

Характерными особенностями начальной стадии развития производства нетканых материалов (примерно с 1950-х гг.) были, с машиностроительной точки зрения, увеличение производительности и рабочей ширины оборудования, а с точки зрения практического применения вырабатываемых материалов – концентрация внимания на замене тканей, в частности прокладочных и санитарно-гигиенического назначения, а также расширение производства иглопробивных напольных покрытий. В то время, как правило, все начиналось с изготовления нетканых материалов и только после этого определялись возможности их наиболее целесообразного практического применения с учетом достигаемых свойств этих материалов и экономической эффективности. В настоящее время подходы к развитию производства нетканых материалов коренным образом изменились, что проявляется в ряде основных тенденций в этой отрасли.

Широкое применение нетканые материалы находят внутри салона автомобиля  
(фото: Messe Frankfurt)



## Современные тенденции развития промышленности нетканых материалов

А. П. Сергеенков, к. т. н.

### 1. Общие направления развития

В настоящее время комплектация производственных поточных линий для изготовления и отделки нетканых материалов все в большей степени определяется возможностями создания и практического применения многофункциональных видов продукции. Об этом свидетельствуют некоторые приведенные ниже примеры из практики:

- фильтровальные материалы, изготовленные из тончайших волокон, наносимых в количестве всего лишь 0,2–5 г/м<sup>2</sup> на подложки из нетканых полотен, способны резко уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу при очистке воздуха и жидкостей. Разработка новых видов фильтровальных нетканых материалов и мембранных систем требуется также для опреснения морской воды, и эта задача становится все более актуальной в связи с ростом потребности в пресной воде;

- большое внимание уделяется разработке новых геотекстильных материалов, предназначенных, в частности, для защиты почв от

эрозии и превращения их в степи, недопущения распространения пустынь и обеспечения нормальных климатических условий в мегаполисах;

- в сфере транспортного строительства постоянно увеличивается доля используемых плоских и объемных нетканых материалов. Они применяются в качестве фильтровальных, амортизирующих и изоляционных материалов, а также объемных наполнителей для обеспечения активной и пассивной защиты водителей и пассажиров;

- растущий дефицит энергии в сочетании с увеличивающейся ее стоимостью требует разработки более эффективных технических решений для изоляции зданий. В этой области все более важную роль играют высокообъемные нетканые материалы, способные обеспечить эффективную защиту от холода и жары, а также аккумулировать тепловую энергию;

- увеличивающиеся во всем мире масштабы инфицирования в больницах обуславливают рост потребности учреждений системы

здравоохранения в одноразовых протирочных салфетках и других гигиенических изделиях;

- частные потребители также постоянно повышают уровень своих требований к чистоте и комфортности окружающей среды. Это сопровождается увеличением потребности в антибактериальных одноразовых салфетках, а также в санитарно-гигиенических изделиях, пригодных для утилизации путем смывания в канализацию.

Основные современные тенденции в области совершенствования оборудования и технологий можно охарактеризовать следующим образом:

- в результате развития все более тесной кооперации и объединения отдельных фирм во всем мире появляются производители и поставщики комплексных поточных линий, позволяющих осуществлять полный цикл производства нетканого материала, начиная от подготовки волокнистого сырья и формирования холста и заканчивая его скреплением и даже отделкой готового полотна;

- при разработке новых и совершенствовании существующих машин и технологий все чаще принимаются во внимание такие глобальные проблемы и задачи, как рост стоимости сырья и энергии, необходимость экономного расходования ресурсов и эффективной вторичной переработки образующихся отходов;

- в производстве и отделке нетканых материалов все более широкое применение находят новые способы обработки материалов, включая лазерные, плазменные и нанотехнологии;

- главным рынком сбыта текстильного оборудования вообще и оборудования для производства нетканых материалов в частности остается Азия с быстро развивающимися в промышленном отношении Китаем и Индией (табл. 1). Еще в 2010 г. в странах Азии было произведено 1,88 млн т нетканых материалов, т. е. больше, чем в Европе и Северной Америке;

- расходы на энергию при изготовлении и отделке нетканых материалов в значительной степени определяют общий уровень производственных затрат. В своих планах по развитию машиностроительные компании уделяют особое внимание повышению эффективности использования потребляемой энергии. Это относится, прежде всего, к сушилкам, установкам для термоскрепления, термофиксации, каширования и нанесения покрытий, каландрам, оборудованию для производства нетканых материалов с применением гидроструйной технологии. К числу эффективных технических решений в области экономии энергии при сушке и термоскреплении нетканых и других материалов относится, в частности, использование энергии отработанного технологического воздуха для получения электроэнергии с помощью газовых турбин.

