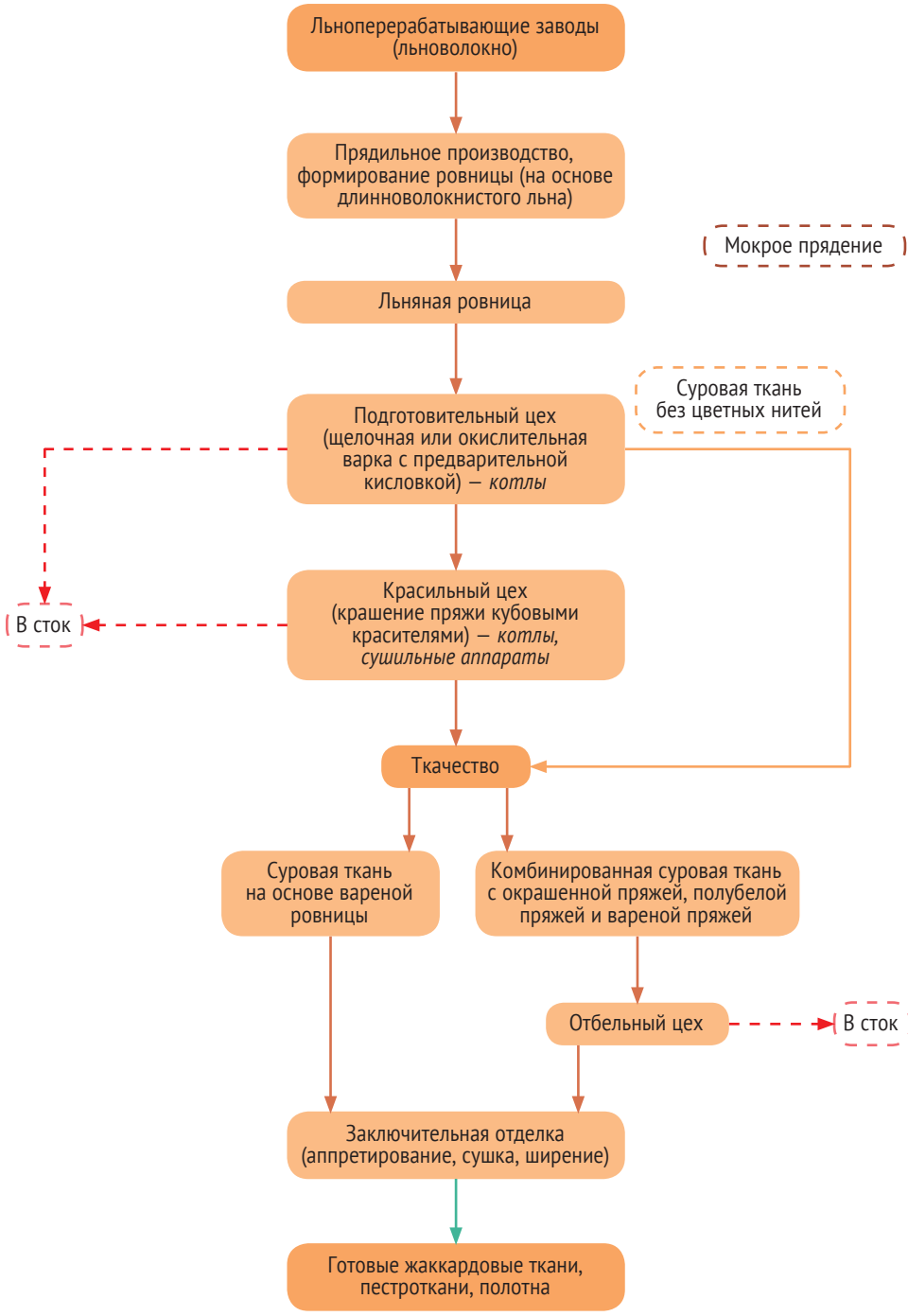


Рис. 9. Общая технологическая схема производства льняных тканей в системе льнокомбината

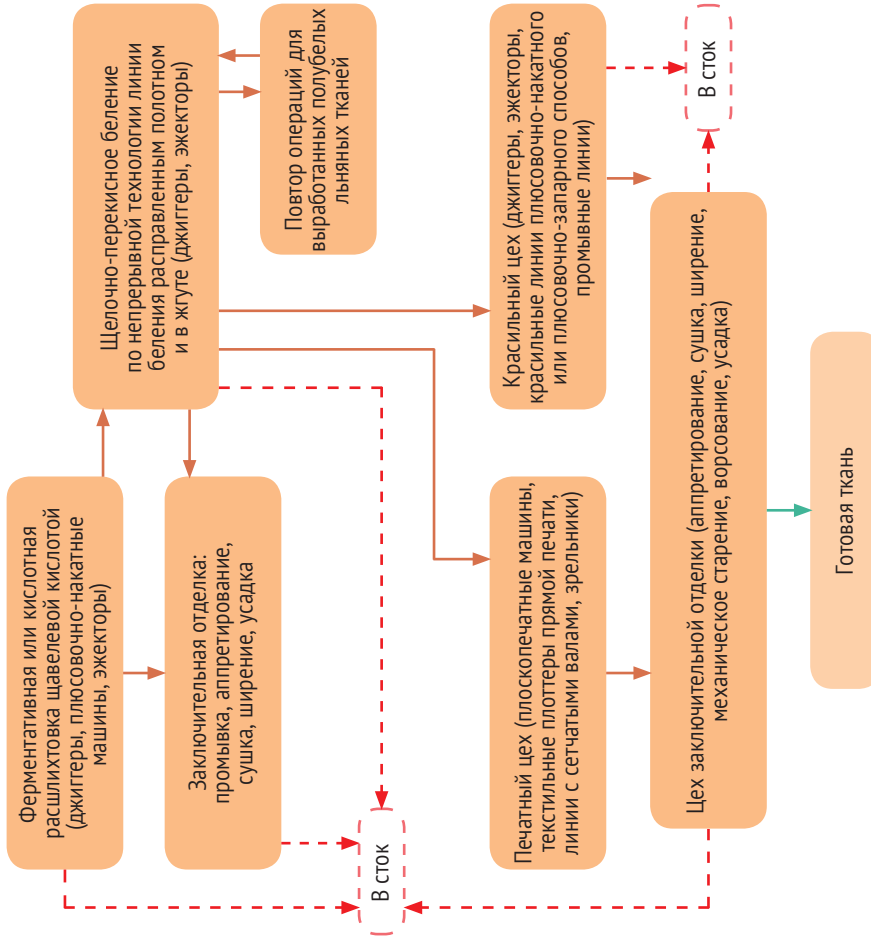


Рис. 10. Типовые технологические потоки отделочного производства в системе льнокомбинатов или индивидуальных производств

Таблица 6. Описание технологического процесса получения льняных и полульняных тканей на основе ровницы окислительной варки

Входной поток	Этап процесса	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Вещества, формирующие сточные воды
Суровая льняная ровница	Окислительная варка ровницы	Отбеленная ровница	Котлы	Пероксид водорода, серная кислота, уксусная кислота, органические кислоты, метасиликат или силикат натрия, кальцинированная сода
Прядение по мокрой технологии				
Пряжа полубелая	Крашение кубовыми красителями	Окрашенная пряжа	Котлы, сушильные аппараты	Краситель кубовый, ПАВ, окислитель, восстановитель
Ткачество				
Суровая ткань	Ферментативная расшлихтовка	Расшлихтованная ткань	Плюсовочно-накатное, джиггеры, эжекторы	Стоки — промывные воды, содержащие продукты ферментативного гидролиза крахмала (олигосахариды и простые сахара), дезактивированный фермент амилаза (белок-следы)
Расшлихтованная ткань	Щелочно-пероксидное беление (повтор стадии: для льняных и полульняных тканей)	Отбеленная ткань		Стоки — промывные воды, содержащие продукты окисления полисахаридов и лигнина, щелочные реагенты (гидроксид натрия менее 0,1 г/л, каустическая сода менее 0,02 г/л, сода кальцинированная 1,3 г/л, силикат натрия < 1,2 г/л) перекись водорода (100 %) 0,05 г/л, триполифосфат натрия 0,1 г/л, мочевина 0,5 г/л, ПАВ 0,01 г/л, сернокислый магний 0,02 г/л. Тепловыделение
Отбеленная ткань (кроме тканей с цветной пряжей)	Крашение активными или кубовыми красителями	Гладкокрашеная ткань	Джиггеры, эжекторы, линии крашения плюсовочно-запарные или плюсовочно-накатные	Кубовый или активный краситель, триполифосфат натрия 0,2 г/л, синтамид 0,02 г/л, гидросульфид натрия 0,2 г/л, силикат натрия 0,1 г/л
Гладкокрашеная ткань и ткань с цветной пряжей	Аппретирование	Готовая ткань	Линии заключительной отделки	Крахмал, или синтетические жирные кислоты, или воск, или глицерин, или силикат натрия, мыло 60 %, трагант, ультрамарин, нашатырный спирт, белый краситель (оптический отбеливатель)

Таблица 7. Описание технологического процесса получения льняных и полульняных тканей на основе ровницы щелочной варки

Входной поток	Этап процесса	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии, концентрации растворов без учета разбавления промывными водами
Суровая ровница	Щелочная варка	Отваренная ровница, краситель	Котлы для крашения пряжи	Продукты щелочного гидролиза полисахаридов (сопутствующих примесей), лигнина, щелочной агент, соли, ПАВ
Прядение по мокрой системе				
Суровая ткань на основе пряжи вареной	Кислование или (и) ферментативная расшлихтовка или биоотварка, промывка с ПАВ	Расшлихтованная и подготовленная ткань	Рулоно-перемоточного типа (джиггеры), эжекторы, односекционные линии	Дезактивированные ферменты амилаза (и) или пектиназа < 0,1 г/л, щавелевая, уксусная или серная кислота <0,1 г/л, олигосахариды, сахара, ПАВ
Расшлихтованная и подготовленная ткань	Локальное белоземельное печатание пигментами или активными и кубовыми красителями	Напечатанная ткань	Тканепечатные агрегаты и линии	Красители, ПАВ, щелочные реагенты
Напечатанная, расшлихтованная и подготовленная ткань	Заключительная отделка (аппретирование с использованием бесформальдегидных или малоформальдегидных аппаратов, в зависимости от назначения ткани)	Готовая ткань	Линия заключительной отделки	Крахмал, или синтетические жирные кислоты, или воск, или глицерин, или силикат натрия, мыло 60 %, трагант, ультрамарин, нашатырный спирт, синтетические полимеры

Отделка тканей из шелка

К основным операциям отделки шелка относят: опаливание, отварка, отбеливание, крашение, печатание, аппретирование, ширение, сушка, каландрирование.

Опаливание проходят ткани из шелковой пряжи с добавлением хлопчатобумажной ткани в утке.

Отварка — обработка мыльным раствором при температуре 92–95° С в течение 1,5–2 часов для удаления серицина, красящих, жировых и минеральных веществ.

Отбеливание проходят только ткани из шелковой пряжи, которые должны быть абсолютно белыми; кремоватые суровые ткани хорошо красятся. Отбеливают перекисью водорода в щелочной среде.

Крашение производится прямыми кубовыми красителями. Активные красители дают яркую окраску, стойкую к мокрым обработкам, трению и действию органических растворителей.

Печатание производится с помощью сетчатых шаблонов, этот способ называется фотофильмпечать. На ткань накладывают трафареты с отверстиями в форме рисунка и с помощью пульверизатора набрызгивают краситель. Трафарет снимают, ткань сушат и промывают.

Заключительная отделка зависит от строения ткани. Креповые ткани обрабатывают разбавленным раствором уксусной кислоты. Ткани из натурального шелка и полушелковые проходят вторичное опаривание, аппретирование, каландрирование и вторичное каландрирование. В ворсовых тканях вначале поднимают ворс, потом проводят стрижку, затем нанесение аппретов на изнанку ткани, на игольчатой сушильноширильной линии.

Одной из важных операций для шелковых тканей является термостабилизация; эмиссии на этой стадии отсутствуют. Виды обработок и препараты для заключительной отделки тканей выбираются в зависимости от сырьевого состава, индивидуальных свойств ткани и их целевого назначения (рис. 11, 12, табл. 8).

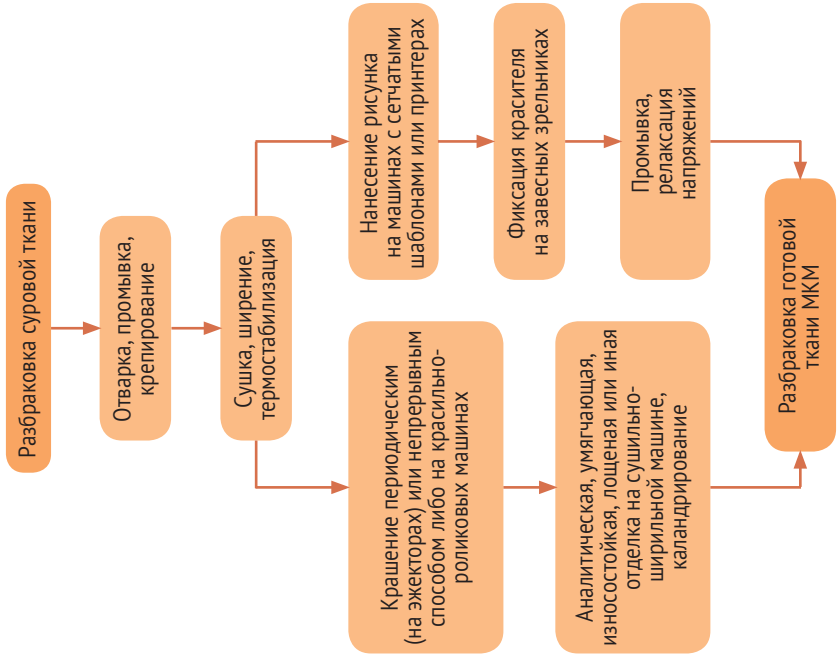


Рис. 12. Типовая технологическая схема для отделки шелковых тканей на основе химических нитей и волокон и их смесей с натуральными

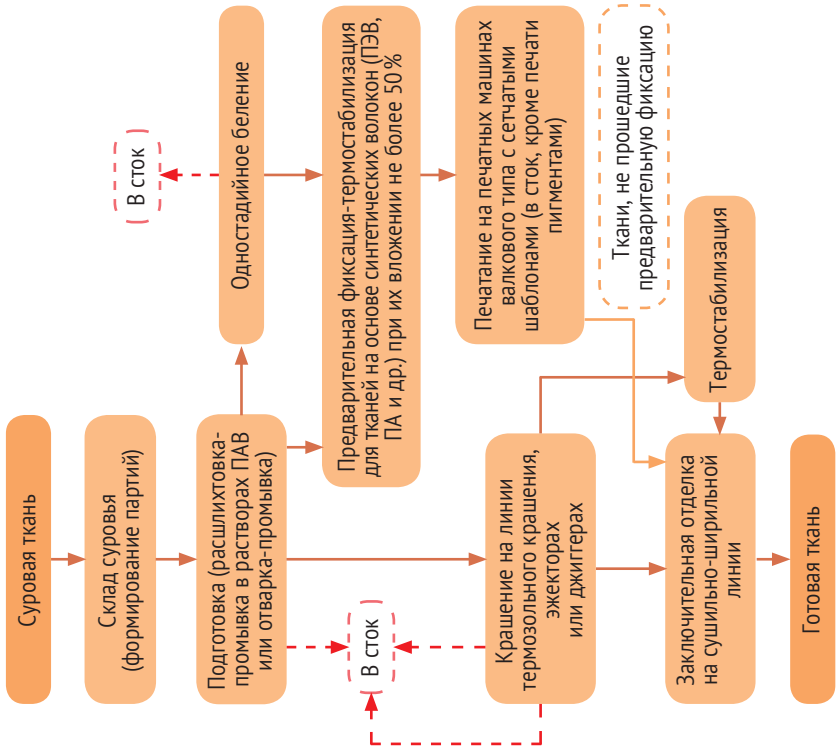


Рис. 11. Общая технологическая блок-схема отделочного производства шелковых тканей на основе химических волокон

Таблица 8. Описание технологического процесса получения шелковых тканей на основе синтетических волокон (например, полиэфирных)

Входной поток	Этап процесса	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Формирование эмиссий, концентрации растворов без учета разбавления промывными водами
Суровая ткань	Отварка (промывка)	Отбеленная ткань	Аппараты, линии и машины для отварки и промывки	Стоки: – сода 0,1–0,2 г/л, – фосфат натрия 0,1 г/л, – ПАВ 0,01 г/л
Полубелая ткань	Предварительная фиксация-термостабилизация	Ткань после термостабилизации	Сушильно-ширильно-стабилизационная машина	Тепловыделение веществ, загрязняющих воздух
Полубелая ткань после термостабилизации	Крашение дисперсными красителями	Окрашенная ткань	Эжекторы, джиггеры, линии термозольного крашения	Диспергатор анионного типа 0,05–0,1 г/л, уксусная кислота 30 % 0,05–0,1 г/л
	Печатание пигментами	Напечатанная ткань	Тканепечатные агрегаты, принтеры или линии	Краситель 2–4 г/л, алкилоламиды 2 г/л, лудигол 0,5 г/л, загустка
Окрашенная или напечатанная ткань	Аппретирование	Готовая ткань	Линии	Смесь четвертичных аммониевых солей на основе высокомолекулярных соединений жирного ряда 0,5–1 г/л, смесь полиэтиленгликолиевых эфиров высших жирных спиртов 0,5–3 г/л

Отделка шерстяных тканей

Шерстяные ткани делятся на гребённые (камвольные) и суконные.

Гребённые ткани тонкие и легкие, имеют на лицевой поверхности четкий рисунок переплетения.

Суконные ткани отличаются от гребённых большей массой и толщиной. Поверхность может быть с ворсом, пушистая или иметь войлокообразный застил, поэтому отделка камвольных и суконных тканей имеет свои особенности, но некоторые операции общие.

Основные операции отделки гребённых тканей: опаливание, заваривание, валка (для некоторых тканей), промывание, карбонизация, мокрая декатировка, крашение, стрижка и чистка, прессование, заключительная декатировка.

Отделка суконных тканей включает: валку, промывание, декатировку, карбонизацию, крашение, стрижку и чистку, прессование, заключительную декатировку.

Некоторые шерстяные ткани могут иметь специальную пропитку: водоотталкивающую и молестойкую.

Опаливание — сжигание торчащих волокон шерсти с лицевой стороны гребённых тканей на специальных машинах — «палилках» (пламя от газовых горелок).

Промывание производится для удаления жира, остатков шлихты и загрязнений.

Заваривание — обработка гребённых тканей в течение 20–30 минут горячей или кипящей водой, а затем холодной для снятия напряжений, придания усадки, закрепления структуры ткани, уменьшения ее способности свойлачивания при последующих обработках.

Валка всех суконных и некоторых гребённых тканей производится для увеличения плотности и образования войлокообразного застила.

Мокрая декатировка — это обработка ткани водой и паром на декатировочных машинах для уплотнения и уменьшения усадки ткани. Декатируют такие ткани: «бостон», трико, шевиот и др.

Карбонизация — это обработка чистошерстяных тканей 4–5 %-ным раствором серной кислоты для очистки от растительных примесей.

Ворсование драпов и пальтовых тканей производится путем вычесывания волокон из влажной ткани на ворсовальной машине, на которой имеется барабан, покрытый кардолентой (лента с мелкими иголками) или растительными ворсовальными шишками.

Крашение производится кислотными, хромовыми, металлосодержащими и прямыми красителями. Очень толстые суконные ткани вырабатываются из окрашенной пряжи. Некоторые пальтовые ткани, платки, шарфы проходят процесс печатания.

Беление шерстяных тканей производится редко, так как оно снижает прочность ткани.

Стрижку гребённой ткани выполняют для устранения пушистости, а суконные ткани стригут после ворсования для выравнивания высоты ворса. После стрижки ткани чистят. Некоторые драпы проходят процесс **фигурного закатывания ворса** (ратинирования) на ратинирующих машинах. На драпе

«велюр» вспушивают ворс ворсующими и контворсующими валиками, которые движутся в разные стороны.

Аппретирование проходят: гребённые, полушерстяные костюмные и пальтовые ткани для придания эластичности, мягкости и упругости.

Прессованию подвергаются ткани, которые имеют плотную структуру и гладкую поверхность. Их уплотняют, выравнивают и придают блеск.

Заключительная декатировка — это обработка горячим паром под давлением для придания усадки, закрепления структуры и снятия лас.

Шерстяная промышленность перерабатывает шерсть и в смеси с ней химические волокна. Процессы обработки шерсти, превращаемой в пряжу и ткань, весьма разнообразны.

Продуктом отделки шерстяных тканей является готовая шерстяная ткань. Ткани должны иметь установленные ГОСТ прочность, удлинение, упругость, теплопроводность, способность противостоять истиранию, у них должен быть хороший внешний вид, определенная ширина и вес. Для придания ткани требуемых свойств при максимальном использовании и сохранении естественных свойств шерстяных волокон проводят подготовку к отделке. Элементы отделки шерстяных тканей можно представить схемами на рисунках 13, 14. Описание технологического процесса получения шерстяных тканей представлено в таблице 9.

