

жет изменяться на разных предприятиях в зависимости от номенклатуры выпускаемой продукции.

На основании классификатора выпускаемой продукции упрощается проблема создания комплексных 3D-моделей технологической и инструментальной оснастки. Число данных моделей будет напрямую зависеть от количества классов выпускаемой продукции (например, штампы, пресс-формы и др.). Под комплексной моделью подразумевается модель изделия конкретного вида, состоящая из наиболее полного числа деталей (комплектующих) [3]. Наличие комплексных моделей значительно сокращаются сроки проектирования и нормирования технологических процессов.

Кроме того, в ходе разработки технологических процессов изготовления деталей был произведен анализ всех составляющих узлов для сопоставления существующим и уже проработанным изделиям в базе данных и наличия аналогичных деталей в других изделиях. В то же время в ходе работы технологу даются «подсказки» по возможному выбору наиболее близких по входящим параметрам деталей с проработанными и нормированными технологическими

Получено 02.10.2015

процессами. Возможен также подбор инструмента из числа стандартного или используемого на предприятии.

Реализация изложенного выше должна дать солидное конкурентное преимущество благодаря резкому сокращению времени на подготовку производства и ускорению процесса предварительного ценообразования.

#### Библиографические ссылки

1. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов : учебник для вузов по спец. «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» / С. Н. Корчак, А. А. Кошин, А. Г. Ракович, Б. И. Сеницын ; под общ. ред. С. Н. Корчака. – М. : Машиностроение, 1988. – 352 с. : ил.

2. Кузультинов С. Д., Хисамутдинов Р. М. Разработка системы создания и эксплуатации инструмента для крупных машиностроительных предприятий на примере ОАО «КамАЗ» // *Металлообработка*. – 2013. – № 5-6. – С. 59–62.

3. Аверченков В. И., Казаков Ю. М. Автоматизация проектирования технологических процессов : учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., стер. – М. : ФЛИНТА, 2011. – 229 с.

УДК 67.05

**В. М. Святский**, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

**М. А. Святский**, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

**Б. А. Сентяков**, доктор технических наук, профессор, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

**К. Б. Сентяков**, кандидат технических наук, доцент, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

**С. А. Гараев**, студент, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ХОЛСТОВ ИЗ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

**И**зделия из синтетических и минеральных волокнистых материалов используются в машиностроении, теплоэнергетике и строительстве в качестве средств тепловой защиты, фильтров и сорбентов. Например, холсты из полиэтилентерефталатного (ПЭТ) волокна, получаемые экструзионно-дутьевым способом из вторичного сырья, рационально использовать в качестве сорбента для сбора нефтепродуктов с водных поверхностей [1]. Актуальной задачей при производстве таких холстов является обеспечение требуемой формы, а именно – заданной толщины холста в различных его сечениях. В соответствии с техническими условиями на такие изделия толщина холста в поперечном направлении не должна изменяться более чем на 10 %.

Схема установки для получения холстов из ПЭТ-волокна экструзионно-дутьевым способом приведена на рис. 1.

Установка содержит экструдер 1, необходимый для плавления ПЭТ-сырья, раздувочный механизм со щелевым соплом 2, который необходим для рас-

щепления струи расплавленного полимера 3 потоком сжатого воздуха на элементарные (штапельные) волокна, которые осаждаются на конвейере 4, образуя готовое термоскрепленное изделие в виде холста 5.

Кроме перечисленных элементов установка содержит автоматическую систему нагрева и поддержания необходимой температуры рабочих элементов экструдера – цилиндра и шнека, устройство регулирования скорости движения сетки конвейера, а также компрессор для получения сжатого воздуха и питания раздувочного механизма [2].

Раздувочный механизм содержит цилиндрический корпус, в котором выполнено горизонтальное щелевое сопло 6. Цилиндрический корпус расположен на подвижной плите 7, имеющей возможность качаться вокруг оси 8 на угол  $\alpha$  от 5 до 25°. В качестве привода используется мотор-редуктор 10, который качает подвижную плиту 7 через эксцентрик 9.

Ленточный конвейер содержит барабаны 11, оси которых расположены в жестко закрепленных под-

шипниковых опорах на металлической раме. С левой стороны на конвейере расположен ведущий барабан, который приводится в движение при помощи электродвигателя через редуктор 12, и ременный механизм. Угол наклона  $\beta$  приемной поверхности может изменяться от 0 до  $60^\circ$ .

родвигателя через редуктор 12, и ременный механизм. Угол наклона  $\beta$  приемной поверхности может изменяться от 0 до  $60^\circ$ .