Таблица 1. Объемы производства нетканых материалов в Китае и Индии (тыс. т) в 1990–2017 гг. [1]

Год	Китай	Индия
1990	100	18
2012	2000	222
2017 (прогноз)	3000	500

Развивающийся во всем мире быстрыми темпами рынок нетканых материалов предъявляет все более высокие требования к качеству и экономичности продукции, используемой в конкретных областях потребления, что, в свою очередь, стимулирует разработку новых и непрерывное совершенствование традиционных технологий изготовления нетканых материалов и изделий из них (табл. 2).

## 2. Возможности инновационного развития основных технологий производства нетканых материалов

Ниже рассмотрены актуальные тенденции развития некоторых распространенных технологий производства нетканых материалов. Среди них следует отметить нетканые материалы, изготавливаемые на основе формируемых «мокрым» способом волокнистых холстов, интерес к которым в последние годы особенно резко вырос. Причины такого роста заключаются в относительно простой конструкции производственных установок, возможности переработки широкого спектра химических, натуральных, минеральных и других волокон и связанном с этим расширении областей применения получаемых материалов, прежде всего технического назначения.

### 2.1. Технология эйрлейд (airlaid)

В точки зрения возможностей выбора перерабатываемого сырья, гибкость технологии эйрлейд, основанной, как известно, на аэродина-

мическом формировании холстов, состоящих из слоев волокон и (или) сыпучих материалов, открывает широкие перспективы для изготовления высококачественных нетканых материалов, в частности технического назначения. При внесении соответствующих изменений в конструкцию слоеформирующей системы установки, работающие с использованием технологии эйрлейд, могут применяться также для переработки вторичных волокон, натуральных волокон (например, полученных из крапивы), специальным образом подготовленных отходов кожи, крошки из отслуживших свой срок покрышек, металлических, базальтовых, стеклянных и углеродных волокон. В перспективе, с точки зрения используемого сырья, технического оснащения и областей применения получаемых нетканых и композиционных материалов, просматриваются возможности дальнейшего развития этой технологии в нескольких направлениях, в числе которых:

- применение синтетических волокон увеличенной длины или волокон, обладающих специфическими свойствами, например электропроводимостью;

- использование новых видов элементов структуры вырабатываемых полотен, таких как скрепленные струями воды холсты из бесконечных волокон, пленки с фибриллярной структурой, материалы, полученные с применением технологии мелт-блаун;

- увеличение в структуре изготавливаемых композиционных материалов количества элементов, обладающих в том числе противоположными, на первый взгляд, функциональными свойствами, например влагопоглощением и влаготталкиванием;

- увеличение скоростей выпуска материалов путем комбинирования технологии эйрлейд с технологиями фильерного формирования во-

Таблица 2. Изменения в области производства нетканых материалов в 1990–2015 гг.

Показатель	1990	2000	2015
Волокнистое сырье	Волокна из вискозы, ПЭ и ПЭТ	Волокна из вискозы, ПЭ, ПЭТ и ПП, бикомпонентные и расщепляемые волокна	Волокна из ПЭТ и ПП, вискозные и минеральные, бикомпонентные и расщепляемые волокна, целлюлозная пульпа и холсты из непрерывных волокон
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	10–50	20–500	10–1000
Скорость выпуска, м/мин	10–50	До 400	До 800

Примечание. ПЭ – полиэтилен; ПП – полипропилен; ПЭТ – полиэтилентерефталат.

локнистых холстов или скрепления холстов струями воды;

- расширение диапазона варьирования поверхностной плотности вырабатываемых материалов до значений 10–1000 г/м<sup>2</sup>.