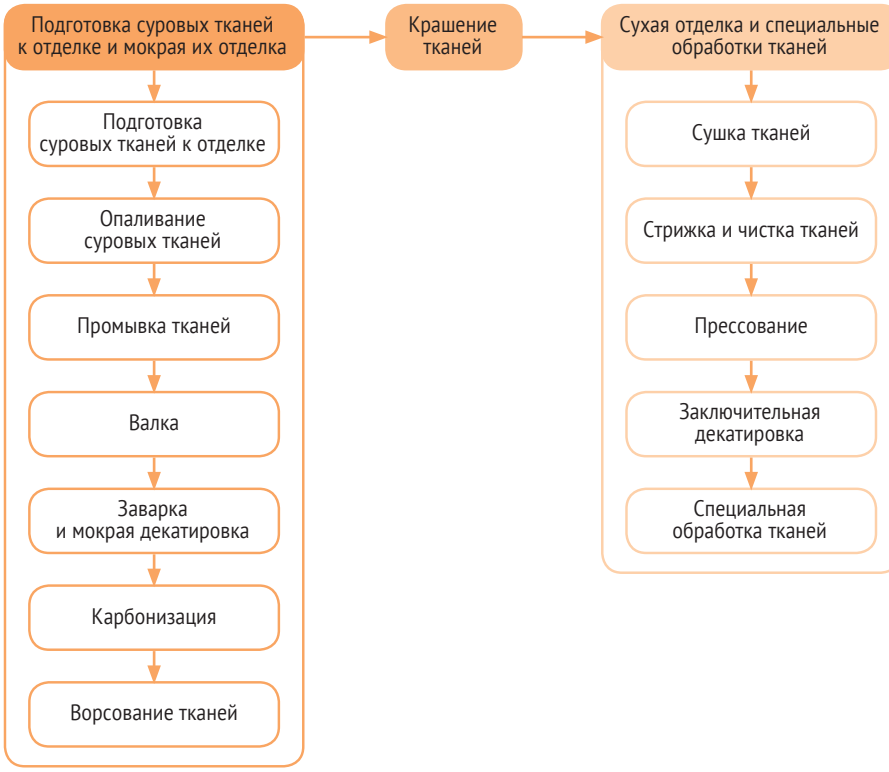


Рис. 13. Технологические этапы производства шерстяных тканей

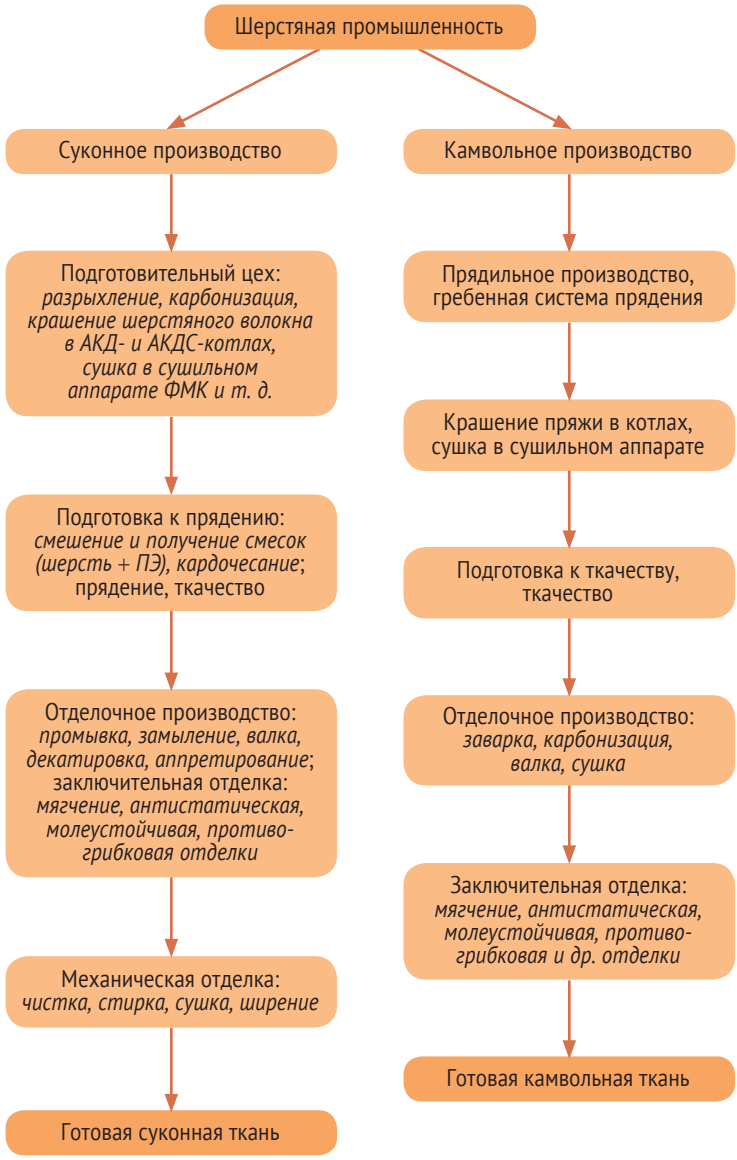


Рис. 14. Примерная технологическая схема камвольного и суконного производства:

АКД — аппарат красильный под давлением; АКДС — аппарат красильный под давлением скоростной; ПЭ — полиэфирное волокно

Таблица 9. Описание технологического процесса получения шерстяных тканей

Входной поток	Этап процесса	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии, концентрации растворов, формирующих сток, без учета разбавления промывными водами
Суровая ткань	Опаливание	Суровая ткань	Газоопальные машины (горизонтальные или вертикальные)	–
Суровая ткань	Промывка	Суровая ткань	Линия для промывки ткани врасправку	Содово-мыльный раствор или аммиак, ПАВ, вода
Суровая ткань	Валка	Суровая ткань	Валяльная машина	
Суровая ткань	Заварка и мокрая декатировка	Суровая ткань	Заварочная машина, мокрый декатир	Вода, пар
Суровая ткань	Карбонизация	Суровая ткань	Карбонизационно-нейтрализационная линия	Серная кислота, ПАВ, вода
Суровая ткань	Ворсование	Суровая ткань	Ворсовальная машина	–
Суровая ткань	Крашение	Крашеная ткань	Линия крашения по плюсовочно-запарному способу	Кислотные (обычные, антрахиноновые, металлсодержащие), протравные (хромовые), активные (процилaны, ремазоланы, цибаланы, цибакроланы) и прямые красители
Крашеная ткань	Сушка	Крашеная ткань	Сушильная машина	–
Крашеная ткань	Стрижка и чистка	Стриженая ткань	Стригально-очистильная машина	–
Стриженая ткань	Прессование	Прессованная ткань	Цилиндрический пресс	–
Прессованная ткань	Заключительная декатировка	Готовая шерстяная ткань	Заключительный декатир	–

Отделка трикотажного полотна

Процессы подготовки трикотажа по сравнению с соответствующими процессами для ткани проще, трикотаж не подвергается шлихтованию, и поэтому нет стадии расшлихтовки. Материал содержит меньше кожицы от семенных коробочек, чем ткань; для трикотажа чаще всего применяется хлопок гребённого прочеса и более высокого сорта. Поскольку структура трикотажа более открытая, чем структура ткани, это способствует более эффективному проникновению применяемых для процессов подготовки химических препаратов и облегчает процесс промывки. Трикотажное полотно на основе хлопка подвергается одностадийному щелочно-перекисному белению. Машинное оборудование принципиально отличается по конструкции от отделочного оборудования хлопчатобумажного комбината. Технологии отделки выбираются в соответствии с сырьевой составляющей. Схема технологического процесса производства кругловязаного полотна и купонов представлена на рисунке 15 и в таблице 10.

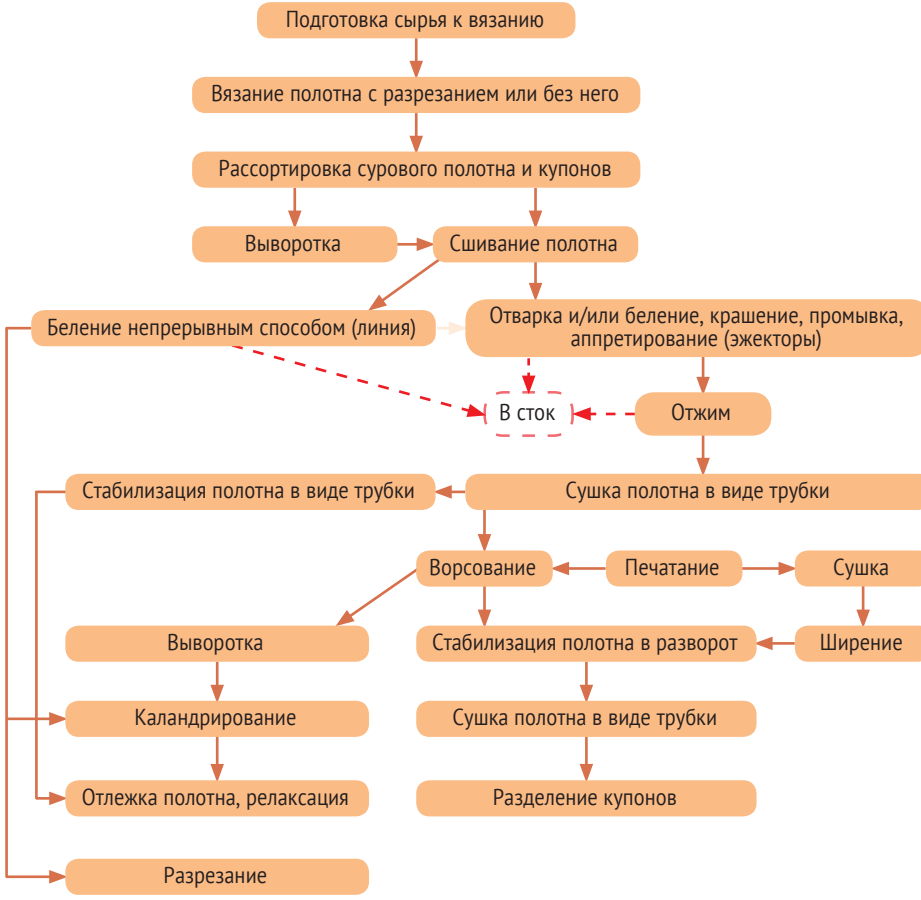


Рис. 15. Схема технологического процесса отделки кругловязаного полотна и купонов

Таблица 10. Описание технологического процесса отделки кругловязаного полотна и купонов

Входной поток	Этап процесса	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии, концентрации растворов, формирующих сток, без учета разбавления промывными водами
Суровое полотно	Отварка	Суровое полотно	Жгутовая барка, эжекторная крсильная машина и др.	Гидроксид натрия или сода, вода
	Беление		Линия беления	Стабилизатор, смачиватель, гидроксид натрия, перекись водорода, сульфат магния
	Крашение	Крашеный полуфабрикат	Красильно-промывная машина, эжекторная машина	Преимущественно прямые (хлорид натрия/сульфат натрия, мягчитель, закрепитель) и активные (щелочной реагент, смачиватель) красители
Крашеный полуфабрикат	Аппретирование		Эжекторная машина	Сшивающий агент, катализатор и мягчитель
	Отжим		Центрифуга	–
	Сушка		Сушильная машина	–
	Печать	Напечатанное полотно	Печатная машина с плоскими сетчатыми/цилиндрическими шаблонами	Краситель, растворитель (вода), загуститель
	Сушка	Крашеный полуфабрикат	Сушильная машина	–
	Запаривание или термическая обработка		Зрельник	–
	Промывка		Красильно-промывная машина	Вода
	Каландрирование		Каландр	–
	Ворсование		Игольчатая ворсовальная машина	–
	Выворачивание		Вертикальная выворотная машина	–
	Сортировка	Готовое трикотажное полотно	Браковочно-накатная машина	–

Эволюция оборудования отделочного производства

Рассматривая эволюцию текстильного отделочного производства, можно констатировать, что развитие смежных текстильных предприятий по созданию текстильной химии, красителей, заводов по получению синтетических штапельных волокон и нитей, стимулировало перестройку текстильного отделочного производства на новые технологии, принципиальную смену оборудования. Например, от архаичных котловых аппаратов начала XX в. — к непрерывным высокоскоростным жгутовым линиям середины XX в. и далее — к непрерывным процессам отделки расправленным полотном.

Для перехода к высокотехнологичной инновационной продукции в 90-е годы прошлого века необходимы были существенные инвестиции в модернизацию отрасли.

Однако более чем десятикратное сокращение объемов отрасли за предшествующие 25 лет привело не только к снижению производства продукции, но и к существенному технологическому отставанию отрасли. Практически полностью перестало существовать производство средств производства, то есть ассортимента оборудования, необходимого отрасли.

Начиная с 2010 г. происходит крупномасштабная смена оборудования и реорганизация производства. Лимитирующим и в существенной степени сдерживающим внедрение новых технологий фактором были трудно демонтируемые линии ЛЖО (линии жгутового беления), которые сегодня в большинстве предприятий заменены на линии беления расправленным полотном, дающих меньше браков. Идет замена сушильно-ширильного оборудования с преимущественным обогревом за счет газовых горелок. Полностью заменены печатные машины с гравированными валами на линии печати с сетчатыми шаблонами. Актуализируются и выявляются преимущества цифровой печати, позволяющей существенно минимизировать перерасход красителей и технологической воды.

Не менее важный аспект, с точки зрения повышения ресурсной эффективности текстильного отделочного производства, — повышение уровня автоматизации процессов и оборудования и их цифровизация. С началом повсеместной компьютеризации и распространением интернета роль конвейера в промышленности постепенно уменьшается, а новый уровень машин (роботов) настолько высок, что угрожает ряду традиционных профессий. Например, компьютеризированные эжекторы успешно заменяют линии, а текстильные цифровые плоттеры медленно, но верно дополняют традиционные печатные валковые машины.

Цифровизация — это новая стадия совершенствования производства товаров и услуг и самого производства на основе «сквозного» применения информационных технологий. Современные информационные технологии и платформы способны кардинально изменять систему оказания государственных услуг, бизнес-модели, таким образом «повышая их эффективность за счет устранения

посредников и оптимизации»[18]. Заказ на продукцию приходит через интернет непосредственно на производство.

Ниже приведены примеры того, как техническое обеспечение отделочного производства (при суточной производственной программе не более 500 000 м/сут) влияет на расход пара, электроэнергии и технологической воды (табл. 11–14). Из представленных данных видно, что особую нагрузку в общую ресурсную составляющую по расходу тепловой энергии вносят операции опаливания, стрижки, сушки и ширения. Подготовка тканей является максимально расходным процессом из всех относительно потребляемой воды.

Таблица 11. Усредненные технические характеристики оборудования периодического действия (котлов) для волокон, пряжи, ровницы и тканей

Наименование	Номинальная загрузка, кг	Диаметр, мм	Вес паковки волокна, кг	Расход свежего пара, бар/г	Установленная электрическая мощность, кВт
Хлопок	400–500	1490/500	233	1200–1400	30–35
Полиэфир	600–700		350		
Акрил	800–850		420		
Хлопок	600–700	1490/500	233	1900–2100	50–55
Полиэстер	1000–1100		350		
Акрил	1200		420		
Хлопок	1400	1490/500	233	4000–4500	70–80
Полиэстер	2100		350		
Акрил	2000–2500		420		
Хлопок	800–1000	1725/600	333	2000–3000	50–60
Полиэфир	1400–1500		500		
Акрил	1800		600		

[18] *Карапетян Д. Т.* Экономическая значимость цифровой экономики // Научный журнал. — 2019. — № 1(35). — С. 54–55. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-razvitiya-tsifrovoy-ekonomiki-v-rossii-1 (дата обращения: 11.11.2021).

Таблица 12. Усредненные расходные нормы для эжекторных машин

Расход (не более)		Хлопок (темные тона)	Полиэстер	Хлопок (светлые тона)	Вискоза
Наименование	Ед. измерения				
Вода (25° С)	модуль, л/кг	60/35	27/16	46/27	34/20
Пар (8 атм)	кг пара/ кг ткани	5/3–4	2,5/1,5	3,5/2,2	2/1,3
Мощность	кВт/ кг ткани	0,3/0,3	0,3/0,2	0,3/0,25	0,2/0,18
Длительность	мин	440/385	275/240	368/320	299/260

Примечание: В таблице первое число перед косой чертой — для базовых моделей, второе — для современных.

Таблица 13. Усредненные энергозатраты при различных способах подготовки тканей

Способ обработки	Операция	Энергозатраты, ГДж/т
Расправленным полотном непрерывным способом	Отварка с запариванием, горячая промывка (85–90° С), беление с запариванием (врасправку), горячая промывка (85–90° С), сушка	25
Жгутом непрерывным способом	Отварка, беление в жгуте с запариванием, горячая промывка (85–90° С), сушка	10
Полунепрерывный в джиггере, эжекторе	Отварка, беление в жгуте с запариванием, горячая промывка (85–90° С)	10
Низкотемпературный (холодное беление)	Горячая промывка, сушка (85–90° С)	9
Одностадийный плюсовочно-запарной (холодное беление)	Отварка и беление (плюсование — запаривание), промывка и сушка	14

Таблица 14. Ресурсная эффективность оборудования для отделки хлопчатобумажных и смесовых тканей

Мощность, м/сут	Удельный расход пара, кг/1000 м^3	Удельный расход воды, м^3/1000 м^3 ткани	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/1000 м^3 ткани
Более 450 000	МТО-180, Беннингер-2 секция, ЛОБ 2 секции, стригальная машина, линия холодного беления, машина для пигментной печати, контрольно-мерильное оборудование		
	2500	30	700
Более 300 000	Газоопальная машина, мерсеризационная Дименза, линия отварки и беления, стригальная машина, сушильная линия, печатная валковая машина для печати активными красителями, завесной зрельник, линия промывки, линия заключительной отделки, контрольно-мерильное оборудование		
	3800	14	220 000
Более 90 000	Эжектор, жгутораспрaвитель, вакуум-отсосная машина, релаксационная машина, печать пигментами, линия заключительной отделки, контрольно-мерильное оборудование		
	2500	22	18 000

Использование эжекторов исключает многие виды брака, минимизирует расход химикатов и красителей более чем на 10–15 %, обеспечивает высокое качество обработки по всему объему полотен. В эжекторах можно обрабатывать различные по объему материалы, загрузка может составлять от 5 до 1000 кг.

Таким образом, процесс подготовки можно осуществлять при очень низком расходе электроэнергии за счет ликвидации всех тепловых операций, в том числе с исключением опаливания, что можно организовать в случае использования в качестве суровых тканей материалы на основе малозасоренных волокон. В этом случае расход энергии на подготовку может составлять всего 6 МДж/кг. Принципиально задача сокращения энергетических затрат может быть радикально или частично решена следующим образом:

– совмещение расшлихтовки, отварки и беления;
– интенсификация процессов, особенно отваривания и отбеливания;
– исключение операции отварки, беление при низкой температуре.

Из данных таблиц видно, что крупные производства выгодны с точки зрения экономии технологический воды даже при условии печатания активными красителями. Однако поскольку на них преимущественно используются линии для беления тканей, то они имеют сравнительно высокий расход пара и электроэнергии.

Приведем пример современного красильно-отделочного производства по выпуску смесовых, полульняных, льняных и хлопчатобумажных тканей общей производственной мощностью не более 70 000 метров тканей в сутки

с комплектацией эжекторным оборудованием для беления и крашения, газоопальным оборудованием, мерсеризационной линией, а также линиями заключительной отделки и линией санфоризации, каландрами и линиями для крашения. Суточный расход на 1000 м ткани газа при этой комплектации составляет 3000 м^3, 60 000 кг пара, 1000 м^3 воды, 30 000 кВт·ч электроэнергии.

Особую энергетическую нагрузку и высокие удельные расходы по пару и воде имеют предприятия, оснащенные отбельными двухсекционными линиями. Отбельное оборудование не менялось на многих предприятиях РФ вплоть до 2000-х гг. Основной акцент при модернизации, начиная с 1990-х гг., был сделан на смену печатного оборудования на более широкополотенные печатные машины. Это было связано с острой конкуренцией широких тканей, ввозимых из Китая и Европы. Начиная с 2019 г. на многих производствах началось глобальное перевооружение новейшим отбельным оборудованием и полный демонтаж устаревших линий беления жгутом ЛЖО на новейшие двухсекционные линии бескисловочного беления расправленным полотном, односекционные линии для одностадийных технологий беления, а также современные джиггеры и эжекторное оборудование. Техническое переоснащение во многом предопределило повышение ресурсной эффективности производств (табл. 15, 16).

Таблица 15. Примерные значения удельного расхода пара для хлопчатобумажного отделочного производства с комплектацией газоопальным и стригальным оборудованием в цехе подготовки в сравнении с современной комплектацией

Показатели \ Оборудование	МТО	ЛОБ 1 секция	ЛОБ-180 2 секции	СПН	СГ	ЛХО
Комплектация отбельного цеха 1980–2010 гг.						
Уд. расход пара, кг/1000 м	5,9	950	1270	–	–	235,4
Уд. расход воды, м^3/1000 м	–	8,0	8,0	–	–	14,2
Мощность, кВт·ч	27	240	240	8	30	42
Расход электроэнергии, кВт·ч/1000 м	5	26	–	2	–	–
Комплекция отбельного цеха 2000–2020 гг.						
Уд. расход пара, кг/1000 м	2	2100	1350		410	1196
Уд. расход воды, м^3/1000 м	2	15	0,15		4	5
Мощность, кВт·ч	27	51	572		4,5	55

Примечание: ЛОБ — линия отварки и беления; СПН — стригальный пухоочистительный агрегат; СГ — машина стригальная; ЛХО — линия холодного беления.

Таблица 16. Примерный расчет расхода и затрат для линий беления расправленным полотном

Линии беления	Электроэнергия, кВт·ч	Электроэнергия, Гкал/ч	Горячая вода, Гкал
Современные бескисловочные линии беления	15/15	0,24/0,19	0,13/0,10
Линии 1980-х гг. отварки и беления (ЛОБ)	92	2,73	0,25

Примечание: В таблице первое число перед косой чертой — показатель для щелочно-перекисного беления с щелочной отваркой, второе — для двухстадийного способа биоотварки и щелочно-перекисного беления.

При организации процессов подготовки текстильных материалов необходимо учитывать значительный расход энергии. Известно, что на испарение 1 кг воды расходуется около 2,6 МДж тепловой энергии, при этом удельное потребление энергии пропорционально количеству испаренной влаги. Примерный расход энергии на отдельные операции и на процесс в целом приведен в таблице 17.

Таблица 17. Сравнительный расход энергии на стадиях подготовки

Наименование операции	Расход энергии, МДж/кг
Отваривание (плюсование-запаривание)	6
Промывка	5
Отбеливание (плюсование-запаривание)	6
Промывка	5
Сушка	2
ИТОГО	24
Биоотварка, отбеливание, промывка в эжекторе, жгутораспрaвитель и вакуумотсосная машина, сушка	10

В таблице 18 приведен краткий эволюционный обзор тканепечатного оборудования.

Таблица 18. Эволюция тканепечатного оборудования

Период	Оборудование
XVII в.	Ручная белоземельная набойка резными досками по неокрашенной ткани
С 1735 г.	Печатание рельефными шаблонами и деревянными брусками с выступающим над их поверхностью рисунком (метод ксилографии)
Впервые примененные во Франции в 1800–1805 гг., в России с 1834 г.	Машины «пломбины» и «перротины» (Англия) — плоскопечаная набивная машина — малопроизводительны. Машины Обеггампфа
В конце 1820-х — начале 1830-х гг. — механизация	Ситценабивные машины, которые приводились в действие конными приводами
	Валковые машины с медными цилиндрами с паровыми двигателями, фикс-аппараты
С 1850 г.	Зрельники
В Японии с 1926 г., далее в Европе. В 1936 г. для оформления шелковых тканей и в России	Способ фотофильмпечати с сетчатыми шаблонами вначале был ручным, далее с частичной механизацей отдельных операций. Низкая производительность
1950–1970 гг. Ротационная фотофильмпечать — 1963 г., показана на Международной текстильной выставке в Ганновере (ФРГ). Массовое производство с 1975 г.	Способ механической печати — с помощью гравированных валов; гравирование производится молетирным, пантографным, фотомеханическим способами или с помощью механического электрогравировального аппарата (МЭГА). Проблемы: изготовление, хранение и утилизация валов, их промывка
Промышленное внедрение с 1980 г.	Автоматизированная высокопроизводительная машина с сетчатыми шаблонами (валами). Агрегация с сушильной камерой. Проблемы: изготовление, хранение и утилизация шаблонов, их промывка
1991 г. Первая плоттерная печатная машина. Промышленное внедрение: 2010–2021 гг.	Цифровые печатные принтеры (сублимационные и принтеры прямой печати). Исключение стадии изготовления валов, их хранения и утилизации, а также стадии промывки валов, сокращение числа рабочих, сокращение этапа дизайнерских работ, оформления заказа.

Современные тканепечатные машины с сетчатыми шаблонами высокопроизводительны, работают в непрерывном режиме. Методы быстрого и качественного изготовления шаблонов сделали эти технологии доступными практически для всех текстильных отделочных предприятий. Некоторые ротационные машины зарубежных фирм оснащены дополнительными устройствами, имеющими подачу красителя с двух сторон машины, что позволяет печатать две ткани одновременно с разными цветами, рисунками, раппортами.

Проблемы организации печати по данным технологиям заключаются в необходимости хранения шаблонов (валов) и их утилизации по истечении 2–3 лет. Именно поэтому растет число новых малых и традиционных действующих отделочных крупных производств, которые устанавливают цифровые струйные принтеры для прямой печати на тканях. Типы красителей и чернил выбираются в зависимости от волокнистого состава тканей. Образуются стоки после печати активными, кислотными красителями на стадии промывки после фиксации (зреление, термофиксация).

Новое веяние XXI в. — цифровое струйное печатание, известное еще и как краскоструйное печатание. С точки зрения влияния на экономический и технологический прогресс цифровую технологию печатания тканей можно отметить как особую и радикальную технологию, приводящую к появлению перспективных технологий, которые можно представить как ветки, берущие свой рост от ствола «технологического дерева».

Преимущества струйной цифровой печати: низкая себестоимость на коротких тиражах и печать переменных данных; возможность использовать множество видов текстильных материалов, открывая новые рынки сбыта; богатый выбор чернил различных типов и возможность печати на рельефных материалах; исключение подготовительных стадий (изготовление шаблонов занимает 2–3 дня, мойка шаблона — 1–2 часа, приготовление печатных красок в красковарке — 3–6 часов). Технологии струйной печати позволяют реализовать печать различными видами чернил — как дисперсными и пигментными, так и кислотными, и активными.