## 2.2. Технология спанбонд (spunbond)

Основные перспективы развития технологии спанбонд, заключающейся в изготовлении нетканых материалов на основе холстов, формируемых фильерным способом из непрерывных волокон, связаны с такими ее возможностями, как:

- повышение производительности за счет увеличения рабочей ширины установок и числа прядильных балок в одной установке;

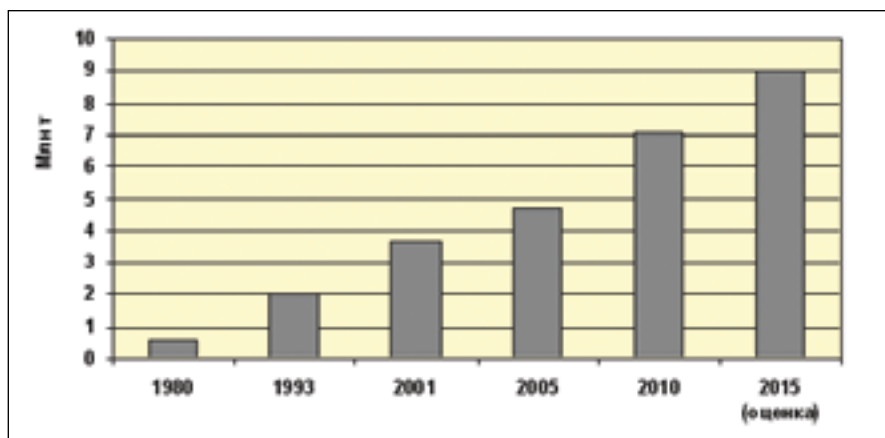
- повышение технологической гибкости в плане ускорения переналадки на переработку полимера другого вида, расширения диапазона варьирования линейной плотности формируемых филаментов, поверхностной плотности формируемого волокнистого холста и изменения рабочей ширины;

- расширение возможностей производства многослойных материалов, содержащих слои из полимеров разных видов или филаментов разной линейной плотности, путем введения между слоями из непрерывных волокон дополнительных функциональных слоев, получаемых по технологии мелтблаун, формируемых из целлюлозной пульпы и т. д.;

- снижение расхода исходного сырья за счет формирования волокнистого холста из более тонких филаментов при сохранении требуемых свойств готового нетканого материала; одновременно это обеспечивает возможность уменьшения стоимости выпускаемой продукции, так как около 85 % ее себестоимости приходится именно на сырье.

## 2.3. Иглопробивная технология

К перечню основных преимуществ иглопробивной технологии, наряду с высокой производительностью оборудования, сравнительно низкими энергозатратами и достаточно простым управлением производственными установками относится большое многообразие



Объемы мирового производства нетканых материалов на основе волокнистых холстов, скрепленных гидроструйным способом, в 1980–2015 гг. [1]

практического применения, которое проявляется в возможности:

- переработки широкого спектра волокон, включая восстановленные, минеральные, арамидные, а также непрерывные (формуемые фильерным способом) волокна и расщепляемые пленки;

- изготовления нетканых материалов с широким диапазоном варьирования поверхностной плотности – от 30 до 3000 г/м<sup>2</sup>;

- структурирования поверхности вырабатываемых полотен с приданием им велуро- или вельветоподобного вида или с образованием рисунков самого разнообразного вида;

- достаточно простого соединения нескольких плоских текстильных полотен при включении между ними функциональных слоев из нетекстильных материалов, таких как песок, глина (геотекстильные полотна) или активированный уголь (фильтровальные полотна);

- перфорирования плоских текстильных или нетекстильных полотен;

- закрепления волокнистых холстов на текстильных или нетекстильных армирующих, функциональных или несущих полотнах;

- дополнительной обработки иглопрокалыванием тканей или вязаных полотен с целью уплотнения их внутренней структуры или целенаправленного изменения поверхностной структуры; такой подход может применяться, в частности, вместо традиционного ворсования для создания ворсового слоя;

- закрепления нитей, волокон, лент и других дополнительных элементов, наложенных особым обра-

зом на поверхность предварительно изготовленных текстильных полотен, с образованием разнообразных узоров и рисунков;

- последовательного соединения двух и более текстильных или нетекстильных полотен как альтернативы сшиванию или простегиванию.

Техническое совершенствование иглопробивных машин – в частности, горизонтальное перемещение игл в процессе прокалывания материала или оптимизированная с помощью специальных компьютерных программ установка игл в игольной доске – способствует дальнейшему повышению производительности иглопробивных поточных линий при одновременном улучшении внешнего вида и структурных параметров вырабатываемых полотен. Применение более тонких игл (до 46 гейч) открывает возможности для эффективного скрепления холстов, сформированных из особо тонких волокон, и изготовления нетканых материалов с более низкой поверхностной плотностью, что позволяет находить для них новые области применения и повышать технико-экономические показатели производства.