Первой струйной машиной в современном понимании («текстильный принтер») являлась Tru Color TCP2500, продемонстрированная фирмой «Сторк» на ITMA в Ганновере в 1991 г. Это была четырехцветная машина, предназначенная для изготовления образцов тканей по заданным рисункам, с рабочей скоростью менее 1 $м^2$/ч.

Стремительно развивающиеся компьютерные технологии вносят перемены во все фазы производственного цикла печатания тканей — от дизайна до изготовления шаблонов для печатных машин с последующим контролем цвета готовой продукции с помощью цветоизмерительной техники. Широкое внедрение текстильных плоттеров даст возможность текстильным предприятиям успешно развиваться. Основными компонентами компьютерных технологий, обслуживающих нужды производства набивных текстильных материалов, являются:

– системы автоматизированного проектирования для создания текстильных дизайнов;
– программное обеспечение для создания технологических программ управления цифровыми принтерами;
– программное обеспечение для проведения цветокалибровки цифровых принтеров;
– цифровые граверы для изготовления шаблонов;
– программное обеспечение для определения рецептур красок; цветоизмерительное оборудование;
– краскосмесительное оборудование;

– вспомогательное текстильное оборудование для проектирования малых серий (малогабаритные зрельники и термопрессы);
– стандартное сопутствующее компьютерное оборудование (сканеры, графические планшеты, сетевое оборудование, системы хранения данных).

Эти подходы дают определенные выгоды, так как отвечают за текстильный дизайн, который, по мнению аналитиков, является главным двигателем продаж текстильных материалов и изделий. Использование компьютерных технологий позволяет решить задачу сокращения времени от идеи до готового образца, в результате чего возникает возможность мгновенно реагировать на тенденции моды, увеличить разнообразие выпускаемых тканей и снизить затраты на создание каждого нового дизайна за счет сокращения штата художников.

Сегодня цифровая печать по текстилю является точкой роста не только для текстильного отделочного производства, но и дизайнерских компаний, рекламных агентов, магазинов электронной онлайн-коммерции, стартапов и инвесторов, а также для крупных производителей, малых и средних предприятий (рис. 16, 17). Мировой объем выпуска всех тканей составляет 450 млрд м^2/год, из них тканей с цифровым рисунком — 22,5 млрд м^2/год.

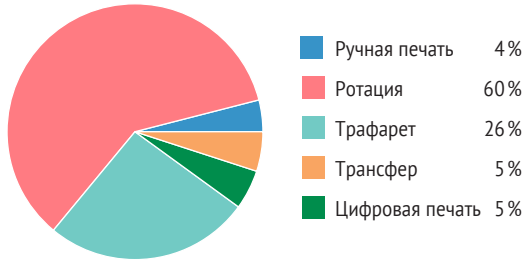


Рис. 16. Применение цифровой печати по текстилю

Рис. 17. Преимущества цифровой печати, %

По данным исследования компании MarketsandMarkets «Рынок цифровой текстильной печати. Глобальный прогноз до 2023 года», продажи в сегменте цифровой текстильной печати в 2018 г. оценивались в 1,76 млрд долл. и, по прогнозам, достигнут 2,31 млрд долл. к 2023 г.

Современное цифровое производство включает целый комплекс специализированного оборудования для подготовки, пропитки аппретом, цифровой печати, термообработки, каландрирования, фиксации и промывки. Ткани с цифровой печатью подвергаются также заключительной отделке с целью придания им особых потребительских качеств. Все предприятия оснащены химическими и ассортиментными лабораториями. В отличие от традиционной трафаретной печати по текстилю струйные текстильные печатные системы оказывают меньшее отрицательное воздействие на окружающую среду. Такие системы обладают функционалом, который способствует сокращению выбросов CO_2 и отходов (чернила, вода), а также поддерживает рациональное использование ресурсов, включая электроэнергию и воду.

Преимущества плоттеров, по сравнению с традиционным текстильным оборудованием, в том, что они позволяют обеспечить:

– разнообразие форматов от А4 до А0, а также неограниченные рисунки печати по основе (длине) материала;
– универсальность применения как в промышленных масштабах непосредственно для массового потребителя, так и для выпуска штучной индивидуальной продукции;
– экологичность за счет использования безопасных красок на дисперсной основе, что позволяет устанавливать оборудование даже в городской черте;
– экономичность за счет сравнительно низкой стоимости оборудования, комплектующих и расходных материалов;
– высокую производительность — до 22 изделий/час, на изготовление малогабаритных рисунков в формате А3 необходимо менее 2–3 минут;
– простую эксплуатацию и монтаж оборудования (15 минут).

Согласно аналитическому прогнозу «Researchand Markets» «Рынок цифровых чернил», на данный момент доля цифровой печати составляет не более 5% (в традиционной печати пигмент занимает около половины рынка), но быстро увеличивается. За 2019 г. был продемонстрирован рост в 2 раза.

Сегодня разработаны несколько видов специальных текстильных чернил, используемых для печати на плоттерах, классифицируемых по химическому взаимодействию с текстильным материалом.

Можно заключить, что важным преимуществом цифровой печати на плоттерах является низкая себестоимость печати за счет минимизации используемых производственных площадей и расходов красителя, технологической воды и пара. В отличие от действующих традиционных технологий крупных промышленных отделочных производств в новых технологиях исключается стадия разработки, изготовления и утилизации шаблонов, а также появляется

уникальная возможность выпуска эксклюзивных материалов малыми партиями. Еще одно из преимуществ — это сокращение времени выполнения заказов, разумная себестоимость малых тиражей и пробных отпечатков, индивидуальная и региональная персонификация (кастомизация) продукции. Бесконтактность струйного процесса потенциально делает его неограниченно применимым с качеством, сравнимым с технологиями многовальной печати на линиях. Потенциальные преимущества струйной печати (печать по запросу, использование переменных и персонифицированных тканей, быстрая подготовка, исключение больших запасов готовой продукции и складов по ее хранению, экономичность коротких тиражей и отсутствие участков для хранения шаблонов и процессов их утилизации и обслуживания) делают ее неоценимой для малых и мобильных производств.

В последние годы наблюдается большой интерес к сублимационному способу печати тканей из химических волокон дисперсными красителями. Печатную краску сначала наносят на бумажную подложку, а затем при определенных температуре, давлении и продолжительности обработки рисунок переносится с бумаги на ткань в результате возгонки красителя с бумажной подложки. Процесс сублимации красителя протекает до перенасыщения паровой среды. После перенасыщения паровой среды начинается конденсация паров красителя на поверхности ткани и его диффузия вглубь волокна.

Перенос красителя с бумаги на текстильный материал может осуществляться как периодическим, так и непрерывным способами. Общая схема осуществления сублимационной печати приведена на рисунке 18.

Существенным преимуществом сублимационного термотрансферного способа печатания перед другими способами является исключение операций фиксации красителя, промывки и сушки напечатанных тканей, вследствие чего минимизируется воздействие на окружающую среду, экономится вода, сокращается длительность производственного процесса. Сравнительно небольшой объем капиталовложений, компактность оборудования, минимальная потребность в рабочей силе, быстрота, гибкость и относительная простота обслуживания оборудования позволяют значительно сократить время амортизации. С помощью данного метода удается переводить на ткани рисунки любой сложности с хорошей резкостью контуров, получать полутоновые переходы, позволяющие достигать интересных эффектов печатания.

Вместе с тем процесс печати синтетических материалов может быть организован по-другому — с использованием прямой печати сублимационными чернилами. В этом случае на принтере обрабатывается не бумага, а текстильный материал. Затем ткань с нанесенным рисунком подвергается термообработке на каландровом термопрессе для диффузии красителя внутрь волокна и его фиксации, а завершает технологию операция промывки материала. Следует отметить, что технология прямой сублимационной печати требует определенной допечатной подготовки текстильного материала. Схема технологии приведена на рисунке 19.

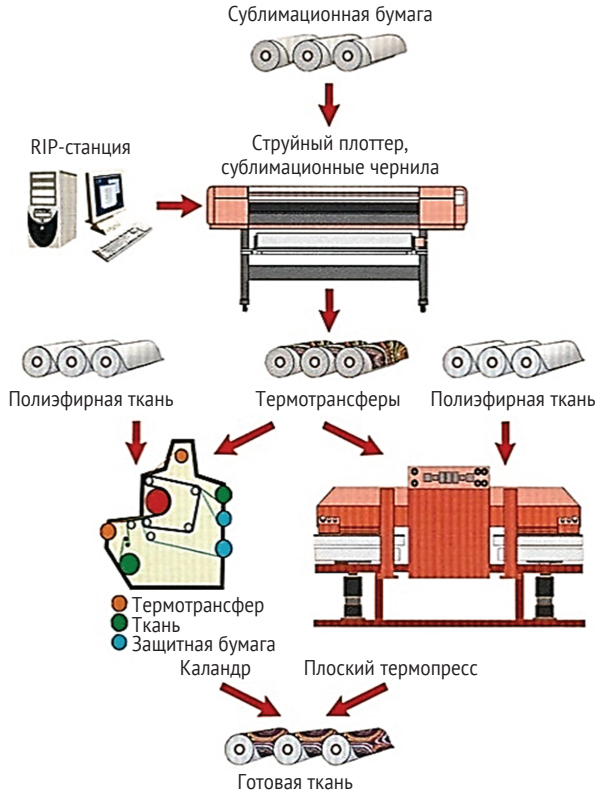


Рис. 18. Процесс переводной сублимационной печати

Рис. 19. Процесс прямой сублимационной печати

Под прямой цифровой печатью по ткани понимают совокупность аналогичных технологий, предполагающих струйную печать непосредственно по текстильному материалу с последующим закреплением полученного изображения при помощи специального оборудования для печати на ткани (рис. 20). Главное различие между технологиями, объединенными термином «прямая печать», состоит в типе используемых чернил, который зависит от сырьевого состава ткани, на которую наносится изображение. Тип чернил, в свою очередь, определяет особенности последующих технологических операций, осуществляющихся с использованием оборудования для печати на ткани.

Прямая цифровая широкоформатная печать по подготовленной ткани состоит из следующих технологических операций:

– изображение наносится на ткань при помощи текстильного широкоформатного струйного принтера, заправленного типом чернил, соответствующим типу запечатываемого материала;
– для закрепления изображения на ткани после печати его необходимо подвергнуть фиксации, то есть обработке нагретым паром, или просто прокатать горячими валками.

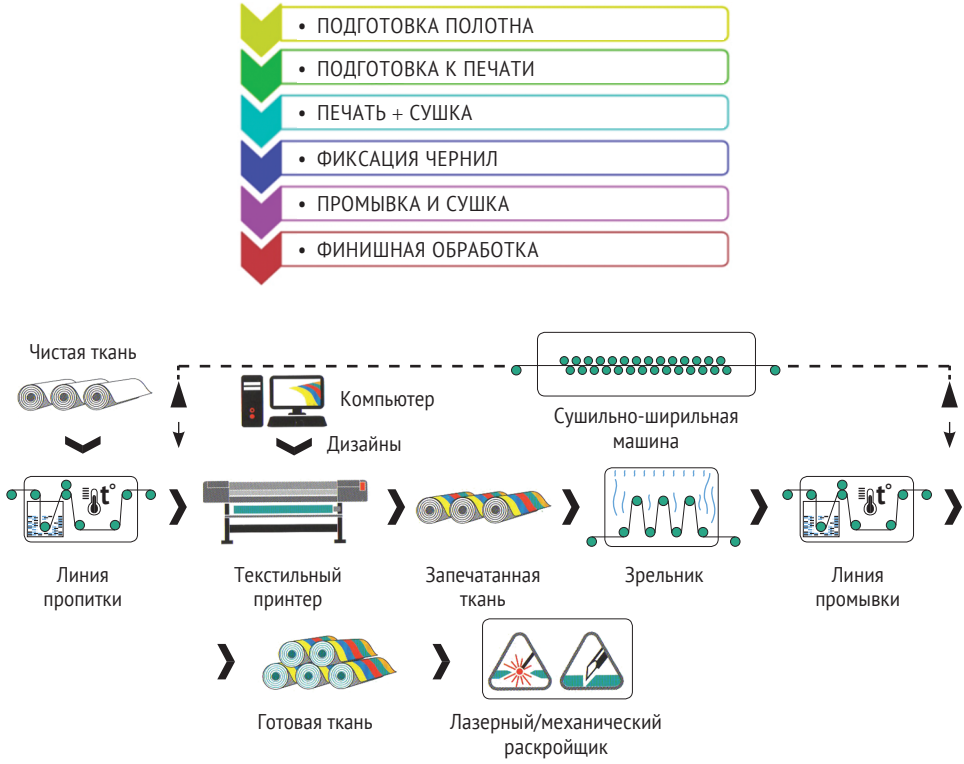


Рис. 20. Этапы прямой цифровой печати (цикл 16 часов)

Плоттеры по прямой печати способны работать с сублимационными, дисперсными, пигментными, активными и кислотными чернилами (рис. 21). Для фиксации красителей может быть использовано стандартное оборудование действующих производств при печати на машинах с сетчатыми шаблонами. В зависимости от свойств напечатанных материалов используются зрельники различной конструкции, отличающиеся прежде всего схемой проводки: по роликам — для материалов с недеформируемой структурой или по завесным петлям — для материалов с подвижной структурой. Восстановительные зрельники предназначены для непрерывной обработки сухих напечатанных тканей, для проявления которых применяются восстановительные составы, а также для напечатанных кубовыми красителями и получения вытравки по окрашенному фону.

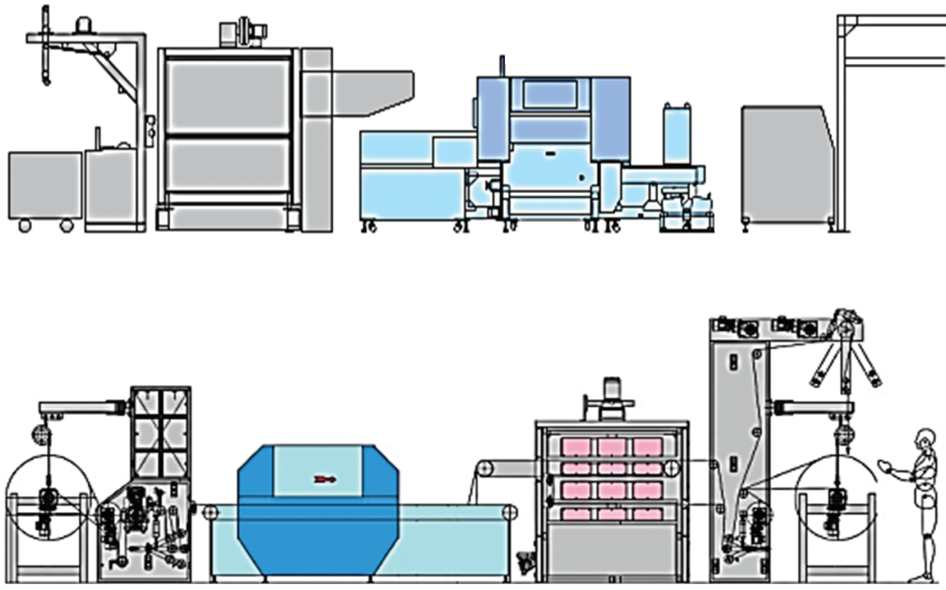


Рис. 21. Текстильные плоттеры для прямой печати, действующие на предприятиях РФ (Иваново, Нижний Новгород)

Технологичное оборудование для шелкографии позволяет осуществлять трафаретную печать по текстилю любой расцветки как на белых, так и на цветных изделиях, а также на крое и купонах, и представляет собой карусельное оборудование (рис. 22). На смену ручным станкам приходят полуавтоматические и автоматические системы. Полный технологический цикл составляет не более 2–6 часов с момента заказа. Альтернативой карусельному оборудованию являются планшетные плоттеры с прямой печатью пигментными чернилами на изделиях, которые имеют еще более короткий цикл производства.

Плоскопечатный станок карусельного типа

Промежуточная сушка

Туннельная сушка, пресс

Рис. 22. Технологический цикл печати на изделиях, крое и купоне

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ПРОДУКЦИИ

Жизненный цикл текстильной продукции может модифицироваться в зависимости от перерабатываемого сырья. К жизненному циклу текстильной продукции относятся первичная переработка сырья и его хранение; подготовительные процессы и отделочное производство; получение продукта/полупродукта. Далее, в зависимости от назначения, продукты/полупродукты поступают на швейное производство для изготовления продуктов. Затем наступает период использования и конец срока службы продукции, после чего следует переработка и утилизация продукции (рис. 23).

Рис. 23. Схема жизненного цикла текстильной продукции

Надо отметить, что жизненный цикл текстильной продукции существенно сократился. Его сокращение обеспечило не только внедрение эффективных технологических режимов отделки, но и актуализацию моды на «одноразовый» и «односезонный» текстиль. Если еще в XVIII в. вещи передавались из поколения в поколение, то в 60-е гг. XX в. появилось устойчивое понятие моды. Индустрия стимулировала потребителей к смене одежды и интерьерного текстиля в зависимости от модных цветов, искусственных или синтетических тканей, новых переплетений, эффектов заключительной отделки. С 2000-х гг. одежда меняется через 1–2 года, а интерьерные материалы — через 2–5 лет, что искусственно сокращает жизненный цикл текстильных материалов более чем в 2 раза. Более того, только за период 2000–2014 гг. мировое производство одежды удвоилось, а покупки одежды выросли на 60 %. Текстильная промышленность становится все более эффективной, а мода — все более изменчивой, и жизненный цикл текстиля стремительно сокращается.

Таблица 19. Сведения о химических веществах процесса текстильного производства

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/вспомогательный процесс образования	Процесс/Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
1	Поверхностоактивные вещества, включая:	Отварка, крашение, щелочно-пероксидное беление, щелочная варка, кислование, ферментативная расшлихтовка, биоотварка	Секция отварки, отварки и беления, эжектор, джиггерстная обработка (далее ниже — линия беления), плюсовочно-накатное оборудование, джиггеры, эжекторы, котлы для крашения пряжи, установки рулоно-перемоточного типа, односекционные линии	Реагент; эмиссии (сбросы)	–	–	–	
	Нонилфенол этоксилированный (неонол АФ-9-8)				9016-45-9	Твердое	$C_{17}H_{28}O_2$	
	Алкил (C_{10-14})-бензолсульфонат натрия (сульфонол-порошок)				69669-44-9	Твердое	$(C_{10-14}H_{21-29})C_6H_4NaO_3S$	
2	Натрия гидроксид	Отварка, щелочно-пероксидное беление	Линия беления, плюсовочно-накатное оборудование, джиггеры, эжекторы	Реагент; эмиссии (выбросы)	1310-73-2	Твердое	NaOH	

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	–	–	–	–	Сведения об опасных свойствах и идентификационные данные зависят от конкретного химического вещества данной группы. *Воздействие на окружающую среду* Вызывают изменение органолептических свойств воды.
	–	–	0,05 (ОБУВ по неонолу АФ-9-10)	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Горючее вещество: $T_{всп.}$= 85° С. *Воздействие на организм человека* Может причинить вред при проглатывании: LD_{50} = 2590 мг/кг (в/ж, крысы). Вызывает слабое раздражение кожи и глаз. *Воздействие на окружающую среду* Токсично для водных организмов, в т. ч. с долгосрочными последствиями: LC_{50} = 1,821 мг/л (ракообразные, 48 ч).
	–	–	–	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Горючее вещество. *Воздействие на организм человека* Вредно при проглатывании: LD_{50} = 940—1260 мг/кг (в/ж, крысы). Вызывает слабое раздражение кожи. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].
	0,5 (по щелочам едким, растворы в пересчете на гидроксид натрия)	2	0,01 (ОБУВ)	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Вызывает коррозию металлов (водный растор). *Воздействие на организм человека* Вредно при проглатывании и попадании на кожу: LD_{50} = 325 мг/кг (в/ж, крысы); LD_{50} = 1350 мг/кг (н/к, кролики). Вызывает химические ожоги кожи, глаз и внутренних органов при случайном проглатывании. Смертельная доза для человека при проглатывании 4,95 мг/кг. *Воздействие на окружающую среду* Вредно для водных организмов: LC_{50} = 45,4 мг/л (рыбы, 96 ч).

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/ вспомогательный процесс образования	Процесс/ Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
3	Этилендиаминтетраацетат динатрия дигидрат (трилон Б)	Отварка	Линия беления	Реагент (комплексообразователь)	6381-92-6	Твердое	$C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$	
4	Этандиовая (щавелевая) кислота	Отварка, кислование и/или ферментативная расшлихтовка, биоотварка	Линия беления, установки рулоно-перемоточного типа (джиггеры), эжекторы, односекционные линии	Реагент	144-62-7	Твердое	$C_2H_2O_4$	
5	Натрия силикат	Окислительная варка, крашение, аппретирование, щелочно-пероксидное беление	Котлы, джиггеры, эжекторы, линии крашения плюсовочно-запарные или плюсовочно-накатные, линии заключительной отделки, плюсовочно-накатное оборудование	Реагент (стабилизатор)	6834-92-0	Твердое	Na_2SiO_3	
6	Пигменты	Крашение	Покрывное крашение в проходном агрегате	Краситель	–	–	–	

Таблица 19 (продолжение)

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	2 (по этилендиаминтетраацетату динатрия безводному)	3	–	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Горючее вещество, пыль может воспламеняться на воздухе: $T_{всп.}$= 335° С; $T_{св.}$ = 470° С. *Воздействие на организм человека* Вызывает раздражение глаз. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].
	1 (по этандиовой кислоте дигидрату)	2	0,015 (ОБУВ)	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасна. *Воздействие на организм человека* Вредно при проглатывании: LD_{50} = 375 мг/кг (в/ж, крысы). Вызывает химические ожоги глаз, раздражение кожи. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].
	6/2 (по силикатсодержащей пыли стекла и неволокнистых стеклянных матеоталов)	3	0,3 (ОБУВ)	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасна. *Воздействие на организм человека* Вредно при проглатывании: LD_{50} = 1153 мг/кг (в/ж, крысы). Вызывает раздражение кожи и глаз. Может поражать легкие в результате продолжительного воздействия (фиброгенное действие). *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].
	–	–	–	–	Сведения об опасных свойствах и идентификационные данные зависят от конкретного химического вещества данной группы. *Воздействие на окружающую среду* Вызывают изменение органолептических свойств воды.

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/ вспомогательный процесс образования	Процесс/ Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
7	Полимеры на основе акриламида	Аппретирование	Пропиточно-полимеризационная линия, линия заключительной отделки	Реагент	–	–	–	
8	Синтетические жирные кислоты C_{10-16}	Аппретирование	Пропиточно-полимеризационная линия, линия заключительной отделки; линии заключительной отделки	Реагент	–	–	$C_nH_{(2n+1)}COOH$	
9	8-хинолинолят меди	Аппретирование	Пропиточно-полимеризационная линия, линия заключительной отделки	Реагент	13014-03-4	Твердое	$C_{18}H_{12}CuN_2O_2$	
10	Хлорид магния	Аппретирование	Пропиточно-полимеризационная линия, линия заключительной отделки	Реагент	7786-30-3	Твердое	$MgCl_2$	

Таблица 19 (продолжение)

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	–	–	–	–	Сведения об опасных свойствах и идентификационные данные зависят от конкретного химического вещества данной группы. *Воздействие на окружающую среду* Вызывают изменение органолептических свойств воды.
	–	–	–	–	Сведения об опасных свойствах и идентификационные данные зависят от конкретного химического вещества данной группы. *Воздействие на окружающую среду* Вызывают изменение органолептических свойств воды.
	–	–	–	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасен. *Воздействие на организм человека* Вызывает раздражение кожи, глаз и верхних дыхательных путей. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].
	2 (по магнию хлориду гексагидрату)	3	0,1 (ОБУВ)	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасен. *Воздействие на организм человека* Может причинить вред при проглатывании: LD_{50} = 2800 мг/кг (в/ж, крысы). Вызывает раздражение кожи, глаз и верхних дыхательных путей. *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды (хлориды, магний).