## 2.4. Технология гидроструйного скрепления

Технология скрепления волокнистых холстов путем перепутывания волокон струями воды (гидроструйного скрепления) развивается в настоящее время наиболее быстрыми темпами и в количественном, и в качественном, и в ассортиментном отношении (см. рисунок).

Гидроструйным способом могут скрепляться волокнистые холсты,



формируемые механическим, фильерным, аэродинамическим и даже «мокрым» (бумагоделательным) способами. Применение новых видов волокнистых материалов, в том числе из минеральных и натуральных волокон, способствует дальнейшему расширению областей их применения, включая технические области. К другим важным тенденциям развития в этом направлении относятся разработка энергосберегающих методов сушки, целенаправленное создание сопловых планок и перфорированных лент с целью получения материалов с требуемыми рисунчатými эффектами, а также материалов трехмерной структуры, совершенствования технологий холстоформирования и отделки нетканых материалов для приведения их в соответствие с высокими скоростями работы гидроструйных установок.

По мере повышения давления струй воды и увеличения рабочих скоростей гидроструйных установок они становятся все в большей степени подходящими для скрепления

холстов, формируемых фильерным способом из непрерывных волокон. Важными преимуществами такого комбинирования технологий формирования и скрепления волокнистых холстов, обозначаемых термином спанлейс (spunlace), являются:

- высокая прочность при растяжении, мягкий гриф и увеличенная толщина получаемых нетканых материалов;
- возможность изготовления многослойных материалов, содержащих наряду со слоем бесконечных волокон также холст из штапельных волокон, слой целлюлозной пульпы и т. д.;
- возможность перфорирования или структурирования вырабатываемых полотен во время или после стадии скрепления.

### **3. Тенденции развития в области заключительной обработки нетканых материалов**

К материалам технического назначения могут относиться текстильные материалы, вырабатываемые любыми способами, в том числе

и нетканые. Материалы технического назначения разрабатываются, изготавливаются и используются исключительно с учетом обеспечения соответствия их функциональных свойств конкретным областям применения. Более 60 % текстильных материалов технического назначения после их изготовления и сматывания в рулоны подвергаются различным видам заключительной обработки и лишь после этого используются по назначению. Многообразные способы и режимы заключительной обработки открывают широкие возможности для превращения текстильных материалов в разнообразные по размерам и форме изделия для технических областей применения.

Тенденции развития в сфере заключительной обработки технических текстильных материалов определяются общими направлениями развития соответствующих отраслей промышленности, в числе которых:

- применение новых видов волокон и текстильных полотен новых структур, содержащих зачастую не-

текстильные компоненты, такие как полимерные пленки или покрытия;

- удовлетворение новых и (или) комбинации нескольких требований к функциональным свойствам текстильных материалов или изготавливаемых из них изделий;

- создание изделий особой формы или со специфическими размерами;

- разработка и внедрение новых методов испытаний для проверки качества и функциональных свойств материалов и изделий;

- повышение ценности изделий с помощью, в частности, более тщательной проработки их цветового и дизайнерского оформления.

Заключительная обработка технических текстильных материалов – по аналогии с производством одежды – включает в себя раскрой полотен на заготовки и их последующее соединение с добавлением, зачастую, других текстильных или нетекстильных функциональных элементов; в результате создаются готовые изделия для конкретных областей применения. Соединение отдельных заготовок может осуществляться путем сшивания, с помощью клеящих веществ или растворителей, методом сварки с применением нагретого клина, ультразвука, токов высокой частоты, нагретых газов или лазерного излучения. Герметичность швов, обеспечиваемая за счет применения сварки, является важным функциональным свойством для многих видов изделий технического назначения, включая защитную одежду, гидроизоляционные материалы для полигонов для захоронения отходов, наполняемые воздухом оболочки, палатки, фильтры и др. При изготовлении таких изделий применяются высокоэффективные

сварочные машины с различным принципом действия, которые обеспечивают соединение отдельных заготовок, содержащих термопластичные компоненты.