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/вспомогательный процесс образования	Процесс/Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
11	Хлорид аммония	Аппретирование	Пропиточно-полимеризационная линия, линия заключительной отделки	Реагент	12125-02-9	Твердое	NH_4Cl	
12	Гидроксид аммония	Аппретирование	Пропиточно-полимеризационная линия, линия заключительной отделки	Реагент	1336-21-6	Жидкое	NH_4OH	
13	Пер-сульфат аммония	Аппретирование	Пропиточно-полимеризационная линия, линия заключительной отделки	Реагент	7727-54-0	Твердое	$(NH_4)_2S_2O_8$	

Таблица 19 (продолжение)

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	10	3	0,2/0,1/–	3	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасен. *Воздействие на организм человека* Вредно при проглатывании: LD_{50} = 1650 мг/кг (в/ж, крысы). Смертельная доза для ребенка при проглатывании 2 г/кг. Вызывает раздражение кожи и глаз. *Воздействие на окружающую среду* Вредно для водных организмов, токсично для водных организмов с долгосрочными последствиями: LC_{50} = 42,91 мг/л (рыбы, 96 ч); LC_{50} = 4,28 мг/л (рыбы, 30 дней). Вызывает изменение органолептических свойств воды (хлориды, аммоний-ион).
	20 (по аммиаку)	4	0,2/0,1/ 0,04 (по аммиаку)	4	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Над поверхностью раствора возможно образование взрывоопасной смеси аммиака с воздухом. *Воздействие на организм человека* Вредно при проглатывании: LD_{50} = 350 мг/кг (в/ж, крысы). Смертельная концентрация для человека при вдыхании (в течение 0,5–1 ч) 1500–2700 мг/м^3. Вызывает химические ожоги глаз, раздражение кожи и верхних дыхательных путей. *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды (аммоний-ион).
	–	–	0,06/ 0,03/–	3	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Окислитель: может усилить возгорание. *Воздействие на организм человека* Вредно при проглатывании: LD_{50} = 495 мг/кг (в/ж, крысы). Вызывает раздражение кожи, глаз и верхних дыхательных путей. Может вызвать аллергическую реакцию при вдыхании и попадании на кожу. *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды (сульфаты, аммоний-ион).

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/ вспомогательный процесс образования	Процесс/ Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
14	Карбамид (карбонилдиамид)	Аппретирование	Пропиточно-полимеризационная линия, линия заключительной отделки	Реагент	57-13-6	Твердое	$(NH_2)_2CO$	
15	Дициандиамид	Аппретирование	Пропиточно-полимеризационная линия, линия заключительной отделки	Реагент	461-58-5	Твердое	$C_2H_4N_4$	
16	Гидроксохлорид хрома (III)	Аппретирование	Пропиточно-полимеризационная линия, линия заключительной отделки	Реагент (в составе хромолана)	14982-80-0	Твердое	$CrOHCl_2 \cdot H_2O$	

Таблица 19 (продолжение)

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	10	3	–/0,2/–	4	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Горючее вещество: $T_{всп.}$ = 182° С; $T_{в.}$ = 223° С; $T_{св.}$ = 470° С. Нижний концентрационный предел распространения пламени 70 г/м^3. *Воздействие на организм человека* Вызывает раздражение кожи, глаз и верхних дыхательных путей. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].
	–	–	0,01 (ОБУВ)	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Пыль может воспламеняться на воздухе: $T_{св.}$ = 845° С. *Воздействие на организм человека* Вызывает раздражение кожи. *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды.
	0,03/0,01 (по хрома трихлориду гекса-гидрату (хрому (III))		0,01 (по хрома трехвалентным соединениям в пересчете на Cr^{3+})	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасен. *Воздействие на организм человека* Вызывает химические ожоги глаз, раздражение кожи. Может вызывать аллергические реакции. *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды (хлориды).

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/ вспомогательный процесс образования	Процесс/ Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
17	Изопропиловый спирт	Аппретирование	Пропиточно-полимеризационная линия, линия заключительной отделки	Реагент (в составе хромолана)	67-63-0	Жидкое	$CH_3CH(OH)CH_3$	
18	Аминоформальдегид (уротропин)	Аппретирование	Пропиточно-полимеризационная линия, линия заключительной отделки	Реагент	100-97-0	Твердое	$C_6H_{12}N_4$	

Таблица 19 (продолжение)

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	50/10	3	0,6/–/–	3	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Легковоспламеняющаяся жидкость. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси: $T_{всп.}$ = 14° С; $T_{кип.}$ = 82,4° С; $T_{в.}$ = 21° С; $T_{св.}$ = 430° С. Температурные пределы распространения пламени от 11 до 42° С. Концентрационные пределы распространения пламении от 2,23 до 12,7 об. %. *Воздействие на организм человека* Может причинить вред при проглатывании и попадании на кожу: LD_{50} = 2735 мг/кг (в/ж, крысы); LD_{50} = 4059 мг/кг (н/к, кролики). Смертельная доза для человека при проглатывании 3570—5272 мг/кг. Вызывает раздражение кожи, глаз и верхних дыхательных путей. *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды.
	0,3	2	0,03/ 0,01/–	4	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Горючее вещество, пыль может воспламеняться на воздухе: $T_{св.}$ = 340° С (аэрогель); 410° С (аэровзвесь). Нижний концентрационный предел распространения пламени 15 г/м^3. *Воздействие на организм человека* Может вызывать аллергическую реакцию при контакте с кожей. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/ вспомогательный процесс образования	Процесс/ Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
19	Уксусная кислота	Аппретирование, окислительная варка, кислование, ферментативная расшлихтовка, биоотварка	Пропиточно-полимеризационная линия, линия заключительной отделки, установки рулоно-перемоточного типа (джиггеры), эжекторы, односекционные линии	Реагент	64-19-7	Жидкое	CH_3COOH	
20	Перекись водорода	Кислительная варка, щелочно-пероксидное беление, крашение	Котлы, плюсовочно-накатное оборудование, джиггеры, эжекторы	Реагент	7722-84-1	Жидкое	H_2O_2	

Таблица 19 (продолжение)

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	5	3	0,2/ 0,06/–	3	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Воспламеняющаяся жидкость. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси: $T_{всп.}$ = 40° С; $T_{кип.}$ = 116–118° С; $T_{в.}$ = 61° С; $T_{св.}$ = 427–465° С. Температурные пределы распространения пламени от 35 до 76° С. Концентрационные пределы распространения пламени от 4,0 до 19,9 об. %. *Воздействие на организм человека* Вредно при проглатывании и вдыхании (паров): LD_{50} = 1100 мг/кг (в/ж, крысы); LC_{50} = 11 400 мг/м^3 (инг., крысы, 4 ч). Минимальная смертельная доза для человека при проглатывании 308 мг/кг. Вызывает химические ожоги кожи, глаз и внутренних органов при случайном проглатывании. *Воздействие на окружающую среду* Нарушает санитарный режим водоемов.
	–	–	0,02 (ОБУВ)	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Сильный окислитель: может вызвать возгорание или взрыв. *Воздействие на организм человека* Вредно при проглатывании и вдыхании: LD_{50} = 2000 мг/кг (в/ж, крысы); LC_{50} = 1690–2300 мг/м^3 (инг., крысы, 4 ч). Вызывает химические ожоги кожи, глаз и внутренних органов при случайном проглатывании. *Воздействие на окружающую среду* Вредно для водных организмов: LC_{50} = 16,4 мг/л (рыбы, 96 ч).

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/ вспомогательный процесс образования	Процесс/ Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
21	Серная кислота	Окислительная варка, кислование, ферментативная расшлихтовка или биоотварка	Котлы, оборудование рулоноперемоточного типа (джиггеры), эжекторы, односекционные линии	Реагент	64-19-7	Жидкое	H_2SO_4	
22	Натрия карбонат	Окислительная варка, щелочно-пероксидное беление	Котлы, плюсовочно-накатное оборудование, джиггеры, эжекторы	Реагент	497-19-8	Твердое	Na_2CO_3	
23	Натрия гидросульфит	Крашение	Котлы	Реагент (восстановитель)	7631-90-5	Твердое	$NaHSO_3$	

Таблица 19 (продолжение)

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	1	2	0,3/0,1/0,001	2	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасна. *Воздействие на организм человека* Смертельно при вдыхании: LC_{50} = 375 мг/м^3 (инг., крысы, 4 ч). Вызывает химические ожоги кожи, глаз и внутренних органов при случайном проглатывании. Смертельная доза для человека 135 мг/кг. Поражает органы дыхательной системы в результате однократного и продолжительного воздействия. *Воздействие на окружающую среду* Вредно для водных организмов: LC_{50} = 16–28 мг/л (рыбы, 96 ч). Вызывает изменение органолептических свойств воды.
	2	3	0,015/0,05/–	3	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасен. *Воздействие на организм человека* Вредно при вдыхании, может причинить вред при проглатывании и попадании на кожу: LC_{50} = 2300 мг/м^3 (инг., крысы, 2 ч); LD_{50} = 2800 мг/кг (в/ж, крысы); LD_{50} > 2000 мг/кг (н/к, кролики). Вызывает раздражение кожи и глаз. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].
	5	3	0,1 (ОБУВ)	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасен. *Воздействие на организм человека* Вредно при проглатывании: LD_{50} = 1310 мг/кг (в/ж, крысы). Вызывает слабое раздражение кожи и глаз. *Воздействие на окружающую среду* Вредно для водных организмов: LC_{50} = 89 мг/л (ракообразные, 48 ч).

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/ вспомогательный процесс образования	Процесс/ Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
24	Мальтоза	Ферментативная расшлихтовка, кислование, ферментативная расшлихтовка, биоотварка	Плюсовочно-накатное оборудование, установки рулоно-перемоточного типа (джиггеры), эжекторы, односекционные линии	Реагент (ферменты)	69-79-4	Твердое	$C_{12}H_{22}O_{11}$	
25	Рибоза	Ферментативная расшлихтовка, кислование, ферментативная расшлихтовка, биоотварка	Плюсовочно-накатное оборудование, установки рулоно-перемоточного типа (джиггеры), эжекторы, односекционные линии	Реагент (ферменты)	50-69-1	Твердое	$C_5H_{10}O_5$	
26	Триполифосфат натрия	Щелочно-пероксидное беление, крашение	Джиггеры, эжекторы, линии крашения плюсовочно-запарные, плюсовочно-накатные	Реагент	13573-18-7	Твердое	$Na_5O_{10}P_3$	

Таблица 19 (продолжение)

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	10 (по Д-мальтозе моногидрату)	4	–	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не оспасна. *Воздействие на организм человека* Не оказывает негативного воздействия [c)]. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].
	–	–	–	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасна. *Воздействие на организм человека* Вызывает слабое раздражение кожи и глаз. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].
	–	–	0,3/0,1/-	3	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасен. *Воздействие на организм человека* Вызывает слабое раздражение кожи и глаз. *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды (полифосфаты).

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/ вспомогательный процесс образования	Процесс/ Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
27	Магния сульфат	Щелочно-пероксидное беление, крашение	Плюсовочно-накатное, джиггеры, эжекторы	Реагент	7487-88-9	Твердое	$MgSO_4$	
28	Натрия ортофосфат	Отварка, промывка	Аппараты, линии, установки линий отварки, промывки	Реагент	7601-54-9	Твердое	Na_3PO_4	
29	Натрия хлорид	Крашение	Красильно-промывная установка, эжекторная установка	Реагент	7647-14-5	Твердое	NaCl	
30	Натрия гидрокарбонат	Крашение	Красильно-промывная установка, эжекторная установка	Реагент	144-55-8	Твердое	$NaHCO_3$	

Таблица 19 (продолжение)

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	2	3	0,04 (ОБУВ по магния сульфату гептагидрату)	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасен. *Воздействие на организм человека* Не оказывает негативного воздействия [c)]. *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды (магний, сульфаты).
	–	–	0,1 (ОБУВ)	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасен. *Воздействие на организм человека* Вызывает раздражение кожи, глаз и верхних дыхательных путей. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].
	5	3	0,5/0,15/ –	3	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасен. *Воздействие на организм человека* Может причинить вред при проглатывании: LD_{50} = 3000 мг/кг (в/ж, крысы). Вызывает выраженное раздражение глаз и слабое раздражение кожи. *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды (хлориды).
	5	3	0,1 (ОБУВ)	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасен. *Воздействие на организм человека* Может причинить вред при проглатывании: LD_{50} = 4420 мг/кг (в/ж, крысы). Вызывает слабое раздражение кожи и глаз. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/ вспомогательный процесс образования	Процесс/ Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
31	Натрия гидросульфид	Крашение	Джиггеры, эжекторы, линии крашения плюсовочно-запарные, плюсовочно-накатные	Реагент	16721-80-5	Твердое	NaHS	
32	Полиэтиленгликолевый эфир моноэтанол-амида жирных кислот фракции C_{10-16} (синтамид)	Крашение	Джиггеры, эжекторы, линии крашения плюсовочно-запарные, плюсовочно-накатные	Реагент	26635-75-6	Твердое	$C_{14}H_{29}NO_2$ $(C_2H_4O)_n$	
33	Крахмал	Аппретирование	Линия заключительной отделки	Реагент	9005-25-8	Твердое	$(C_6H_{10}O_5)_n$	
34	Воск	Аппретирование	Линия заключительной отделки	Реагент	8002-74-2	Твердое	$C_{18-23}H_{38-48}$	

Таблица 19 (продолжение)

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	–	–	–	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Вызывает коррозию металлов. *Воздействие на организм человека* Токсично при проглатывании: LD_{50} = 100–215 мг/кг (в/ж, крысы). Вызывает химические ожоги кожи и глаз. *Воздействие на окружающую среду* Чрезвычайно токсично для водных организмов: LC_{50} = 0,003 мг/л (рыбы, 96 ч).
	–	–	–	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасен. *Воздействие на организм человека* Вызывает раздражение кожи и глаз. *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды.
	10	4	0,5/0,15/–	4	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Горючее вещество, пыль может воспламеняться на воздухе: $T_{св.}$ = 330° С. *Воздействие на организм человека* Вызывает слабое раздражение кожи и глаз. *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды.
	–	–	–	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Горючее вещество, пыль может воспламеняться на воздухе: $T_{всп.}$ = 147—157° С; $T_{св.}$ = 227—232° С. *Воздействие на организм человека* Вызывает слабое раздражение кожи и глаз. *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды.

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/вспомогательный процесс образования	Процесс/Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
35	Глицирин	Аппретирование	Линия заключительной отделки	Реагент	56-81-5	Жидкое	$C_3H_8O_3$	
36	Канифоль	Аппретирование	Линия заключительной отделки	Реагент (в составе мыла)	8050-09-7	Твердое	$C_{80}H_{118}O_8$	
37	Лигнин	Щелочная варка	Котлы для крашения	Реагент	9005-53-2	Твердое	–	

Таблица 19 (продолжение)

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	–	–	0,1 (ОБУВ)	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Горючее вещество, пыль может воспламеняться на воздухе: $T_{всп.}$= 177—198° С; $T_{в.}$ = 203° С; $T_{св.}$ = 362—400° С; Температурные пределы распространения пламени от 182 до 217° С. Концентрационные пределы распространения пламени от 2,6 до 11,3 об. %. При контакте с перманганатом калия самовоспроизвольно воспламеняется. *Воздействие на организм человека* Вызывает слабое раздражение кожи и глаз. *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды.
	4	3	0,5 (ОБУВ)	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Горючее вещество, пыль может воспламеняться на воздухе: $T_{всп.}$= 222° С; $T_{св.}$ = 386—440° С. При контакте с перманганатом калия самовоспроизвольно воспламеняется. *Воздействие на организм человека* Вызывает слабое раздражение кожи и глаз. Может вызывать аллергические реакции при контакте с кожей. *Воздействие на окружающую среду* Токсично для водных организмов: LC_{50} = 3,8—5,4 мг/л (ракообразные, 48 ч). Вызывает изменение органолептических свойств воды.
	6	4	–	–	Вещество сложного и переменного состава (UVCB): представляет собой смесь ароматических полимеров родственного строения. *Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасен. *Воздействие на организм человека* Вызывает раздражение глаз. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/ вспомогательный процесс образования	Процесс/ Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
38	Амилаза	Кислование, ферментативная расшлихтовка, биоотварка	Установка рулонно-перемоточного типа (джиггеры), эжекторы, односекционные линии	Реагент	9000-90-2	Твердое	–	
39	Формальдегид	Аппретирование	Пропиточно-полимеризационная линия, линия заключительной отделки	Эмиссии (выбросы)	50-00-0	Газ	CH_2O	

Таблица 19 (продолжение)

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	1	2	0,02 (ОБУВ)	–	Вещество сложного и переменного состава (UVCB). *Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Пыль может воспламеняться на воздухе. *Воздействие на организм человека* Вызывает слабое раздражение глаз. Может вызвать аллергическую реакцию при вдыхании и контакте с кожей. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].
	0,5	2	0,05/0,01/0,003	2	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Чрезвычайно легковоспламеняющийся газ: образует взрывоопасные смеси с воздухом в концентрации 7–73 об. %. $T_{св.}$ = 395° С. *Воздействие на организм человека* Смертельно при вдыхании: LC_{50} < 463 ppm (инг., крысы, 4 ч). Токсично при проглатывании (2–4% водного раствора формальдегида или параформальдегида): LD_{50} = 460 мг/кг (в/ж, крысы). Вызывает химические ожоги кожи и глаз. При контакте с кожей может вызвать аллергическую реакцию. Может вызывать раковые заболевания (канцерогенное действие). Предполагается, что данное вещество вызывает генетические дефекты (мутагенное действие). *Воздействие на окружающую среду* Токсично для водных организмов, вредно для водных организмов с долгосрочными последствиями: EC_{50} = 5,8 мг/л (ракообразные, 48 ч); NOEC ⩾ 6,4 мг/л (ракообразные, 21 день).

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/ вспомогательный процесс образования	Процесс/ Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
40	Азота диоксид	Основные процессы производства	–	Эмиссии (выбросы)	10102-44-0	Газ	NO_2	
41	Серы диоксид	Основные процессы производства	–	Эмиссии (выбросы)	7446-09-5	Газ	SO_2	
42	Железо	Основные процессы производства	–	Эмиссии (сбросы)	7439-89-6	Твердое	Fe	
43	Хлорид-анион	Основные процессы производства	–	Эмиссии (сбросы)	–	–	Cl-	

Таблица 19 (продолжение)

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	2	3	0,2/0,1/0,04	3	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Окисляющий газ: может вызвать или усилить возгорание. *Воздействие на организм человека* Смертельно при вдыхании: LC_{50} = 88 ppm (инг., крысы, 4 ч). Вызывает химические ожоги кожи и глаз. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].
	10	3	0,5/0,05/–	3	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* Не опасен. *Воздействие на организм человека* Токсично при вдыхании: LC_{50} = 884,14 ppm (инг., крысы, 4 ч). Смертельная концентрация для человека 2660 мг/м^3 (при вдыхании в течение 10 мин). Вызывает химические ожоги кожи и глаз. *Воздействие на окружающую среду* Не оказывает негативного воздействия [c)].
	–/10	4	–	–	*Опасность, обусловленная физико-химическими свойствами* В форме мелкодисперсной пыли может воспламеняться на воздухе. *Воздействие на организм человека* При вдыхании пыли вызывает раздражение верхних дыхательных путей, может поражать легкие в результате продолжительного воздействия (фиброгенное действие). *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды (растворимые в воде формы).
	–	–	–	–	Не является химическим веществом. *Воздействие на окружающую среду* Вызывает изменение органолептических свойств воды.

№ п/п	Наименование химического вещества	Основной/ вспомогательный процесс образования	Процесс/ Установка	Назначение	Сведения о веществе			
					Номер CAS	Агрегатное состояние	Молекулярная формула	
44	Взвешенные вещества	Основные процессы производства	–	Эмиссии (сбросы)	–	–	–	
45	pH	Основные процессы производства	–	Эмиссии (сбросы)	–	–	–	

Примечания

a) Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 “Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания”».

b) Основные характеристики согласно справочным материалам и сведениям, представленным в базах данных по химическим веществам:
- База данных ChemADVISOR. — URL: https://www.chemadvisor.com/Online (дата обращения: 20.12.2021);
- База данных Европейского Химического Агентства (ECHA). — URL: https://echa.europa.eu/ (дата обращения: 20.12.2021);
- База данных АРИПС «Опасные вещества». — URL: http://www.rpohv.ru/online/ (дата обращения: 20.12.2021);
- *Гусева Т. В.* Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы. — М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2005.

c) Согласно принятым на международном уровне подходам к классификации опасности химических веществ — Рекомендациям ООН «Согласованная на глобальном уровне система классификации опасности и маркировки химической продукции» (GHS). — URL: https://unece.org/ru/ghs-rev7-2017 (дата обращения: 20.12.2021).

Идентификационные данные вещества:
Номер CAS (Chemical Abstracts Service), или CAS Number — уникальный численный идентификатор химического вещества, внесенного в Реестр Химической Реферативной службы (подразделение Американского химического общества).
UVCB (Unknown, of Variable Composition, or of Biological origin) — вещество сложного и переменного состава.

Показатели опасности, обусловленной физико-химическими свойствами вещества:
$T_{всп.}$ — температура вспышки — наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивого горения при этом не возникает. Для оценки опасности используется показатель температуры вспышки, определяемой в закрытом тигле.

Таблица 19 (окончание)

Сведения о веществе					
	Гигиенические нормативы [a)]				Краткое описание опасности и основные характеристики [b)]
	В воздухе рабочей зоны		В атмосферном воздухе городских и сельских поселений		
	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	
	–	–	0,5/0,15/0,075	3	Сведения об опасных свойствах и идентификационные данные зависят от конкретного состава взвешенных веществ. *Воздействие на окружающую среду* Нарушают санитарный режим водоемов.
	–	–	–	–	Не является химическим веществом. Зачение показателя pH не должно выходить за пределы 6,5—7,5 для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового значения, а также водоемов рыбохозяйственного значения.

$T_{кип.}$ — температура (точка) кипения — температура, при которой давление пара жидкости равно нормальному атмосферному давлению 101,325 кПа.
$T_{св.}$ — температура самовоспламенения — наименьшая температура окружающей среды, при которой в условиях специальных испытаний наблюдается самовоспламенение вещества.
$T_{в.}$ — температура воспламенения — наименьшая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается воспламенение.

Показатели опасности, обусловленной токсикологическими свойствами вещества:
LC_{50} (Letal Concentration) — средняя смертельная концентрация в воздухе — концентрация вещества, вызывающая гибель 50% животных при 1- или 4-часовом ингаляционном (инг.) воздействии.
LD_{50} (Letal Dose) — средняя смертельная доза — доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок (в/ж) или нанесении на кожу (н/к).

Показатели опасности, обусловленной экотоксикологическими свойствами вещества:
LC_{50} (Letal Concentration) — средняя смертельная концентрация — концентрация вещества в воде, вызывающая гибель 50% водных организмов (гидробионтов) при установленном времени воздействия (96-часовом для рыб, 48-часовом для ракообразных, 72- или 96-часовом для водорослей) в течение заданного периода наблюдения.
EC_{50} (Effective Concentration) — средняя эффективная концентрация — концентрация вещества в воде, вызывающая негативный эффект (изменение тест-реакции, выраженной в гибели гидробинтов, снижении интенсивности размножения, снижении подвижности или других типичных поведенческих характеристик, а также в подавлении некоторых биохимических процессов, протекающих в клетках и ферментных системах) у водных организмов на 50% при установленном времени воздействия в течение заданного срока наблюдений.
NOEC (No Observed Effect Concentration), NOEL (No Observed Effect Limit), NOAEL (No Observed Adverse Effect Level), NOELR (No Observed Effect Loading Rate) — максимально недействующая доза — максимальная концентрация вещества в воде, при которой не происходит гибели водных организмов и/или не наблюдается иного видимого токсического эффекта на гидробионтов в пределах установленного времени воздействия в течение заданного периода наблюдения.

СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ

Основные эволюционные преобразования технологий отделочного производства и технологические схемы подготовки целлюлозосодержащих (хлопчатобумажных, смесовых хлопко-полиэфирных) тканей представлены на рисунках 24–26. Преимущества и недостатки современных технологий подготовки хлопчатобумажных тканей представлены в таблице 20.

Как видно из представленных схем, технологии подготовки существенно эволюционировали. Ранее это были технологии лугового беления с длительностью более 3 месяцев. Химизация процессов привела к использованию хлорсодержащих продуктов. Современное решение для большинства текстильных материалов — это высокотемпературная щелочная варка и щелочно-пероксидное беление. Для реализации низкотемпературного способа беления могут быть использованы периодический и полунепрерывный способы, поскольку даже минимальное время обработки (5–6 ч) является технически неприемлемым с точки зрения реализации на существующих поточных линиях. Периодический способ может быть реализован с помощью барок (отсутствуют на большинстве современных предприятий), джиггеров, эжекторных машин, которые заменили барки на современных предприятиях. Однако наиболее предпочтительным является полунепрерывный способ реализации процесса, так как его можно осуществить на имеющемся производственном оборудовании при внесении определенных изменений в технологические цепочки.

Новые унифицированные биохимические технологии подготовки беления предусматривают формирование и внедрение на практике новых подходов к построению технологий подготовки текстильных материалов различного сырьевого состава, основанных на минимизации расхода химических веществ и сокращении стадийности процессов. В технологиях подготовки хлопчатобумажных, котонинсодержащих (с вложением котонина до 30 %) и смесовых материалов исключается высокотемпературная щелочная отварка и кислование.

Унифицированные биохимические технологии беления адаптированы к действующему оборудованию отделочных производств и могут быть реализованы в условиях как хлопчатобумажных фабрик, так и льнокомбинатов: на линиях беления расправленным полотном типа «Беннингер», «Вакаяма», Goller, ЛОБ-280, ЛХО-220, а также для джиггеров и эжекторов. В условиях двухстадийной подготовки возможно получение высокой капиллярности и достаточной белизны: для хлопчатобумажных и смесовых тканей на уровне 79–85 %, для полульняных и котонинсодержащих тканей на уровне 77–80 %, а для льняных — 76–80 %. Доказано, что такая подготовка обеспечивает получение требуемых цветовых характеристик окраски и устойчивости их к физико-механическим воздействиям[19].

Использование унифицированных технологий позволит провести универсализацию производств, гибко расширить или изменить ассортимент обрабатываемых тканей с учетом возможного дефицита или высокой стоимости того или иного сырья.

[19] *Emsley J.* A Healthy, Wealthy, Sustainable World. — Cambridge (U.K.), 2010.

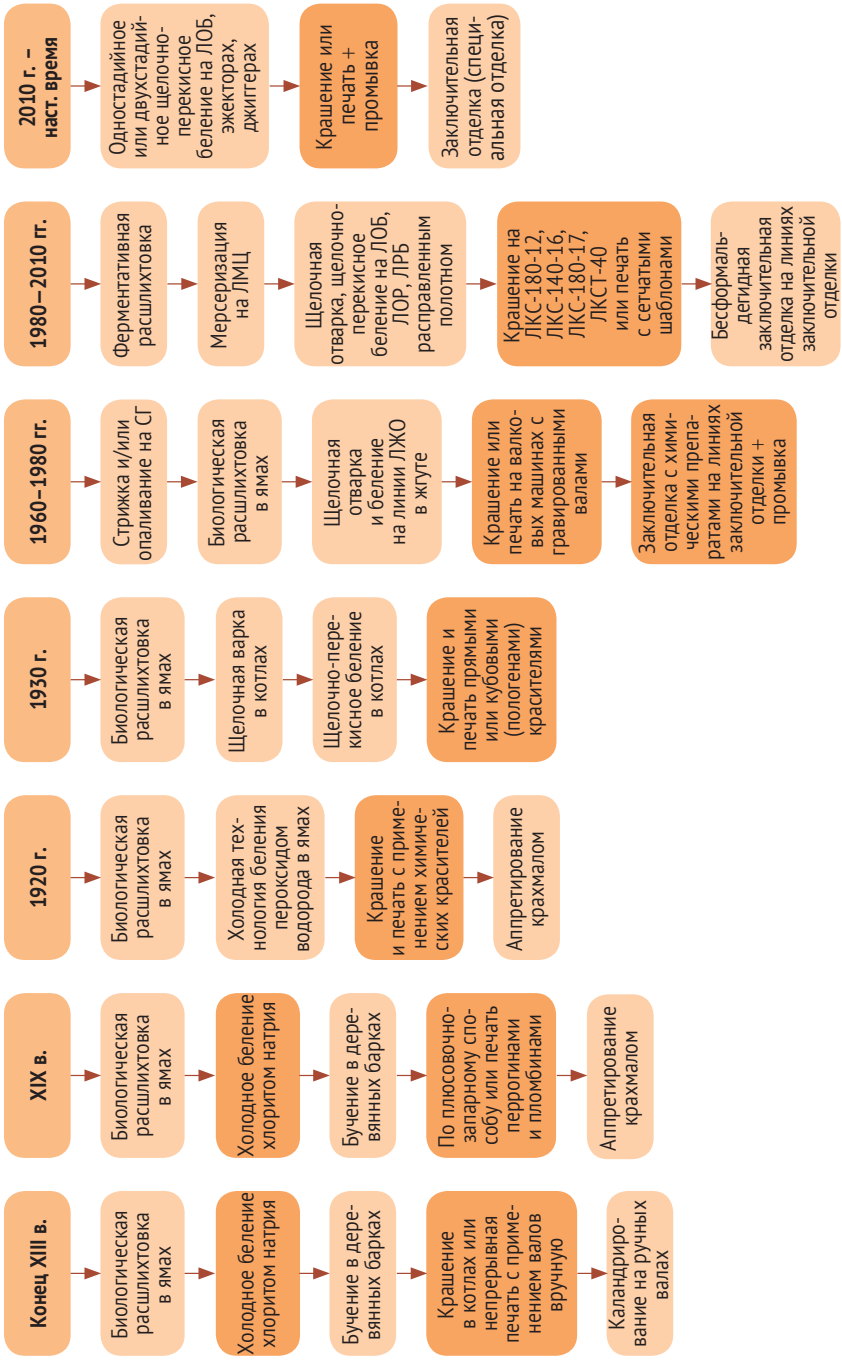


Рис. 24. Эволюции технологий отделки хлопчатобумажных тканей (бязь, поплин, миткаль):

СГ – машина стригальная; ЛЖО – линия жгутового беления; ЛМЦ – мерсеризационная цепная линия; ЛОБ – линия отварки и беления; ЛОР – линия операции расшлихтовки; ЛРБ – линия расшлихтовки и беления; ЛКС – линия красильно-сушильная; ЛКСТ – линия красильно-сушильная термофиксационная

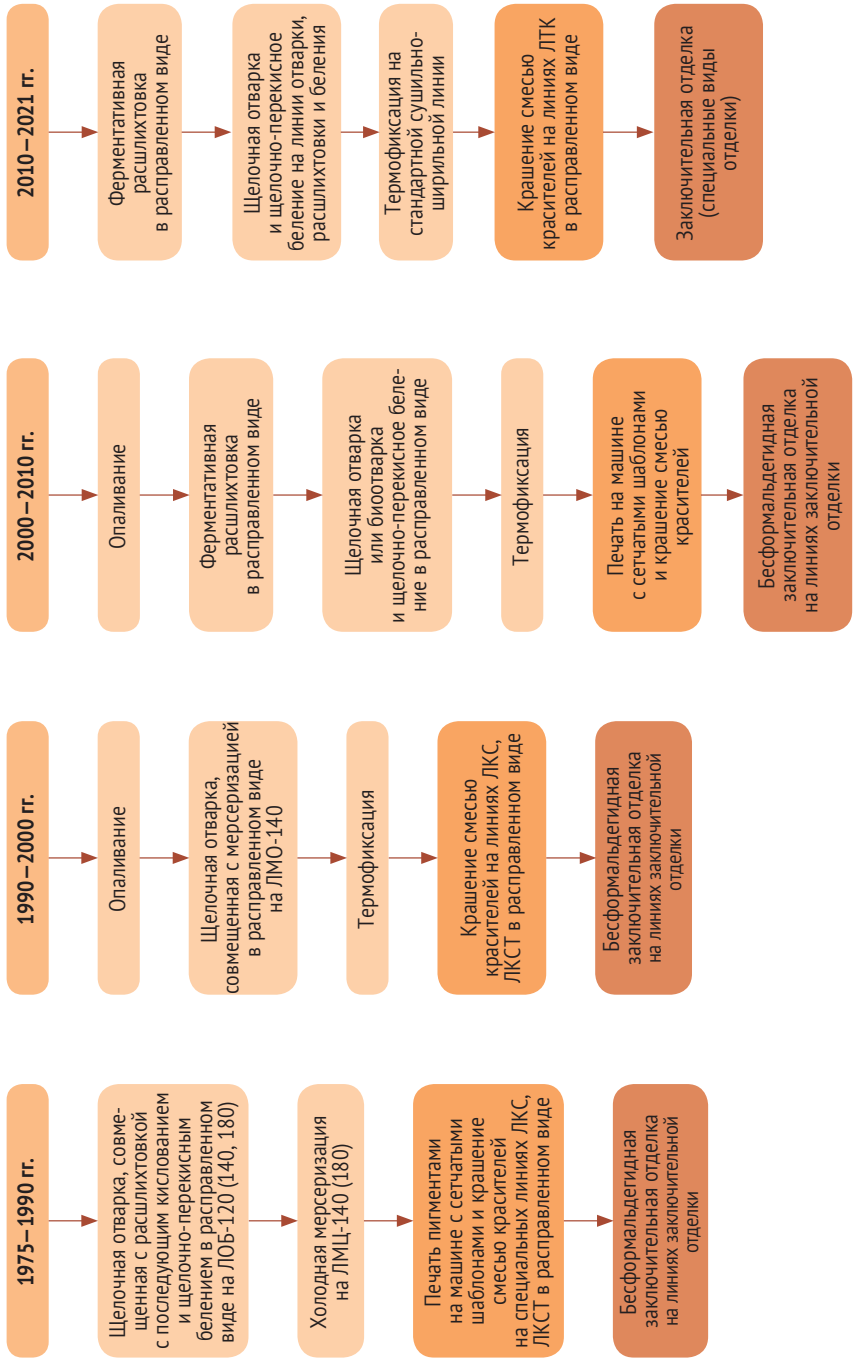


Рис. 25. Эволюция технологий отделки тяжелых хлопко-полиэфирных тканей:
ЛОБ – линия отварки и беления; ЛМЦ – мерсеризационная цепная линия; ЛКС – линия красильно-сушильная; ЛКСТ – линия красильно-сушильная термофиксационная; ЛМО – линия отварки и мерсеризации; ЛТК – линия термозольного крашения

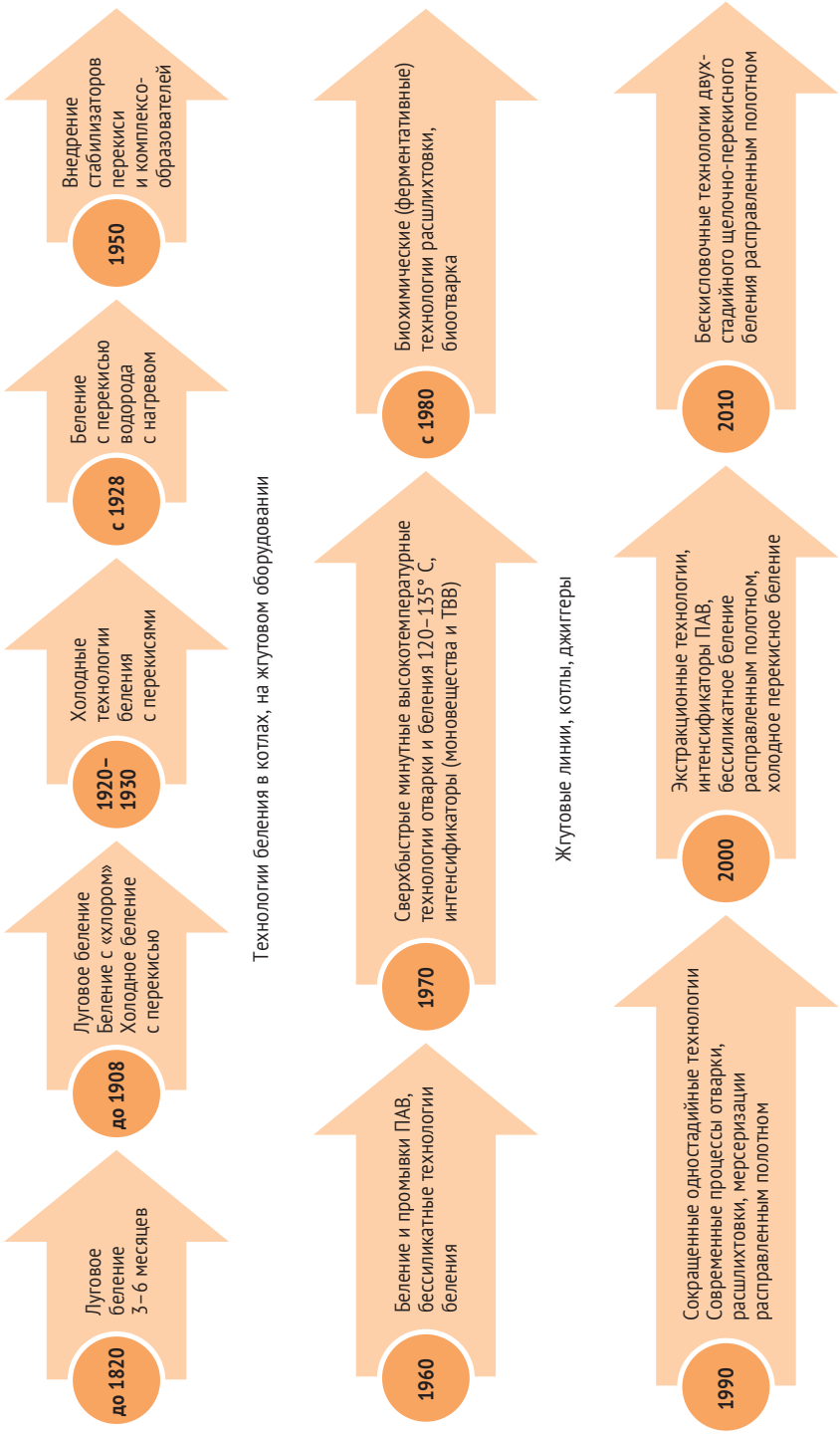


Рис. 26. Эволюция технологий беления

Таблица 20. Преимущества и недостатки современных технологий подготовки хлопчатобумажных тканей

Показатель	Линия отварки и беления, щелочно-перекисное беление с кислованием	Холодное беление	Биоотварка, беление (унифицированные технологии)	Холодное беление, щелочная отварка
Число операций, шт.	3	3	2	4
Число промывок, шт.	5–7	7–8	4–5	9–12
Затраты холодной воды, %	100	85	65	100
Кислование	+	+	–	+
Длительность, ч	1,5–2,5	16–20 (с учетом вылеживания)	1,5–3,5 (с учетом вылеживания)	19–20
Недостатки по качеству	Возможность снижения прочности, полосатость по утку	Отсутствие капиллярности, жесткость	Белизна на 1–2 % ниже линии отварки и беления	Снижение белизны на 2–5 %, прочности
Преимущества по качеству	Высокая капиллярность, белизна	Белизна без потери прочности	Мягкость, капиллярность	Высокая капиллярность, мягкость
Затраты химикатов, %	100	113	83	130
Расход электроэнергии, кВт·ч	16	12	14	14
Расход теплоэнергии, Гкал	0,25	0,10	0,15	0,15
Расход горячей воды, Гкал	0,13	0,11	0,11	0,13
Перерасход химиката	Гидроксид натрия	Пероксид водорода, серная кислота	–	Пероксид водорода, гидроксид натрия, серная кислота
Экономия химикатов	Пероксид водорода	Стабилизаторы	H_2O_2, серная кислота, гидроксид натрия	Стабилизаторы
Щелочность сточных вод	Средняя	Высокая	Низкая	Высокая
Средний температурный режим по циклу, °С	80–95	30–35	60–65	60–65

С 1980-х гг. активно внедряются биохимические технологии, которые позволяют сократить или полностью исключить высокотемпературную щелочную отварку или гипохлоритное беление. Сегодня для текстильной хлопчатобумажной промышленности рекомендуются 5 основных групп ферментов: амилазы, липазы, пектиназы, каталазы, целлюлазы. В практике отечественных производств применяются преимущественно амилолитические ферменты для расшлихтовки целлюлозных материалов, повышается применение биоотварки с использованием пектиназ (рис. 27).

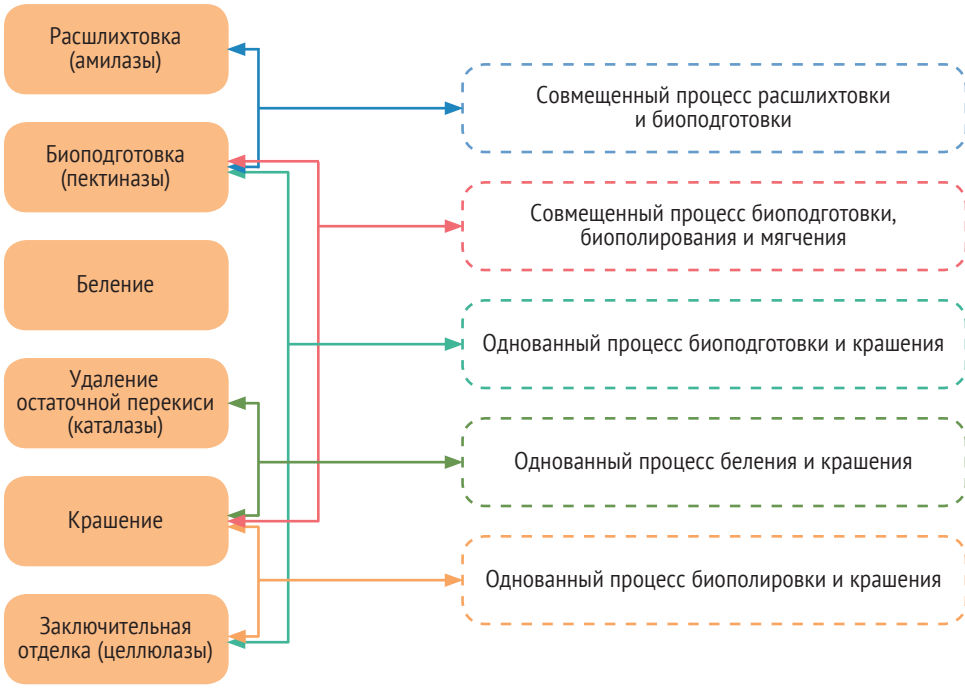


Рис. 27. Современные направления биохимических технологий в отделочном производстве

Биотехнологии применимы с целью универсализации производств, которые прежде всего, лимитируются унификацией оборудования и технологических режимов подготовки текстильных материалов. Это связано с тем, что ткани, особенно многокомпонентные, имеют различия в свойствах натуральных и химических волокон, что определяет и последовательность, и число стадий обработки, и тип окисляющего реагента, и оптимальные температурно-временны́е параметры процессов. Современные технологии длительны и энергоемки, требуют больших затрат воды, особенно на процессы промывки. Решая задачу получения качественного материала, обладающего высокой капиллярностью и белизной, предложено использовать все резервы биохимических процессов и их преимущества перед химическими.

Особо значима эта технология для подготовки многокомпонентных тканей, таких, как хлопок-котонин. Эти ткани год от года все мощнее внедряются на текстильный рынок по ряду причин:

– устаревание технологий мокрого прядения льна из-за дороговизны и трудоемкости, вытеснение с рынка тканей на основе длинноволокнистого льна;
– высокая конкурентоспособность многокомпонентных тканей по потребительским свойствам;
– необходимость замены импортного хлопка натуральным отечественным хлопкоподобным волокном.

К 2010 г. промышленное производство ферментов для текстиля, в отличие от ситуации 20-летней давности, было полностью налажено. Это высокостабильные жидкие и сухие, моно- и мультиэнзимные формы со сроком хранения до 6 месяцев. Несомненно, что биохимические технологии — это технологии будущего, которые могут стать одним из решений проблемы унификации технологий подготовки независимо от сырьевого состава тканей.

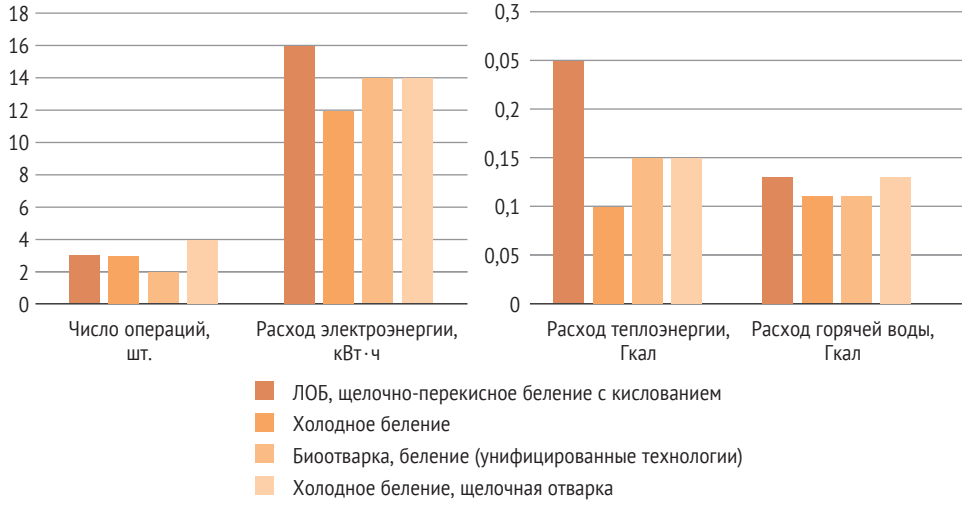


Рис. 28. Сравнение технологий по ключевым показателям

Важнейшим условием применения методик эксергетического анализа является наличие информации о материальных и энергетических потоках в системе. Для действующих предприятий такая информация может быть получена посредством измерений, а для проектируемых — при помощи моделирования.

Сравнение эксергии вещества текстильных и трикотажных материалов приведем на примере характерных текстильных материалов, которыми являются хлопок как представитель натуральных целлюлозных материалов и нейлон — наиболее распространенный искусственный материал. Для хлопка принимаем за основной краситель, например, Chrysophenine G или Yellow 12, для нейлона — дисперсный краситель азобензол.

Реакционную составляющую эксергии рассматриваемых материалов находим расчетным путем и получаем следующие значения реакционной составляющей эксергии красителей: для Chrysophenine G — 22,6 МДж/кг, азобензола — 34,5 МДж/кг. Используемая методика дает значения, совпадающие с данными таблиц[20] для известных органических соединений, таких как анилин и пр. В итоге получаем следующее значение реакционной составляющей эксергии окрашенных хлопка и нейлона выбранными красителями: соответственно 18,1 и 34,9 МДж/кг. Погрешность, связанная с неопределенностью величины адсорбции (40–80 %), не превышает 1 %. Поскольку определение реакционной составляющей принципиально не может быть точным, полученные значения могут использоваться в проведении эксергетического анализа. В указанных значениях реакционной составляющей эксергии окрашенных материалов вклад основного материала составляет: для хлопка — 98,9 %, для нейлона — 96,9 %. Таким образом, определяющим является нахождение реакционной составляющей основного материала.