#### 4. Автоматизация процессов непрерывного контроля и регулирования

Высокие скорости работы оборудования, низкие поверхностные плотности и ценное сырье, используемое для производства высококачественных нетканых материалов, обуславливают необходимость разработки и применения все более эффективных, интегрированных в поточные линии инспекционных систем для быстрой оценки свойств вырабатываемых материалов, выявления дефектов и нарушений, а также для соответствующей автоматизированной корректировки параметров технологического процесса. Благодаря высокому уровню автоматизации подобные инспекционные системы способны приносить большую пользу при минимальных расходах на персонал. Они надежно обеспечивают высокое качество продукции, а также высокую эффективность и гибкость производственных процессов при изготовлении ориентированной на потребности рынка продукции.

#### 5. Перспективные возможности ресурсосбережения

Нетканые материалы открывают новые возможности для решения глобальных проблем, связанных с изменением климата, использованием местных сырьевых ресурсов и обеспечением их воспроизводимости. Красной нитью через все этапы жизненного цикла нетканых материалов, начиная от использу-

емого для их изготовления сырья и заканчивая утилизацией бывших в употреблении изделий, проходит тема ресурсосбережения (табл. 3). Активная деятельность ведущих мировых компаний в этом направлении уже позволила добиться значительных успехов. Так, например, немецким машиностроительным компаниям удалось за последние 10 лет на 27 % сократить потребление энергии на всех этапах процесса производства нетканых материалов с применением гидроструйной технологии. За это же время энергопотребление на стадии гидроскрепления волокнистых холстов уменьшилось на 38 %, а на последующей стадии сушки – на 34 % [2].

Отдельно следует отметить новые технико-технологические решения в области комбинирования различных способов формирования и скрепления волокнистых холстов, дополнительной обработки и отделки нетканых материалов, а также создания современных малых установок для выработки пользующихся ограниченным спросом видов продукции.

Все большее внимание в отношении ресурсосбережения уделяется более экономному расходованию воды – одному из важнейших и незаменимых (и не только в технологии нетканых материалов), но одновременно не воспроизводимых с точки зрения имеющихся на Земле ее объемов ресурсов. Мировые запасы воды на 9 % состоят из пресной и на 91 % – из соленой воды. При этом количество пресной воды постоянно уменьшается в связи с изменением климата на планете.

С 1950 г. численность населения Земли увеличилась втрое, а потребность в воде – в шесть раз. Согласно не самым лучшим сценариям

Таблица 3. Перспективные возможности экономии ресурсов на разных стадиях жизненного цикла нетканых материалов [3]

Стадия жизненного цикла	Возможности сокращения потребления ресурсов
Выбор волокнистого сырья	Использование волокон, требующих наименьших затрат сырья, оказывающих минимальное негативное воздействие на почву и водные ресурсы; уменьшение эмиссии и содержания вредных веществ; беспрепятственная переработка восстановленных и вторичных волокон
Изготовление, отделка и заключительная обработка нетканых материалов	Уменьшение потребления энергии, воды и волокнистого сырья; сокращение количества образующихся отходов
Использование нетканых материалов	Увеличение сроков службы; использование эффектов, способствующих охране окружающей среды; реализация мер по защите жизни людей и предотвращению вреда для природы
Утилизация нетканых материалов	Экономически эффективная и экологически безопасная вторичная переработка, сжигание, компостирование; многократное использование
Разработка новых нетканых материалов	Целенаправленное создание нетканых материалов технического назначения, например, для защиты почвы от эрозии, ирригации, использования солнечной энергии, изоляции, а также материалов сельскохозяйственного назначения

международного развития вода может стать предметом торговли и вложения капиталов.

Учитывая эти обстоятельства, машиностроительные компании предпринимают значительные усилия для снижения расхода воды, применяемой в процессах скрепления холстов, отделки и очистки (табл. 4). Для этой цели разрабатываются системы циркуляции, очистки и вторичного использования воды. Касательно разработки текстильных и, в частности, нетканых материалов технического назначения речь идет о создании изделий с функциональными свойствами, обеспечивающими возможности орошения, фильтрации, уменьшения испарения, накопления и передачи дождевой воды.