В таблице 21 приведены доли компонентов окрашенного материала.

Таблица 21. Состав окрашенного материала на сухую массу

Материал	Доля компонента в окрашенном материале, %	
	Хлопок	Нейлон
Основной материал	100	100
Влага,	8	4
в т. ч. гидратная	< 0,01	< 0,01
Краситель	0,6–1,2	2,1–4,2

Энергия химической связи влаги находится в диапазоне от 1 до 107 кДж/кмоль. Максимальная величина рассматриваемой составляющей не превышает 0,06 кДж/кг. С учетом количества гидратной влаги в материале вклад ее в концентрационную составляющую эксергии и в конечном итоге эксергию вещества оказывается меньше погрешности исходных данных и расчетов, поэтому этой компонентой концентрационной составляющей можно пренебречь. Кроме того, данная составляющая оказывается транзитной, что при использовании соответствующей методики оценки термодинамической эффективности автоматически исключается из результата.

Получаем следующие результаты концентрационной составляющей эксергии: для окрашенного хлопка — 0,52–1,04 кДж/кг, окрашенного нейлона — 8,50–17,0 кДж/кг в зависимости от доли красителя в окрашенном материале.

Термомеханическую составляющую рассчитываем для следующих параметров: температура 40° С, давление атмосферное. Параметры окружающей среды: температура 20° С, давление атмосферное 745 мм рт. ст., влажность относительная 70 %. Для красителя нейлона удельную массовую изобарную

[20] См. *Степанов В. С.* Химическая энергия и эксергия веществ. — Новосибирск : Наука, 1985. — 100 с.

теплоемкость для азобензола находим в справочнике Б. П. Никольского[21]; она равна 0,330 ккал/(кг · °С) = 1,38 кДж/(кг · °С). В отношении Yellow 12, используемого в роли красителя хлопка, ситуация менее определенная. Поскольку данный краситель не включен в известные справочные материалы, можно применить следующее решение.

Диапазон изменения массовой доли красителя в целлюлозных натуральных материалах можно рассчитать исходя из доли адсорбции красителя волокнами из раствора 40–80 % и рецептов расхода красителей. Тогда содержание рассматриваемого красителя в хлопковом материале составляет 6–12 г на килограмм сухого материала, или 0,6–1,2 %. Теплоемкость красителей данной группы находится на уровне 2,0 кДж/(кг · °С), а погрешность в этом случае составляет 50 %. При теплоемкости хлопка 1,34 кДж/(кг · °С) получаем диапазон изменения теплоемкости окрашенного материала 1,98–2,00 кДж/(кг · °С). Таким образом, погрешность составляет до 1 % и не превышает погрешности определения основного материала – хлопка. Это отвечает требованиям расчета эксергии для рассматриваемого случая анализа работы установок.

Энергия отрыва влаги в материале изменяется для того или иного вида связи и находится в пределах 11–152 кДж/кг для капиллярной составляющей влаги в зависимости от температуры и эквивалентного диаметра капилляра. Количеством капиллярной влаги в большинстве случаев (при малых и умеренных значениях относительной влажности окружающей среды) можно пренебречь и считать, что процесс лежит в сугубо адсорбционной области. Таким образом, в расчетах принимаем энергию связи влаги в материале, равной адсорбционной составляющей. В рассматриваемом примере для хлопка энергия отрыва адсорбционной влаги в материале составит 24,457 кДж/кг, для нейлона — 24,452 кДж/кг, то есть изменение величины энергии отрыва для различных видов тканей и пряжи не превышает погрешности определения. С учетом массовой доли влаги, отнесенной к массе сухого материала, величина данного компонента в термомеханической составляющей эксергии материала составит 1,96 кДж/кг для хлопка и 0,98 кДж/кг для нейлона соответственно. С учетом изложенного находим термомеханическую составляющую эксергии окрашенных хлопка и нейлона указанными красителями. Для хлопка она составит 3,25–3,26 кДж/(кг · °С) в зависимости от доли красителя в пределах указанного диапазона адсорбции 40–80 %. Для нейлона, окрашенного азобензолом, получаем с учетом рецептурного расхода красителя 52 г/кг и изменения величины адсорбции в диапазоне 40–80 % значение термомеханической составляющей 2,77–2,81 кДж/(кг · °С). Таким образом, значения эксергии составят:

— для окрашенного хлопка:

$$e_{\text{хл}} = e_{r,\text{матер}} + e_{pT,\text{матер}} + e_{k,\text{матер}} = 18{,}1 \cdot 10^3 + 3{,}26 + + 1{,}04 = 18{,}1 \cdot 10^3 \text{ кДж/кг};$$

— для окрашенного нейлона:

$$e_{\text{н}} = e_{r,\text{матер}} + e_{pT,\text{матер}} + e_{k,\text{матер}} = 34{,}9 \cdot 10^3 + 2{,}81 + + 17{,}0 = 34{,}9 \cdot 10^3 \text{ кДж/кг}.$$

[21] *Nikol'skiy B. P.* Chemist Reference Book // Data Base: Properties of the Substances: Thermodynamics: Heat Capacity of the Substances [Electronic Resource]. — 2014. — URL: http://www.chemway.ru/bd_chem/tbl_term_cp/w_tbl_term_ cp_3.php (дата обращения: 16.07.2014).

Так как эксергетический анализ является методом термодинамической оценки совершенства теплотехнологических систем, имеющейся научно-методической базы недостаточно для проведения материального и эксергетического анализа текстильного отделочного производства.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ТЕКСТИЛЬНОГО ОТДЕЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА. ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ МОНИТОРИНГА И ЭМИССИИ ТЕКСТИЛЬНОГО ОТДЕЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Воздействие человека на природу было всегда, но оно усиливалось с развитием текстильных технологий, а с середины XX в. стало настолько сильным, что природа перестала компенсировать это негативное воздействие за счет своих резервов. Принцип разумного природопользования становится в один ряд с другими общечеловеческими проблемами, так как затрагивается самое ценное — жизнь человека и даже возможность продолжения рода человеческого.

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов — одна из важнейших социально-экономо-экологических проблем современности. В целях обеспечения рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, атмосферного воздуха, растительности и животного мира необходима коренная перестройка в области охраны природы при функционировании текстильной промышленности. Перед текстильной промышленностью встают задачи, решение которых связано с особым статусом принимаемых к внедрению и работе технологических процессов с минимальным негативным воздействием на окружающую природную среду. Нередко новые технологии передаются в производство без точных характеристик текстильной химии, текстильных вспомогательных веществ (ТВВ) и красителей, без детальных описаний вредностей, выделяемых в окружающую среду, недостаточно прорабатываются вопросы рационального использования воды и химических материалов. Слабо разработаны научно обоснованные требования к качеству воды, повторно используемой на технологические нужды: мало внимания уделяется разработке малоотходных и безотходных технологических процессов.

Для уменьшения внедрения в текстильную промышленность технологических процессов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, необходимо проводить экологические оценки разрабатываемых технологических процессов и внедряемых технологий с целью предотвращения чрезвычайных ситуаций. Для осуществления контроля важны следующие меры:

– прогрессивные научно обоснованные нормы водопотребления и водоотведения по процессам и оборудованию;
– создание и внедрение малоотходных технологических процессов, сокращение количества используемой свежей воды за счет внедрения систем повторно-последовательного и оборотного ее использования, многократное применение технологических растворов при крашении и отделке, уменьшение потерь в технологическом процессе и т. д.;

– введение удельных нормативов сбросов в сточные воды химических материалов от процессов и оборудования; а также контроль по нормам предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в водоемах и в атмосферном воздухе; нормам выбросов вредных веществ в атмосферу (ПДВ)[22].

В технологии отделки текстильных материалов значительная часть вспомогательных веществ, исключая аппретирующие, удаляется при промывке и попадает в сточные воды. Сброс в сточные воды и выброс в атмосферу — первое наиболее важное экологическое следствие химико-технологического характера отделочного производства. Более того, все красители и определенная часть ТВВ закрепляются на текстильных материалах, а они используются в одежде и обуви, которые непосредственно контактируют с кожей человека и должны быть токсикологически безвредными, так же, как и ткани, идущие для отделки интерьера, для изготовления палаток, поскольку они все вместе формируют среду обитания человека — это вторая экологическая проблема отделочного производства.

Безвредность тканей для человека частично решается внедрением стандартов, например «ЭКОТЕКСТИЛЯ» (табл. 22).

Таблица 22. Предельно допустимые нормы и характеристика устойчивости окраски или удержания препаратов согласно ЭКОТЕКС-100 в зависимости от области применения изделий

Класс продуктов	Изделия для детей	Изделия, имеющие контакт с кожей	Изделия, не имеющие контакта с кожей	Декоративные материалы
pH	4,0–7,5	4,0–7,5	4,0–9,0	4,0–9,0
Формальдегид, правило 112–1973 (японский метод «экстракции»)	20	75	300	300
Эмиссия	0,1	–	–	0,1
Экстрагируемые тяжелые металлы (часть на миллион)				
As (мышьяк)	0,2	1,0	1,0	1,0
Pb (свинец)	0,2	1,0	1,0	1,0
Cr (хром)	1,0	2,0	2,0	2,0
Cr (хром) (VI)	Не обнаруживается			
Co (кобальт)	1,0	4,0	4,0	4,0
Cu (медь)	25,0	50,0	50,0	50,0
Ni (никель)	1,0	4,0	4,0	4,0

[22] *Мельцаев И. Г.* Экология. Природопользование и охрана окружающей среды : учебник. — Иваново, 2011. — URL: https://studfile.net/preview/1942380/ (дата обращения: 09.11.2021).

Таблица 22 (окончание)

Класс продуктов	Изделия для детей	Изделия, имеющие контакт с кожей	Изделия, не имеющие контакта с кожей	Декоративные материалы
Hg (ртуть)	0,02	0,02	0,02	0,02
Пестициды, всего (включая пентахлорфенол/тетрахлорфенол)	0,5	1,0		
Хлорированные фенолы (часть на миллион)				
Пентахлорфенол (PCP)	0,05	0,5	0,5	0,5
2,3,5,6-тетрахлорфенол (TeCP)	0,05	0,5	0,5	0,5
Красители, отщепляющие ариламины	Не применяется			
Красители, вызывающие раковые заболевания	Не применяется			
Красители, вызывающие аллергию	Не применяется			
Хлорорганические переносчики	1,0	1,0	1,0	1,0
Биоцидная отделка	Нет			–
Огнезащитная отделка	Нет			–
Устойчивость окраски (закрашивание белого материала), в баллах				
К воде	–	3	3	3
К кислому поту	–	3–4	3–4	3–4
К щелочному поту	–	3–4	3–4	3–4
К сухому трению	4	4	4	4
К мокрому трению	2–3	2–3	2–3	2–3
К слюне и поту	Устойчивы	–	–	–
Эмиссия летучих компонентов, мг/м^2				
Толуол	0,1	–	–	0,1
Стирол	0,005	–	–	0,005
Винилциклогексан	0,002	–	–	0,002
4-фенилциклогексан	0,03	–	–	0,03
Бутадион	0,002	–	–	0,002
Винилхлорид	0,002	–	–	0,002
Ароматические углеводороды	0,3	–	–	0,3
Летучие органические вещества	0,5	–	–	0,5
Наличие запаха в общем и целом	Необычный запах не ощущается			

Отслеживая историю развития текстильных отделочных производств, можно привести немало примеров, когда неграмотное решение приводило к серьезным экологическим последствиям.

Пример XXI в. — это неконтролируемое внедрение новых поверхностно-активных веществ (ПАВ) и полимеров в рамках стратегии интенсификации процессов печатания, заключительной отделки, а также снижения длительности процессов беления, крашения, печатания, то есть на всех стадиях отделки тканей, которое приводит к накоплению этих веществ как в сточных водах, так и в продуктах утилизации тканых и нетканых материалов. ПАВ и полимеры вызывают дополнительный расход кислорода в водоемах, то есть, с одной стороны, происходит сокращение и рационализация технологического цикла, с другой — увеличение эконагрузки. Причем в поиск компромиссных решений вмешивается и экономический фактор, в частности затраты на ПАВ и ТВВ против затрат на расход пара, воды и электроэнергии.

Не меньшая проблема — это безопасность композиционных ТВВ и красителей. В отделке текстильных материалов используется от 300 до 400 ТВВ и более 6000 индивидуальных марок красителей. Причем преимущественно — импортируемых.

Работа в направлении сокращения использования или полного исключения из технологического цикла опасных и вредных красителей ведется, но успехи пока носят не системный, а фрагментарный характер. При этом происходит ревизия не только отдельных продуктов, но и опасных процессов и методов получения этих продуктов[23].

Предприятия хлопчатобумажной промышленности являются крупными потребителями воды для технологических нужд и в основном работают по прямоточной системе водоснабжения. Чистая вода нужного количества, качество которой обеспечивается на месте, используется в процессах, связаных с переработкой хлопка и отделкой пряжи и ткани из хлопчатобумажных и смешанных волокон. Так, например, удельный расход воды при крашении составляет 52–68 м^3/т. Количество сточных вод на получение 1 т готовой продукции составляет: для хлопчатобумажных комбинатов при получении бельевых и плательных тканей — 240–270 м^3; для хлопчатобумажных комбинатов одежных и технических тканей — 230–270 м^3; для прядильно-ткацкой и отделочной фабрики ворсоразрезных тканей — 365–410 м^3; для прядильно-ниточной фабрики с крашением и мерсеризацией пряжи и ниток — 250–280 м^3; для гигроскопической ваты — 60–130 м^3; для иглопробивных нетканых материалов — 60–110 м^3; для меланжевого комбината — 200–250 кубометров[24]. Так, в составе общезаводских усредненных стоков льноперерабатывающих предприятий образуется до 9 потоков стоков, которые собираются в три выпуска с объемом от 19 до 70 тыс. м^3 ежеквартально.

При обработке 1 т тканей в сточные воды отходит 200–350 кг загрязнений, в том числе: естественных примесей хлопка, химических компонентов

[23] *Кричевский Г. Е.* Зеленый текстиль.

[24] *Бутов А. М.* Рынок продукции текстильного производства. — [М.], 2017. — 62 с. — URL: https://is.gd/Xar8CQ (дата обращения: 09.11.2021).

замасливателей и шлихты — 70–90 кг; минеральных веществ (силикат, бисульфит, сульфид, гидроокись натрия, бикарбонат натрия, серная кислота) — 76–101 кг; органических компонентов — 20–30 кг; ПАВ — 10–15 кг; отделочных препаратов — 7,1–9,3 кг; красителей — 3,7–4,9 кг. Из вышеизложенного следует, что сточные воды этой отрасли представляют собой сложную физико-химическую систему, содержащую в своем составе разнообразные виды красителей, синтетических ПАВ, волокнистых примесей, минеральных солей и взвешенных веществ в количествах, требующих очистки.

Технологические процессы крашения, отварки и отделки потребляют примерно 25–30 % технологической воды, в то время как для промывки тканей после отварки, крашения и печати требуется 70–80 %. Кроме создания повторно-последовательных схем использования промывных вод и схем многократного использования красильных растворов, растет актуальность разработок технологических схем глубокой и комбинированной очистки сточных вод предприятий хлопчатобумажной промышленности с целью оборотного использования очищенных вод для водоемких промывок. Унифицированную технологическую схему очистки сточных вод данной отрасли создать невозможно, так как, с одной стороны, этому препятствует специфичность основных загрязнений сточных вод предприятий хлопчатобумажной промышленности, с другой — их многокомпонентность и высокая степень дисперсности[25].

Экологическая ситуация в отделочном производстве осложняется очень широким ассортиментом используемых химикатов и красителей, в результате чего в сточных водах и отходящих газах образуется сложная смесь продуктов, что осложняет их очистку и утилизацию. На каждый килограмм отделанной ткани образуются отходы: 60–70 г шламов от очистки стоков и 30–40 г текстильных отходов. Подчиненность отделочного производства требованиям моды вызывает необходимость в мелких размерах партий и частой переналадке производства, что обусловливает неизбежные систематические отходы[26].

За сравнительно небольшой период, начиная с 2000 г., в процессе разработки информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Производство текстильных изделий (промывка, отбеливание, мерсеризация, крашение текстильных волокон, отбеливание, крашение текстильной продукции)» (ИТС НДТ 39)[27], появилось понимание роли переосмысления исторических событий, составляющих основу технологического и технического перевооружения текстильных производств, значимости выстраивания прогнозов на будущее с учетом положительного и отрицательного опыта прошлого и актуальности библиотек и баз информации способов формирования технологических решений текстильной индустрии. Как показал более чем сорокалетний практический опыт разных стран, зародившись в рамках при-

[25] *Шамян В. Л.* Разработка технологии глубокой очистки сточных вод предприятий хлопчатобумажной промышленности : дис. ... кандидата технических наук. — М., 2000.
[26] *Кричевский Г. Е.* Зеленый текстиль.
[27] Производство текстильных изделий... // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов.

родоохранной политики как экологическая категория, концепция наилучших доступных технологий все больше используется в рамках промышленной политики для стимулирования инвестиций в модернизацию производства.

Указанные факторы влияют на рост издержек в текстильной отрасли и создают экологические и экономические проблемы. В текстильной промышленности очевидна цепь экологических проблем:

– загрязнение водного бассейна сточными водами предприятий отрасли;
– выбросы в атмосферу;
– отходы производства.

Легкая промышленность отличается незначительным «вкладом» в загрязнение воздуха. По подсчетам, выбросы в атмосферу составляют менее 1 % от общей массы промышленных источников. В атмосферу выбрасывается пыль шерстяная, пыль красителей, пары щелочей, уксусной кислоты, оксид углерода, сернистый ангидрид, формальдегид, оксид азота, а также в незначительных количествах и не на всех предприятиях — хромовый ангидрид. Основное негативное влияние легкая промышленность оказывает на водный фонд — по причине сброса неочищенных стоков в поверхностные водные объекты.

По объему сбрасываемых загрязнений сточных вод текстильная промышленность занимает 8–9 место после энергетического комплекса. Содержание поверхностно-активных веществ в сточных водах ряда предприятий превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) в 100–200 раз.

К наиболее опасным химическим загрязнителям сточных вод в текстильном производстве следует отнести диоксины, присутствие которых связано с использованием для отбелки тканей водных растворов хлорида и гипохлорита натрия. Диоксины высокотоксичны, обладают мутагенным и канцерогенным действием и могут вызывать проблемы в области репродуктивного здоровья и развития, поражения иммунной системы, гормональные нарушения и раковые заболевания.

Сточные воды льняной промышленности образуются после таких технологических операций, как операции прядения, варки, отбеливания и крашения ровницы и пряжи; процессы расшлихтовки и промывки шлихтовального оборудования; отбелка тканей и промывка после всех процессов и т. д. Состав общезаводского стока льнопредприятий достаточно сложен и зависит от направленности предприятия и объема производства.

По состоянию на 2019 г. большинство льняных отделочных производств в системе льнокомбинатов перестроили технологические процессы подготовки на безгипохлоритные (безхлорные), иногда в ущерб незначительному снижению белизны (на 1–5 %). Однако это не вредит в целом качеству тканей, поскольку запрос экспортируемых тканей на белизну (более 82–86 %) был сильно завышен и неоправдан. Современный запрос потребительского рынка — это гладкокрашеные ткани, поэтому технологическая перестройка на более экологичные технологии бесхлорного щелочно-пероксидного и ферментативно-пероксидного беления тканей вполне оправдан не только по экологическим соображениям, но и экономически.

Наиболее загрязненным является сток от производства технических тканей, в котором содержатся токсические соединения (соли хрома и меди, красители, пропиточные вещества). В составе сточных вод шерстяных отделочных производств содержатся хромовые, металлокомплексные и активные красители. Помимо красителей сточные воды содержат серную и уксусную кислоту, соли (NaCl, Na_2SO_4, NH_4OH и др.), соединения трех- и шестивалентного хрома. Учитывая указанные негативные последствия загрязнения вод, развиваются альтернативы традиционным формам производства текстильных изделий[28].

В качестве примеров снижения уровня нагрузки на окружающую среду от отделочного производства за последние 50 лет можно привести следующие химико-технологические процессы:

– организация и выпаривание мерсеризационных щелоков и возврат их в производство (все фабрики Западной Европы, использующие технологию мерсеризации, имеют выпарные установки и достигают уровня рекуперации 90 %);
– биорасшлихтовка с ферментами амилазами или рекуперация шлихты в случае использования синтетических полимеров, поскольку при расшлихтовке возникает нагрузка на сточные воды, соответствующая 60 % углеводородных отходов в стоках отделочного производства (рекуперация решается только в Западной Европе, где сохранено территориальное сближение ткацкого и отделочного производств);
– внедрение биоотварки взамен высокотемпературной щелочной отварки для хлопчатобумажных, полульняных, льняных и котонинсодержащих тканей, позволяющей также исключить операцию кислования с использованием серной кислоты и сократить число промывных ванн и, следовательно, расход технологической воды;
– введение повторного использования печатных красок с согласованием работы печатного цеха и красковарни с применением компьютерного принципа управления (на западноевропейских фабриках уровень утилизации печатных красок достигает 70 %);
– применение новейшей цифровой грунтовой печати пигментными и активными чернилами на текстильных плоттерах (принтерах), позволяющей исключить ряд вспомогательных операций (хранение, изготовление и мытье шаблонов) и расход технологической воды;
– технологии повторного использования красильных растворов в периодических методах крашения, особенно для классов красителей, для которых степень выбирания может быть 50–70 % (прямые, активные) и общий объем производства и использования красителей достаточно велик, что делает решение этой задачи экономически оправданным;
– использование нового поколения бифункциональных активных красителей с высокой степенью фиксации (до 95–98 %);

[28] *Баранова А. Ф.* Экологические проблемы текстильной промышленности и пути их решения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2019. — № 4(382). — С. 170–174.

– с включением катализаторов в состав выпускных форм кубовых красителей;
– с аппретирующими препаратами, обеспечивающими перманентность эффекта за счет ковалентной связи с волокном или модификации волокнистой составляющей, а не поверхностного нанесения на материал.

В направлении реализации экологической концепции возможна организация экономии энергии и воды за счет:

– внедрения современной теплоизоляции и герметизации запарного и сушильного оборудования и путей, подводящих и отводящих пар, установок газового сушильно-ширильного оборудования и линий заключительной отделки;
– повторного использования тепловой энергии горячих стоков с отбельного, красильного и промывного оборудования и отходящих газов из сушилок всех видов аппретирующих линий;
– повышения степени удаления влаги (60–50 %) перед сушкой с использованием специальных валов;
– исключения во многих двухванных технологиях промежуточной сушки между первой и второй плюсовкой (по «мокроотжатому»);
– исключения сушки после беления или подготовки перед крашением, системы контроля и регулирования влажности в сушильных машинах;
– организации принципа противотока при промывке в непрерывных линиях;
– использования маломодульных технологий.

Отделочное производство как химико-технологическое и теплоиспользующее производство занимает далеко не последнее место по удельному потреблению природных источников (воды, энергии, воздуха) на единицу конечной продукции среди других отраслей промышленности, пропуская вперед металлургическую промышленность, крупнотоннажную химию, атомную и другие виды энергетики. Общая схема воздействия отделочного производства текстильной промышленности на окружающую среду представлена на схеме (рис. 29).

В отделочном производстве в силу органически присущей ему специфики весьма сложно создавать замкнутые технологические циклы с утилизацией отходов. Однако есть возможность применения ресурсоэффективных технологий. Важны выбор сырья и комплектация оборудования. Если используется тщательно очищенное сырье с низким значением сопутствующих загрязнений (имеются в виду натуральные волокна) или эффективное оборудование, то химические воздействия на стадиях отделочного производства будут менее «агрессивны» по отношению к окружающей среде. Многое, с точки зрения ресурсной эффективности, определяет выбор оборудования. Развитие отделочного производства идет под влиянием двух взаимных факторов: экономики и экологии. Эти два фактора определяют конкурентоспособность продукции, и прежде всего — в развитых странах с жесткими экологическими законодательствами. Решение экологических задач требует очень больших затрат, соизмеримых с затратами на строительство самих текстильных фабрик, то есть это проблема, требующая серьезного экономического обоснования.

Одновременное решение всех экологических задач для одной фабрики может привести к такому повышению себестоимости продукции, что вызовет банкротство предприятия. Эти задачи должны решаться на разных уровнях: локально самим производством, местными, региональными, федеральными органами власти и иногда даже на уровне межгосударственных соглашений.

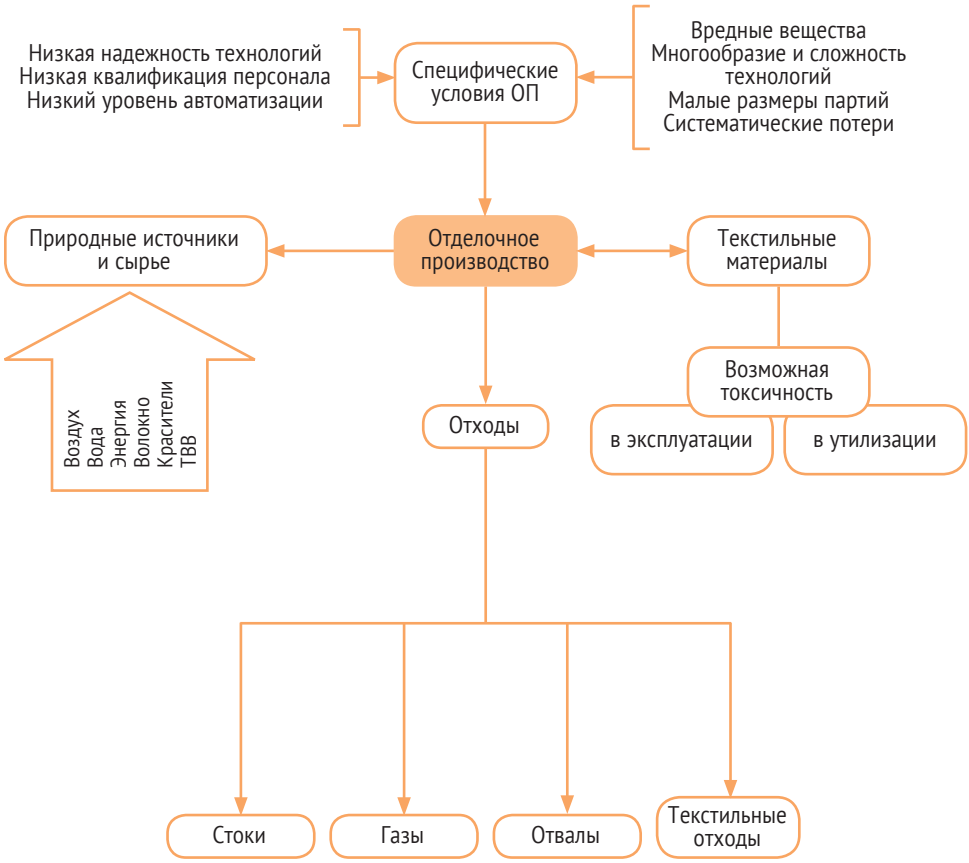


Рис. 29. Отделочное производство и окружающая среда

В цивилизованных странах, где под воздействием соответствующих законов и средств массовой информации сформировалось экологическое самосознание, защита окружающей среды входит в круг каждодневных интересов общества, потребитель текстильных материалов требует от производителя не только поставить необходимый продукт в нужное время, нужного качества и по разумной цене, но также и произвести продукцию по экологически чистой технологии.

Рис. 30. Векторы по направлению к экологизации текстильного отделочного производства

Стратегия и тактика снижения уровня нагрузки на окружающую среду от отделочного производства вытекают из предыдущей схемы (рис. 30), где описывались особенности отделочного производства как потенциального и реального источника загрязнения окружающей среды, и может быть выражена следующей схемой (рис. 31). Экономическая целесообразность повторного использования красителей и химикатов возникает тогда, когда образуются значительные объемы жидкости однородного состава (не надо фракционировать) в достаточно концентрированной форме. Возможности утилизации в отделочном производстве представлены на рисунке 32.

В последнее время для придания текстилю новых потребительских свойств (бактерицидность, пониженная горючесть, грязе- и водоотталкивающая защита, защита от УФ-лучей и др.) используют нанотехнологию и наночастицы, комбинированные составы на основе полимеров. При этом возникают определенные риски токсичности технологий и материалов. Поэтому надо понимать, что какая бы инновация, приводящая к новым полезным свойствам продукта, ни использовалось, она будет неприменима, если окажется экологически грязной[29].

[29] *Кричевский Г. Е.* Зеленый текстиль; *Кричевский Г. Е.* Химическая технология текстильных материалов.

Рис. 31. Пути снижения нагрузки на окружающую среду (ОС) от отделочного производства

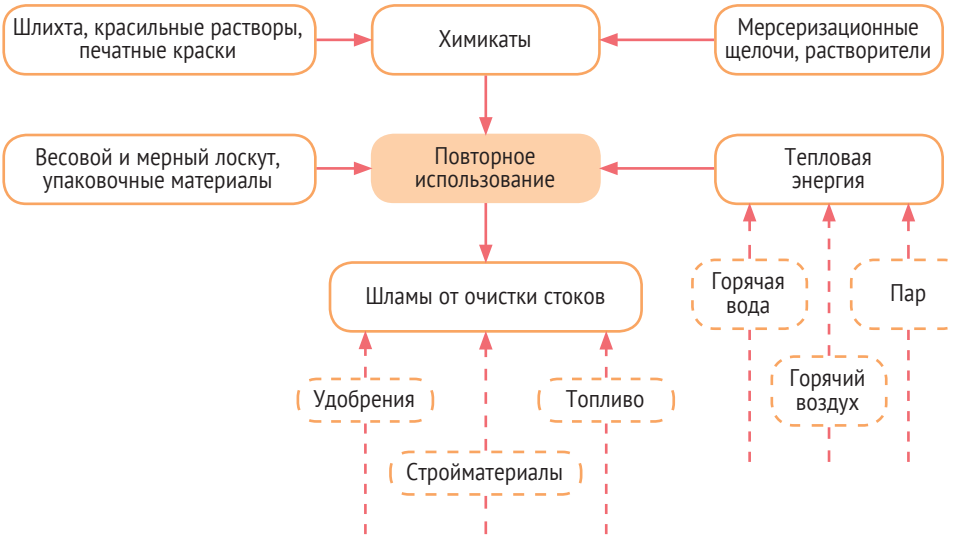


Рис. 32. Возможности утилизации в отделочном производстве

Большинство отделочных производств с мощностью 30–500 тыс. м/сут, согласно отчетам Росприроднадзора «Инвентаризации выбросов вредных веществ в атмосферу», относится к третьему классу опасности. Размер санитарно-защитной зоны составляет около 300 м. На промышленной площадке предприятия находится более 300 источников выбросов загрязняющих веществ с более 40 наименованиями загрязняющих веществ. Согласно специализированным разрешениям, отделочные производства осуществляют забор воды в количестве от 1000 до 2000 тыс. м^3/год из двух источников: поверхностного и подземного (артезианских скважин, вода из которых используется на хозяйственные нужды и в системе пожаротушения). Это примерно 80 000–1 000 000 м^3 поверхностных вод в месяц, и около 1000–2000 м^3 артезианской воды подземных горизонтов в месяц.

Не все отделочные предприятия РФ имеют собственные очистные сооружения, поэтому сточные воды при работе отделочной фабрики сбрасываются в систему канализации населенного пункта и составляют 200–1000 тыс. м^3/сут, в среднем 500–800 м^3/сут. В результате деятельности отделочных производств, осуществляющих полный цикл отделки, включая подготовку, крашение, печать и заключительную отделку, образуются промышленно-бытовые отходы в количестве 200–500 т/год, которые утилизируются согласно разрешению на размещение отходов производства на полигонах технических бытовых отходов. Отделочные фабрики, включающие все цеха (отбельный, печатный, красильный, отделочно-ворсовый, складальный, сортировочно-паковочный, граверный, подсобно-вспомогательное производство), в совокупности выделяют: пыль неорганическую, твердые частицы суммарно, гидроксид натрия, оксид азота, уксусную кислоту, аммиак, диоксид серы, хлопковую пыль, пыль бумаги и другое.

Сточные воды после отбельного цеха образуются в процессах обработки тканей на линии отварки и беления и на мерсеризационной машине при обработке тканей раствором едкого натра с последующей промывкой. В эти воды попадают продукты разрушения нецеллюлозных примесей хлопка, шлихта из растворимых синтетических соединений или крахмала с сопутствующими веществами, а также минеральные соли, ПАВ и их окисленные соединения.

Загрязнения сточных вод других цехов состоят из отходов красителей, вспомогательных химических веществ и отделочных препаратов, не закрепившихся на волокнах и смытых в процессе промывок тканей. Загрязнение сточных вод незакрепленными красителями представляет серьезную экологическую проблему не только из-за потенциальной опасности для здоровья человека и животных, но также и из-за загрязнения, которое хорошо заметно визуально. Обычно при окрашивании может быть достигнута фиксация красителей в 90 %, но при набивке тканей при помощи химически активных красителей уровни фиксации в 60 % и менее являются обычными. Это означает, что более чем одна треть химически активного красителя поступает в сточные воды во время промывки набивной ткани. Дополнительные

количества красителей попадают в сточные воды при мытье сит, резинотканевой пластины и барабанов.

Утвержденный расход сточных вод для установления предельно допустимого сброса (ПДС) составляет от 500–600 тыс. м³/год, это примерно 250–300 м³/ч.

В таблицах 23–26 приведены некоторые данные по выбросам и сбросам текстильного отделочного производства.

Механическая очистка сточных вод путем отстаивания в течение 2 часов обеспечивает снижение взвешенных веществ на 4–50 %, снижение биологического потребления кислорода (БПК) при этом не превышает 80 %, а снижение цветности 15–20 %. Химической обработкой сточных вод достигается выделение 90–95 % взвешенных веществ, БПК при этом снижается на 20–50 %, цветность до 50 % и более. Известны также технологии физико-химического очищения сточных вод.

Таблица 23. Примерный состав сточных вод отделочного текстильного предприятия с полным циклом отделочных операций

Показатель состава сточных вод	Фактическая концентрация, г/м³	Фактический сброс, г/ч	Допустимая концентрация, г/м³	Утвержденный ПДС, г/ч
Сульфаты	43–139	34 827	43,2	11 010,43
Хлориды	23–24	19 473	24,2	6 156,48
Взвешенные вещества	5–10	4 168	3,98	1 012,51
Сухой остаток	340,83	274 265	340,0	86 707,15
Нефтепродукты	0,028–0,57	22	0,028	7,12

Таблица 24. Примерный нормируемый состав и контроль сточных вод отделочного производства

Показатель	Единица измерения	Концентрация
pH	ед. pH	6,5–9,0
Взвешенные вещества	мг/дм²	280
Сухой остаток	мг/дм²	1000
Хлориды	мг/дм²	–
Сульфаты	мг/дм²	–
Нефтепродукты	мг/дм²	0,9

Таблица 24 (окончание)

Показатель	Единица измерения	Концентрация
СПАВ неионогенные	мг/дм^2	0,25
СПАВ анионные	мг/дм^2	0,5
Железо	мг/дм^2	0,4
Медь	мг/дм^2	0,011
Цинк	мг/дм^2	0,02
Кадмий	мг/дм^2	–
Никель	мг/дм^2	0,007
Хром 3+	мг/дм^2	0,024
Хром 6+	мг/дм^2	–

Таблица 25. Результаты анализа сточных вод из общего коллектора отделочного производства

Качественный показатель	Факт	Норма
Цвет	Красновато-коричневый	–
Запах	Неопределенный	–
pH	10,56	6,5–9,0
Температура, °С	17	40
Взвешенные вещества, мг/дм^3	230–330	280
Сухой остаток, мг/дм^3	200–1200	1000
Сульфаты, мг/дм^3	194,9	140
Сульфиды, мг/дм^3	0,3–18	1,5
Хлориды, мг/дм^3	85,08	400
Нефтепродукты, мг O_2/дм^3	62,3	0,9
ХПК, мг O_2/дм^3	588	400
Хром 3+, мг/дм^3	Не определяется	0,02
Хром 6+, мг/дм^3	Не определяется	0,027
Медь, мг/дм^3	0,0157	0,011
Цинк, мг/дм^3	Не определяется	0,02
СПАВ анионактивные, мг/дм^3	0,62	0,5
СПАВ неионогенные, мг/дм^3	Не определяется	0,25

Таблица 26. Качественный анализ сточных вод красильного цеха

Загрязняющее веществ	Фактическое значение	ПДК
$БПК_5$	324	200
СПАВ ап. ак.	0,418	3,07
pH	5,5	6,5–9,0
Взвешенные вещества	⩽ 0,001	0,05
Хром 6+	20	15
ХПК	620	500

Сточные воды предприятий шерстяной промышленности плохо поддаются очистке. Одни вещества сточных вод нуждаются в кислороде для биологического разложения (БПК), другие — для химического (ХПК). Основными загрязнениями, от которых зависит изменение технологии очистки сточных вод, являются: шерстяной жир, замасливатели, шлихта, а также шерстяные волокна, уходящие с отработанными моечными растворами. С целью получения мытой шерсти хорошего качества одним из условий технологического режима, применяемого на предприятиях ПОШ (первичной обработки шерсти), является поддержание концентрации взвешенных моющих веществ в растворах на уровне 50 г/л. При отделке шерстяной гребённой ленты и тканей концентрации различных синтетических поверхностно активных веществ в растворах составляют от 5 до 30 г/л.

На основании вышеизложенного можно заключить, что экологические проблемы текстильной промышленности требуют решения следующих задач:

– улучшения степени очистки воздуха рабочей зоны и улавливания вредных веществ и пыли, выбрасываемых в атмосферу при производстве;
– повышения действенности анализа содержания неорганических и органических элементов в сточных водах текстильных предприятий;
– использования экспресс-методик и выработки технологий, существенно снижающих концентрацию этих веществ до пределов, устанавливаемых международным экологическим нормированием;
– развития экологической сертификации и нормирования текстильной продукции;
– создания новых технологий на стадиях проектирования с учетом экологических требований[30].

[30] *Ефимов А. Я.* Очистка сточных вод предприятий легкой промышленности. — Киев, 1985; *Белопухов С. Л.* Технологии очистки сточных вод текстильных производств для снижения поступления токсикантов в природные поверхностные воды // Вестник технологического университета. — [Казань], 2015. — Т. 18, № 5. — С. 199–204; Современные экологические проблемы текстильной технологии // Современные наукоемкие технологии. — 2007. — № 10. — С. 103–104. — URL: https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=25574 (дата обращения: 09.11.2021); *Абдуова А. А.* Экологические аспекты охраны и очистки сточных вод // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2013. — № 6(348). — С. 146–149.

ОТХОДЫ И ВТОРИЧНЫЕ РЕСУРСЫ

По сравнению с современными технологиями европейских производств, уровень автоматизации и цифровизации отделочных текстильных производств в России невысок, что приводит к нарушению технологической дисциплины и увеличению отходов производства (перекрасы, мерный и весовой лоскут и т. д.). Изменить ситуацию к лучшему поможет создание комбинированных химико-текстильных и цифровых производств, которое позволит обеспечить функционирование предприятий по системе «Ноль отходов». При обычном производстве примерно 10–15 % ткани поступает в отходы, которые необходимо утилизировать. Так, на примере работы хлопчатобумажного отделочного производства от общей выработки тканей на печатном оборудовании в месяц процент отходов за счет технологических браков составляет: 11 % тканей второго сорта, 6 % — лоскута мерного. Причем особенно высок процент брака, связаного с несовершенством печатного валкового оборудования, что является еще одним доводом в пользу модернизации и цифровизации.

Только за счет браков печатного цеха (вылеты, растрафы и засечки) в месяц образуется от 8000 до 27 000 м отходов тканей. Таким образом, текстильные отходы составляют особую часть всех твердых отходов, которые в самой текстильной промышленности не используются. В системе комбинатов при промышленном производстве текстильных изделий образуется до 25 % всего перерабатываемого текстильного сырья твердых текстильных отходов в виде обрезков тканей между партиями, отрезков лоскута, спутанных волокон, пряжи и др. Для того, чтобы выбрать метод переработки текстильных отходов, необходимо знать их отличительные свойства.

Классифицируют текстильные отходы по следующим признакам:

- по химической природе волокна: хлопковые, шерстяные, лубяные, шелковые отходы, химические волокна и их смеси;
- по технологии производства и виду текстильных материалов: отходы тканей, трикотажа, нетканых материалов и их комбинаций;
- по стадии производства текстильных материалов: волокнистые отходы, путанка и концы пряжи, лоскут и обрезки полотен;
- по цвету: белые, светлые (окрашенные в светлые тона; бежевый, светло-желтый, их комбинации), темные (окрашенные в красный, зеленый, синий, черный цвета и их комбинации) и разноцветные отходы;
- по чистоте: неочищенные и очищенные (подвергшиеся стирке, химчистке, дезинфекции и другим способам чистки) отходы[31].

За последние 30 лет текстильное производство было перераспределено в развивающиеся страны. При этом следует учитывать, что среднее потребление текстильной продукции в развитых странах увеличивается до 17,7 кг на человека в год, тогда как в развивающихся странах это всего лишь одна четвертая часть от указанного числа. В соответствии с указанными данными по

[31] *Мельцаев И. Г.* Экология.

потреблению текстильной продукции, распределяются и отходы текстильной промышленности: в развитых странах — это вещи, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования населением в целях удовлетворения личных и бытовых нужд, и выбросы (сбросы) отходов в окружающую среду в странах, где находится производство.

Согласно мировой статистике, от 5 до 10 % массы твердых коммунальных отходов (ТКО) составляют текстильные изделия. Объем отходов в легкой промышленности в России составляет более 6 млн т. При этом объем переработанных и обезвреженных отходов составляет около 15 % в каждой категории от общего годового объема образования отходов по стране.

Характер образующихся отходов зависит от типа текстильного объекта, используемых волокон и технологических процессов. К текстильным отходам относятся отходы производства текстильных изделий в виде волокон, пряжи, нитей, лоскутов, обрезков текстильных материалов и отходы потребления в виде бытовых текстильных изделий. К отходам потребления относятся также отходы производственно-технического назначения в виде изношенной спецодежды, скатертей, покрывал, постельного белья, штор, гардин и т. д.

Согласно Федеральному классификационному каталогу отходов (ФККО) отходы производства текстильных изделий — это в основном отходы 4-го и 5-го класса опасности, за исключением отходов печатной краски при нанесении рисунка на текстильные изделия, отходов промывки технологического оборудования производства технических тканей с пропиткой из синтетических волокон, загрязненных пропиточным раствором; отходы пропиточного состава на основе резорцин-формальдегидных смол и латекса при пропитке ткани в производстве прорезиненных текстильных материалов; отходы производства геосетки из полиэфирного волокна, которые относятся к 3-му классу опасности. На предприятиях швейной промышленности отходы и потери, образующиеся на различных стадиях производства, составляют до 25 % от используемого сырья. На рациональное использование материалов оказывает влияние множество взаимосвязаных факторов: технология и организация производства, свойства исходного сырья, уровень технологической дисциплины, техническая оснащенность[32].

Наиболее просто решаются вопросы утилизации отходов в процессе получения пряжи из первичных волокон. В этом случае в отходы уходит до 40 % волокон. Более сложные технологические методы используют при переработке текстильных отходов бытового и промышленного назначения. Бытовые промышленные текстильные отходы поступают на переработку в сильно загрязненном виде. Перед утилизацией они должны быть очищены и обезврежены в основном с применением дезинфекции, обеспыливания, стирки и химической чистки[33].

---

[32] *Баранова А. Ф.* Экологические проблемы текстильной промышленности и пути их решения.

[33] *Мельцаев И. Г.* Экология.

Таблица 27. Примерный перечень отходов хлопчатобумажного отделочного производства, вывозимых на полигон

Наименование	Код по ФККО	Класс опасности
Древесные отходы из натуральной чистой древесины несортированные	3 05 290 00 00 0	5
Абразивные круги отработанные, лом отработанных абразивных кругов	4 56 100 01 51 5	5
Отходы абразивных материалов в виде порошка	4 56 200 52 41 4	4
Остатки и огарки стальных сварочных электродов	9 19 100 01 20 5	5
Обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов менее 15 %)	9 19 204 02 60 4	4
Отходы продукции из пластмасс, не содержащих галогены, незагрязненные	4 34 000 00 00 0	5
Отходы полиэтилена в виде пленки и пакетов при изготовлении упаковки из него	3 35 211 12 29 4	5
Отходы резиновых изделий незагрязненные	4 31 100 00 00 0	4
Покрышки пневматических шин отработанные	9 21 130 00 00 0	4
Отходы (осадки) при механической и физико-химической очистке хозяйственно-бытовых и смешанных сточных вод	7 22 100 00 00 0	4
Зола от сжигания древесного топлива практически неопасная	6 11 900 02 40 5	5

Под вторичным сырьем будем понимать в широком смысле слова продукты «после жизни» текстильных материалов и изделий из них, а также отходы производства. Утилизация изношенных изделий из текстиля, а также фабричного лоскута происходит путем его сжигания (топливо), переработки в бумагу и строительный материал. Во всех случаях состав этого материала не должен вызывать экологических проблем и выделять вредные продукты при утилизации (тяжелые металлы, формальдегид и др.). Шлам с отделочного производства, идущий в качестве топлива, удобрений и строительных материалов, должен отвечать тем же требованиям[34].

[34] *Кричевский Г. Е.* Зеленый текстиль.

Дороговизна полиэтиленгликольтерефталата (ПЭТФ) вызывает повышение интереса к его вторичной переработке, тем более, что во многих регионах мира она достаточно хорошо налажена. В Китае и Японии собираются и перерабатываются 75–85 % использованных ПЭТ-изделий, в Западной Европе и США — 50 % и 30 % соответственно, среднемировой показатель — около 50 % (8,1 млн т). В Восточной Европе и России собирается только 10 % ПЭТФ, и это худшие показатели в мире. В Китае вторичный ПЭТФ эффективно собирается и масштабы его переработки позволяют этой стране выступать крупнейшим импортером данного сырья, являясь притом заметным поставщиком первичного ПЭТФ на мировой рынок. В Восточной Европе малые объемы собираемого полимера находят ограниченное применение и в основном вывозятся в другие страны. Это достаточно выгодный бизнес, поскольку цены на вторичный ПЭТФ составляют 70–80 % от стоимости первичного, хотя до резкого взлета цен он был вдвое дешевле. В 2012 г. российский объем потребления вторичного ПЭТ составил около 94 тыс. т, производства — примерно 80 тыс. т.

Около трети вторичного ПЭТФ используется для изготовления волокна для ковров, синтетических нитей, одежды и геотекстиля. Геотекстильное полотно, возможно, станет изготавливаться полностью из вторичного ПЭТФ при условии обеспечения стабильного качества и гарантированных объемов поставок.

Другие области применения волокна включают изготовление автомобильных комплектующих (ковры, обивка), а также ковровых покрытий для жилых и офисных помещений. Приблизительно 70 % всего вторичного европейского ПЭТФ используется для производства волокон полиэстера. Волокна большого диаметра используются как утеплитель спортивной одежды, спальных мешков и как наполнитель для мягких игрушек. Из волокон меньшего диаметра получают искусственную шерсть, используемую для трикотажных рубашек, свитеров и шарфов. Такие ткани могут содержать до 100 % вторичного материала. Так, для изготовления свитера из искусственной шерсти нужно использовать всего лишь 25 переработанных ПЭТФ-бутылок. (В то же время, как отмечают специалисты, при использовании вторичного ПЭТФ 22 % от его объема теряются на переработке.) Полиэфирные волокна составляют основу баланса текстильного сырья в мире, а основной выпуск полиэфирных волокон в мире обеспечивает Китай. В будущем обе эти тенденции сохранятся.