Таблица 4. Потребление воды  $Q$  ( $\text{м}^3$ ) на производство 1 т волокон различной природы и (для сравнения) некоторых продуктов питания [1]

Вид продукции	$Q, \text{м}^3/\text{т}$
<b>Волокна</b>	
Хлопковые	5800
Вискозные	400
Полиэтилентерефталатные	0,1
Полипропиленовые	0,06
<b>Продукты питания</b>	
Пшеница	1300
Говядина	15 500

Еще примерно с 1960 г., когда в промышленных масштабах на рынке появились химические волокна, сохраняет свою актуальность задача производства нетканых материалов с более низкими затратами энергии и волокнистого сырья по сравнению с традиционными технологиями ткачества и вязания, что на определенном этапе развития потребовало разработки новых методов вторичной переработки нетканых материалов и специального оборудования для переработки специфических видов отходов. Дело в том, что промышленность нетканых материалов в настоящее время является главным потребителем восстановленных волокон, так как существующие технологии формирования и скрепления волокнистых холстов позволяют успешно перерабатывать такие волокна, характеризующиеся большим разбросом значений длины и линейной плотности. Тем не менее такое широкое применение восстановленных во-

локон в производстве нетканых материалов ограничивается, главным образом, волокнами, получаемыми путем разволокнения промышленных текстильных отходов. В последние 20 лет к ним в возрастающих количествах добавляются волокна, изготавливаемые методом экструзии из вторичных гранулятов. Вторичные грануляты, в свою очередь, производятся из промышленных полимерных отходов или бывших в употреблении полимерных изделий.

С точки зрения конструкции используемого оборудования, в области вторичной переработки текстильных материалов наблюдается тенденция перехода к созданию специализированных установок для специфических видов отходов, в том числе поступающих из других отраслей промышленности. Важной целью при этом зачастую является выделение ценных с экономической или функциональной точки зрения волокнистых компонентов из отходов, содержащих волокна в смеси с полимерными или иными компонентами. В этих случаях могут оказаться эффективными малые производственные установки для переработки текстильных отходов, имеющие относительно низкую производительность. Примерами НИР и ОКР в целях практического применения этих методов могут служить, в частности, работы в области получения вторичных углеродных волокон (институт STFI Chemnitz, Германия) или полиэфирных волокон путем вторичной переработки тканей, состоящих из смеси полиэфирных и хлопковых волокон (ITV Denkendorf, Германия). Важное значение имеет также целенаправленная разработка структур текстильных материалов с учетом минимизации числа содержащихся в них разных волокнистых компонентов или возможности эффективного разделения компонентов композиционных нетканых материалов.

### 6. Industrie 4.0 и дальнейшее развитие промышленности нетканых материалов

В соответствии с рассчитанным на перспективу сценарием так называемой «4-й промышленной революции» Industrie 4.0 управляемое с помощью специально разра-

батываемых программных продуктов машины и поточные линии будут подключаться к всемирной паутине. Интеллектуальные и взаимосвязанные производственные ресурсы и выпускаемые виды продукции позволяют в любой момент времени получать актуальное детализированное представление о производственном процессе. Непредусмотренные события – изменение свойств изготавливаемого материала на работающей производственной установке, останки машины и т. п. – автоматически регистрируются. Интеллектуальная система планирования и управления самостоятельно вносит необходимые коррективы. В этом случае особенно важное значение приобретает разработка эффективных систем защиты от атак хакеров на базы данных и средства коммуникации.

В заключение следует добавить, что все рассмотренные выше аспекты настоящего и перспективного развития промышленности нетканых материалов нашли отражение в тематике и экспозиции крупнейшей выставки в области текстильного машиностроения – ITMA-2015 (12–19.11.2015, Милан).

### Литература

1. Einblicke in die Vliesstoffwelt vor der Mailander ITMA // Allgemeiner Vliesstoff-Report. 2015. № 5. S. 16–19, 110.
2. Nachhaltige Vliesstoffe durch innovative Produktionsverfahren // Allgemeiner Vliesstoff-Report. 2015. № 5. S. 126–127
3. Before the ITMA – a look at the world of nonwovens // Allgemeiner Vliesstoff-Report. 2015. № 5. S. 112–115

### Modern Trends of Development of Nonwoven Fabrics Industry

A. P. Sergeevkov

*At an initial stage of development of nonwoven fabrics industry everything began with development and production of nonwoven fabrics and only after that possibilities of their most expedient practical application were defined with the reached properties of these materials and economic efficiency. Now approaches to development of nonwoven fabrics production radically changed that is shown in a number of the main tendencies in this branch.*