Выделение отходов ПЭТФ из бытового мусора сложно и экономически неэффективно при существующих системах санитарной очистки городов и населенных пунктов, а также вследствие низкой заготовительной стоимости ПЭТФ-бутылки, не стимулирующей население к сдаче вторичного сырья. Наиболее эффективен раздельный сбор выбывших из употребления изделий полиэтилентерефталата. Этот метод получил широкое распространение за рубежом и начинает развиваться в России. Однако робкие попытки тиражирования технологии раздельного сбора и утилизации твердых бытовых

отходов в России представляют собой еще одну трудноразрешимую проблему, имеющую самостоятельный характер[35].

По имеющимся данным, во всем мире перерабатывается всего 12 % полимерных материалов, используемых для изготовления одежды, поэтому переработка текстиля имеет очень серьезные основания. Однако механические технологии оказались неэффективными, и некоторые ткани, которые можно использовать повторно, обычно переводятся в некачественные изделия, такие как набивки, изоляторы или тряпки[36].

ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

С 2016 г. Минпромторг России оказывает меры поддержки предприятиям легкой промышленности в соответствии с Государственной программой Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (далее — Программа).

Основной задачей Программы является обеспечение реализации инвестиционных проектов по модернизации и созданию новых производств в легкой промышленности, в том числе сохранение и развитие существующих успешных сегментов отрасли, создание условий для частичной локализации производства швейной и обувной продукции, а также поддержка и развитие российских брендов.

Основными результатами реализации Программы будут являться:

- интегрирование предприятий легкой промышленности в мировую систему разделения труда путем содействия реализации ежегодно не менее 5 инвестиционных проектов, обладающих мощным инновационным заделом для повышения отраслевых темпов экономического роста;
- создание технологической цепочки синтетических материалов, в первую очередь производства полиэстеровых волокон и тканей, и содействие сокращению отношения импорта синтетического сырья и материалов на 2 % в 2030 г. (по сравнению с 2019 г.);
- сохранение ежегодного выпуска продукции народных художественных промыслов к 2030 г. в объеме не менее чем на 7,4 млрд руб.;
- увеличение числа субъектов деятельности в области народных художественных промыслов к 2030 г. до 450 единиц;
- увеличение конкурентоспособности российских товаров для детей, достижение доли российских товаров на внутреннем рынке к 2030 г. до 40 % и повышение объемов экспорта более чем в 2,4 раза;

[35] *Марченко А. А.* Проблемы и перспективы использования ПЭТФ-волокон и нитей в текстильной промышленности Российской Федерации // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2014. — №4 (352). — С. 79–82. — URL: https://ttp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/10/352_17.pdf (дата обращения: 09.11.2021).

[36] Carbios получил терефталевую кислоту из текстильных отходов // Plastinfo. — URL: https://plastinfo.ru/information/news/46609_20.11.2020/ (дата обращения: 09.11.2021).

– обеспечение равных условий конкуренции для российских и иностранных производителей и оказание содействия увеличению доли отечественной продукции на внутреннем рынке на 14 % в 2030 г. (по сравнению с 2019 г.);
– обеспечение спроса на качественные и доступные предложения российской и импортной продукции и оказание содействия увеличению доли товаров легкой промышленности в товарной структуре оборота розничной торговли на 30 % к 2030 г. (по сравнению с 2019 г.)[37].

Развитие текстильного производства невозможно без дальнейшего внедрения ресурсосберегающих экологически безопасных технологий. В настоящее время в качестве перспективных технологий можно выделить следующие:

1) ферментативные технологии обработки текстильных материалов различного волокнистого состава;
2) плазменные технологии отделки текстильных материалов;
3) технологии, основанные на использовании сверхкритического углерода;
4) технологии, основанные на использовании ультразвука;
5) технологии отделки текстильных материалов с использованием энергии электромагнитных колебаний ВЧ/СВЧ-диапазона;
6) применение альтернативных текстильных вспомогательных веществ;
7) использование новых методы очистки сточных вод;
8) пенные технологии отделки текстильных материалов[38].

РОЛЬ ОТРАСЛИ В ЭКОНОМИКЕ

Легкая промышленность — одна из ведущих отраслей мирового промышленного комплекса. Легкая промышленность занимает 6 % в мировом валовом продукте. В период с 2010 по 2021 г. товарооборот легкопрома увеличился более чем в 2 раза. Стоит отметить, что за это же время в странах Евросоюза потребление продукции легкой промышленности увеличилось на 90,5 %, в Японии — практически в 3 раза. Если рассматривать место России в мировом рынке, то только 2 % мирового товарооборота занимает российская легкая промышленность.

По данным Euromonitor International, объем мирового рынка легкой промышленности в 2019 г. составил 3 трлн долл. В целом легкая промышленность отличается постоянным экономическим ростом, который непосредственно связан с ростом населения и его покупательной способности.

---

[37] Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» // Гарант : Информационно-правовое обеспечение. — URL: https://base.garant.ru/70643464/ (дата обращения: 09.11.2021).

[38] Производство текстильных изделий (промывка, отбеливание, мерсеризация, крашение текстильных волокон, отбеливание, крашение текстильной продукции) : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям.

На 2021 г. лидерами в легкой промышленности являются страны, где данная отрасль является приоритетной для эффективного развития экономики. К таким странам относятся Китай, страны Южной Америки, Юго-Восточной и Средней Азии. Также необходимо отметить, что с начала XXI в. возникли динамично растущие новые игроки рынка легкой промышленности: страны Азии (Камбоджа, Бангладеш, Вьетнам, Турция, Индия), Африки (Египет), Латинской Америки (Гватемала, Перу, Панама), а также Восточной Европы (Румыния, Польша).

Рассмотрим страны, в которых в 2018 г. в легкую промышленность были вложены инвестиции в наибольшем объеме. На рисунке 33 представлено соотношение инвестиций в легкую промышленность и валовой выпуск продукции.

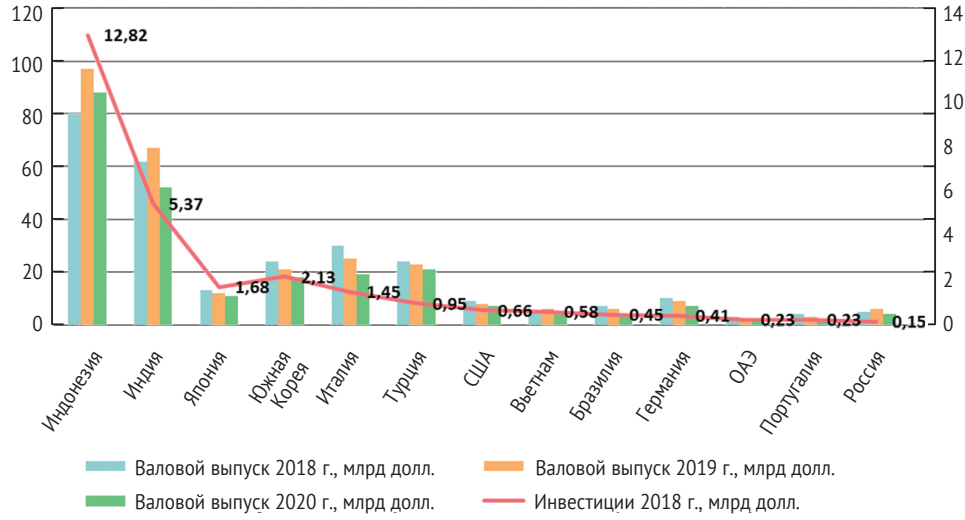


Рис. 33. Соотношение инвестиций в легкую промышленность и валовой выпуск продукции

Исходя из рисунка 33, можно сделать вывод, что Индонезия является лидером по инвестициям в легкую промышленность, соответственно валовой выпуск продукции в Индонезии значительно выше, чем в других странах. В 2019 г. инвестиции в легкую промышленность очень сильно отразились на выпуске продукции — он вырос практически на 20 млрд долл.

Инвестиции не везде оказали положительное влияние на выпуск продукции. В большей части стран в следующие после вложения инвестиций годы валовой выпуск продукции сократился.

Если рассматривать Россию, то в 2018 г. в легкую промышленность было инвестировано 0,15 млрд долл., а валовой выпуск продукции составил 5,39 млрд долл. В 2019 г. валовой выпуск незначительно вырос и составил 5,43 млрд долл., а в 2020 г. сократился до 4,66 млрд долл.

Емкость мирового рынка легкой промышленности, по различным оценкам, составляет 1,1–1,3 трлн долл. (69,3–81,9 трлн руб.). Объем рынка легкой промышленности России в 2018 г. составил 1,8 трлн руб. В стоимостном выражении рынок вырос на 11 % по сравнению с 2017 г. Основным фактором роста стало увеличение импорта на 18 %. По оценкам экспертов, объем незаконного товарооборота в 2018 г. составил приблизительно 30 % от общего объема импорта и производства, оставшись на уровне 2017 г. Доля незаконного товарооборота в общем объеме рынка составляет около 24 %. По оценкам экспертов, емкость рынка легкой промышленности в России в 2019 г. составила около 3 трлн руб., соответственно, доля легкой промышленности в обрабатывающем производстве составила 1,1 %, а серый рынок в легпроме в 2019 г. составил 25 %.

Российский экспорт на мировом рынке крайне мал и составлял 0,08 % в 2009 г. и 0,13 % в 2019 г. И несмотря на прогнозируемый долгосрочный рост, к 2030 г. доля экспорта на мировом рынке составит только 0,19 %. В 2019 г. объем экспорта вырос на 4,5 % по сравнению с 2018 г. и составил 1,5 млрд долл. В основном экспортируют одежду (375 млн долл.) и обувь (231 млн долл.), что в сумме составляет 41,7 % структуры российского экспорта.

Российский импорт текстиля и обуви, по итогам 2019 г., составил 15,1 млрд долл., что на 1,8 % больше, чем в 2018 г. В период 2010–2019 гг. импорт продукции легкой промышленности можно охарактеризовать низкой динамикой со среднегодовыми темпами менее 1 %.

На рисунке 34 представлены результаты анализа экспорта и импорта одежды за 2019 г., по данным сайта Минпромторга России.

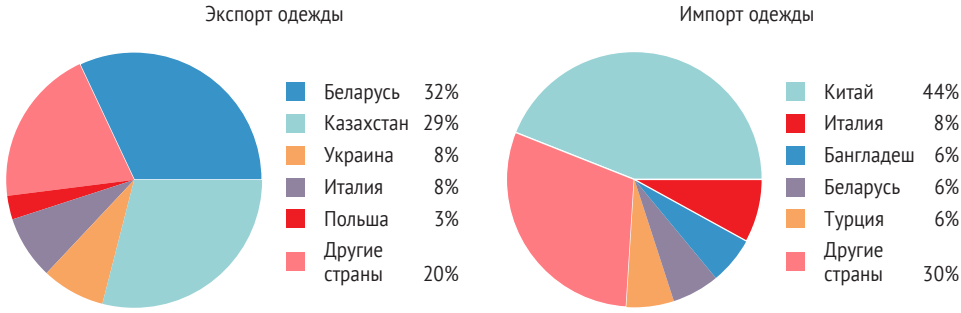


Рис. 34. Направления экспорта и импорта товаров легкой промышленности

По полученным результатам стоит сделать вывод, что основным направлением экспорта одежды являются Казахстан и Беларусь. Основными импортерами одежды являются Китай, Бангладеш. Мировой рынок легкой промышленности растет с каждым годом. Лидерами в данной отрасли являются Китай, страны Южной Америки, страны Юго-Восточной и Средней Азии. Если рассматривать страны по развитости, то развивающие страны с дешевой рабочей силой

активно развивают легкую промышленность, развитые страны импортируют продукцию легкой промышленности, а страны со средним уровнем дохода только частично обеспечивают себя продукцией, но также могут обеспечивать ближайшие регионы. Объем мирового рынка легкой промышленности в 2019 г. составил 3 трлн долл.

Россия на данный момент занимает небольшую долю от объема мирового рынка. Такая ситуация была не всегда, так как 2–3 десятилетия назад легкая промышленность была драйвером развития страны.

В России преобладает импорт над экспортом продукции легкой промышленности. Четверть рынка занимает незаконный товарооборот, что негативно сказывается на состоянии отрасли в стране. Кроме того, отечественный рынок легкой промышленности имеет ряд проблем, связанных с технологической отсталостью от мировых лидеров, низкой инвестиционной привлекательностью, нехваткой высококвалифицированного персонала. Решение этих проблем промышленники видят в оцифровке своих производств. Но самостоятельно они не смогут полностью совершить переход в цифровую среду, поэтому государство предлагает комплекс мер для поддержки отрасли.

В современных условиях легкая промышленность вновь может стать драйвером экономики, что отражено в Программе стратегического развития легкой промышленности РФ до 2025 г. Анализ современного состояния легкой промышленности показал, что она испытывает значительное число проблем, негативно влияющих на ее экономический рост и финансовую устойчивость. В связи с этим необходимо внедрять на предприятиях легкой промышленности цифровые технологии, такие как программное обеспечение для проектирования и моделирования технологического процесса, аддитивные технологии, Big Data и другие[39].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Абдуова А. А.* Экологические аспекты охраны и очистки сточных вод / А. А. Абдуова, В. М. Джанпаизова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2013. — № 6(348). — С. 146–149.
2. *Баранова А. Ф.* Экологические проблемы текстильной промышленности и пути их решения / А. Ф. Баранова, С. Н. Мамедов, И. В. Погодина // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2019. — № 4(382). — С. 170–174.
3. *Белопухов С. Л.* Технологии очистки сточных вод текстильных производств для снижения поступления токсикантов в природные поверхностные воды / С. Л. Белопухов [и др.] // Вестник технологического университета. — 2015. — Т. 18, № 5. — С. 199–204.

[39] *Кожина К. С.* Анализ современного состояния рынка легкой промышленности в мире и России: проблемы и тенденции // Экономические науки. — 2021. — № 198. — С. 61–67.

4. *Бовыкин В. И.* Россия накануне великих свершений / В. И. Бовыкин. — Москва : Наука, 1988. — 328 с.
5. *Бутов А. М.* Рынок продукции текстильного производства / А. М. Бутов. — [Москва] : Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, Институт «Центр развития», 2017. — 62 с. — URL: https://is.gd/Xar8CQ (дата обращения: 09.11.2021).
6. *Васильев А. Н.* Экономические проблемы развития легкой промышленности / А. Н. Васильев. — Москва : Легпромбытиздат, 1988. — 160 с.
7. *Ефимов А. Я.* Очистка сточных вод предприятий легкой промышленности / А. Я. Ефимов, И. М. Таварткиладзе, Л. И. Ткаченко. — Киев : Техника, 1985. — 231 с.
8. *Жариков В. В.* Теория и методология эффективного развития промышленных предприятий в конкурентных условиях / В. В. Жариков [и др.]. — Москва : Машиностроение-1, 2002. — 96 с.
9. *Живетин В. В.* Состояние и перспективы развития текстильной и легкой промышленности / В. В. Живетин // Промышленность России. — 2000. — № 6. — С. 28–36.
10. *Зутис Я. Я.* Всемирная история. Англия в XVIII в. Начало промышленного переворота / Я. Я. Зутис. — Москва : Весь Мир, 2006. — 567 с.
11. *Иванова Л. Н.* Точки роста и драйверы роста: к вопросу о содержании понятий / Л. Н. Иванова, Г. А. Терская // Journal of Institutional Studies (Журнал институциональных исследований). — 2015. — Т. 7, № 2. — С. 120–133. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tochki-rosta-i-drayvery-rosta-k-voprosu-o-soderzhanii-ponyatiy (дата обращения: 09.11.2021).
12. *Иткинд А. Н.* Современное состояние текстильной промышленности России и проблемы ее развития / А. Н. Иткинд, А. С. Смоляков, Ф. Ш. Айсина // Науковедение. — 2010. — № 1(2). — URL: https://naukovedenie.ru/sbornik1/2-23.pdf (дата обращения: 09.11.2021).
13. *Карапетян Д. Т.* Экономическая значимость цифровой экономики // Научный журнал. — 2019. — № 1(35). — С. 54–55. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-razvitiya-tsifrovoy-ekonomiki-v-rossii-1 (дата обращения: 11.11.2021).
14. *Кожина К. С.* Анализ современного состояния рынка легкой промышленности в мире и России: проблемы и тенденции / К. С. Кожина, Т. Ю. Кудрявцева // Экономические науки. — 2021. — № 198. — С. 61–67.
15. *Кричевский Г. Е.* Зеленый текстиль / Г. Е. Кричевский // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). — 2019. — № 1-1. — С. 157–166. — URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41353580_23805367.pdf (дата обращения: 09.11.2021).
16. *Кричевский Г. Е.* Химическая технология текстильных материалов: учебник для вузов : в 3 т. / Г. Е. Кричевский. — Москва : РосЗИТЛП, 2000–2001.
17. *Кутумова Е. О.* Инновационная экономика текстильных предприятий как инструмент снижения энергоемкости валового регионального продукта / Е. О. Кутумова, Е. В. Кутумова, Н. Ю. Матвиевская // Современные наукоемкие технологии (региональное приложение). — 2012. — № 3(29). — С. 33–40. — URL: https://is.gd/i25Oht (дата обращения: 09.11.2021).
18. *Липперт Ю.* История культуры / Ю. Липперт. — 4-е изд. — Санкт-Петербург : Издание Ф. Павленкова, 1899. — 396 с.
19. *Марченко А. А.* Проблемы и перспективы использования ПЭТФ-волокон и нитей в текстильной промышленности Российской Федерации / А. А. Марченко // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2014. — № 4(352). — С. 79–82. — URL: https://ttp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/10/352_17.pdf (дата обращения: 09.11.2021).
20. *Мельцаев И. Г.* Экология. Природопользование и охрана окружающей среды : учебник / И. Г. Мельцаев, А. Ф. Сорокин, А. Ю. Мурзин. — Иваново : Ивановский

государственный энергетический университет им. В. И. Ленина, 2011. — 643 с. — URL: https://studfile.net/preview/1942380/ (дата обращения: 09.11.2021).
21. Обзор текущего состояния рынка хлопчатобумажных тканей в России // Программа развития конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности. — 2015. — 27 окт. — URL: http://russtextile.ru/publishing/obzor-tiekushchiegho-sostoianiia-rynka-khlopchatobumazhnykh-tkaniei-v-rossii (дата обращения: 09.11.2021).
22. *Петров Ю.* Российская экономика в начале XX века / Ю. Петров // Гражданинъ. — 2003. — № 3. — С. 17–22.
23. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» // Гарант : Информационно-правовое обеспечение. — URL: https://base.garant.ru/70643464/ (дата обращения: 09.11.2021).
24. *Прац Э.* Паровые машины : История, описание и приложение их / Э. Прац. — Санкт-Петербург : тип. Эдуарда Праца и К°, 1838. — 234 с.
25. Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 24.09.2009 г. № 853 «Об утверждении Стратегии развития легкой промышленности России на период до 2020 года и Плана мероприятий по ее реализации» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. — URL: https://docs.cntd.ru/document/902178251 (дата обращения: 09.11.2021).
26. Производство текстильных изделий (промывка, отбеливание, мерсеризация, крашение текстильных волокон, отбеливание, крашение текстильной продукции) : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. — URL: https://docs.cntd.ru/document/556173719 (дата обращения: 09.11.2021).
27. Размещение отраслей легкой промышленности. Отрасли легкой промышленности : рефераты // KM.RU. — URL: https://www.km.ru/referats/787A932F913A4454A75103C5CB95E482 (дата обращения: 09.11.2021).
28. *Рычихина Н. С.* Анализ стадий «жизненного цикла» развития текстильной отрасли Ивановской области (Россия) / Н. С. Рычихина // Экономика и банки. — 2013. — № 2. — С. 88–96. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-stadiy-zhiznennogo-tsikla-razvitiya-tekstilnoy-otrasli-ivanovskoy-oblasti-rossiya (дата обращения: 09.11.2021).
29. *Селиванова У. И.* Текстильная отрасль промышленности России: состояние и перспективы развития / У. И. Селиванова // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития. — 2014. — № 7. — С. 59–64.
30. Современные экологические проблемы текстильной технологии / А. А. Трегубова [и др.] // Современные наукоемкие технологии. — 2007. — № 10. — С. 103–104. — URL: https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=25574 (дата обращения: 09.11.2021).
31. *Степанов В. С.* Химическая энергия и эксергия веществ / В. С. Степанов. — Новосибирск : Наука, 1985. — 100 с.
32. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности // Минприроды России. — 2009. — URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/nailuchshie_dostupnye_tekhnologii/spravochnyy_dokument_po_nailuchshim_dostupnym_tekhnologiyam_obespecheniya_energoeffektivnosti_2/ (дата обращения: 23.12.2021).
33. *Тайлор Э. Б.* Первобытная культура / Э. Б. Тайлор. — Москва : Издательство политической литературы, 1989. — 356 с.
34. *Фомченкова Л.* Современные готовые ткани отечественного производства в условиях пандемии / Л. Фомченкова // Легкая промышленность : Курьер. — 2021. — № 2. — С. 44–46. — URL: https://www.lp-magazine.ru/lpmagazine/2021/02/977 (дата обращения: 24.12.2021).
35. *Чакалян В. Г.* Анализ и меры государственной поддержки рынка текстильной промышленности РФ / В. Г. Чакалян // Молодой ученый. — 2017. — № 1(135). — С. 284–288. — URL: https://moluch.ru/archive/135/37897/ (дата обращения: 09.11.2021).

36. *Чешкова А. В.* «Вместо дыр — полиэфир», или Как синтетика заменяет хлопок / А. В. Чешкова // ДИРЕКТОР Иваново. — 2016. — № 3. — С. 46–49. — URL: https://www.isuct.ru/sites/default/files/department/ightu/ightu/16012019/01-03_2016.pdf (дата обращения: 09.11.2021).
37. *Чикалова И. Р.* У истоков социальной политики государств Западной Европы / И. Р. Чикалова // Журнал исследований социальной политики. — 2006. — Т. 4, № 4. — С. 501–524.
38. *Шамян В. Л.* Разработка технологии глубокой очистки сточных вод предприятий хлопчатобумажной промышленности : дис. ... кандидата технических наук / В. Л. Шамян. — Москва, 2000. — 212 с.
39. Эксперты рассказали о перспективах рынка натуральных тканей в России // РИА Новости : Легкая промышленность. — 2020. — 3 марта. — URL: https://ria.ru/20170905/1501810890.html (дата обращения: 09.11.2021).
40. *Ян Вэйфэн.* Управление ресурсным обеспечением текстильных предприятий: организационно-методические проблемы : дис. ... кандидата экономических наук / Ян Вэйфэн. — Иваново, 2004. — 206 с.
41. Carbios получил терефталевую кислоту из текстильных отходов // Plastinfo. — URL: https://plastinfo.ru/information/news/46609_20.11.2020/ (дата обращения: 09.11.2021).
42. *Emsley J.* A Healthy, Wealthy, Sustainable World. — Cambridge (U.K.) : Royal Society of Chemistry, 2010. — 222 p.
43. *harmoniq_app*. Ткани. Хлопок. Часть 1. История // harmoniq_app : Живой журнал. — URL: https://color-harmony.livejournal.com/167382.html (дата обращения: 09.11.2021).
44. *Nikol'skiy B. P.* Chemist Reference Book / B. P. Nikol'skiy [et al.]; ed. by B. P. Nikol'skiy // Data Base: Properties of the Substances: Thermodynamics: Heat Capacity of the Substances [Electronic Resource]. — 2014. — URL: http://www.chemway.ru/bd_chem/tbl_term_cp/w_tbl_term_cp_3.php (дата обращения: 16.07.2014).