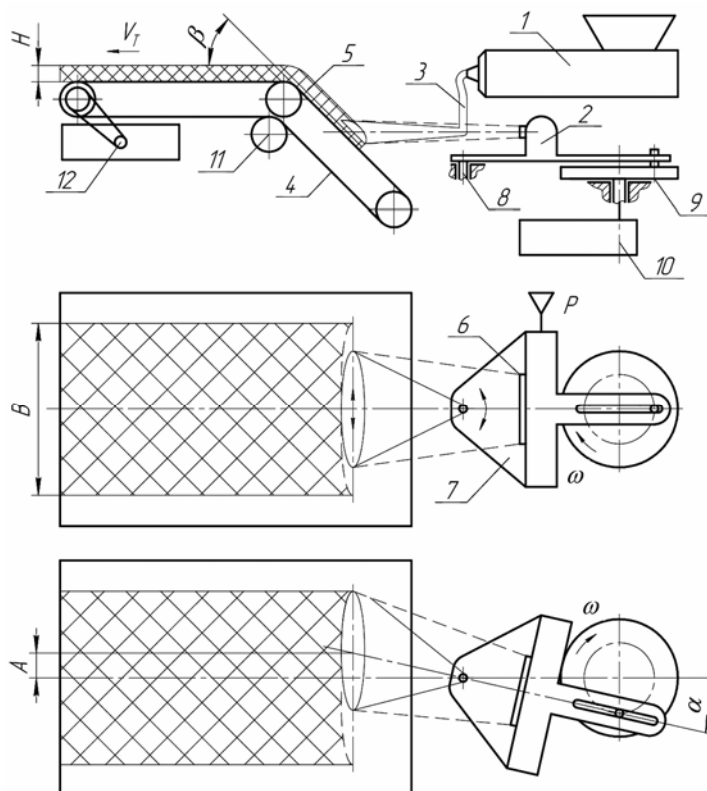


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для производства термоскрепленных изделий из полимерных волокнистых материалов экструзионно-дутьевым способом

На установке выполнено экспериментальное исследование процесса волокнообразования и получения термоскрепленных волокнистых материалов. Целью исследования было определение рациональных режимов получения волокнистых материалов с требуемыми характеристиками.

В ходе эксперимента получены образцы термоскрепленных изделий в виде холстов шириной  $B = 500$  мм и длиной 1720 мм. Скорость движения сетки приемного транспортера, которая имела угол наклона к направлению движения элементарных волокон  $\beta = 45^\circ$ , составляла  $V_T = 0,013$  м/с. Температура струи расплавленного сырья на выходе из сопла экструдера, определенная по температуре корпуса этого сопла, составила  $250^\circ\text{C}$ .

Среди прочих получены экспериментальные данные, определяющие одну из важнейших характеристик качества холстов, – изменение его толщины в поперечном направлении. Измерение толщины холстов выполнялось в соответствии с ГОСТ 17177-94 «Материалы и изделия строительные. Методы испытаний». Толщина холстов измерялась в пяти различных сечениях через каждые 400 мм по их длине. Результаты измерений представлены на рис. 2.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что по ширине холста его толщина изменяется регулярно: вблизи краев, на расстояниях 50-100 мм от

кромки, средняя по сечениям толщина холста уменьшается от 18-14 мм до нуля. В средней части холста его толщина оказывается на 4-6 мм меньше, чем на расстояниях, равных 100 мм от кромки. Такое отклонение превышает допустимые 10 %.

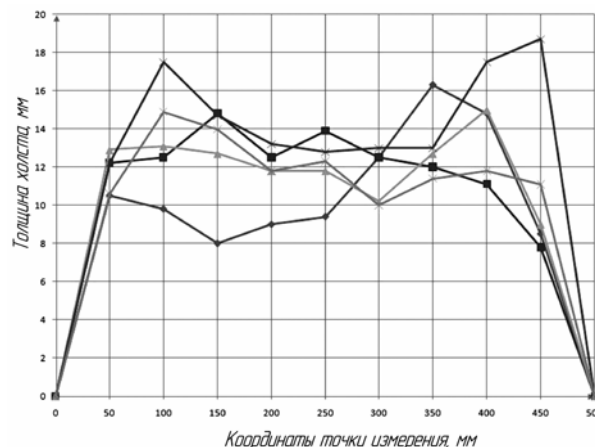


Рис. 2. Результаты измерения толщины холста

Основной причиной неравномерности толщины  $H$  холста является неравномерность скорости относительного движения зоны распределения волокнистого материала волоконесущего потока по поверхно-

сти приемного конвейера (далее просто «пятна» наносимого материала). Толщина холста при этом обратно пропорциональна этой скорости. Относительное движение «пятна» наносимого материала имеет две составляющие (см. рис. 1):

– продольное равномерное движение транспортера с постоянной скоростью  $V_T$ ;

– поперечное колебательное движение с амплитудой  $A$ , вызванное качанием раздувочного сопла на угол  $\alpha$ .

Тогда параметрический закон этого движения будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} x(t) = V_T t, \\ y(t) = A \cdot \sin(\omega t), \end{cases} \quad (1)$$

где  $x(t)$  – закон изменения продольной координаты;  $y(t)$  – закон изменения поперечной координаты;  $\omega$  – угловая скорость вращения эксцентрика  $\varrho$  (см. рис. 1);  $t$  – параметр-время.

Или, переходя к явно выраженной функции (рис. 3):

$$y(x) = A \cdot \sin\left(\frac{\omega}{V_x} x\right). \quad (2)$$

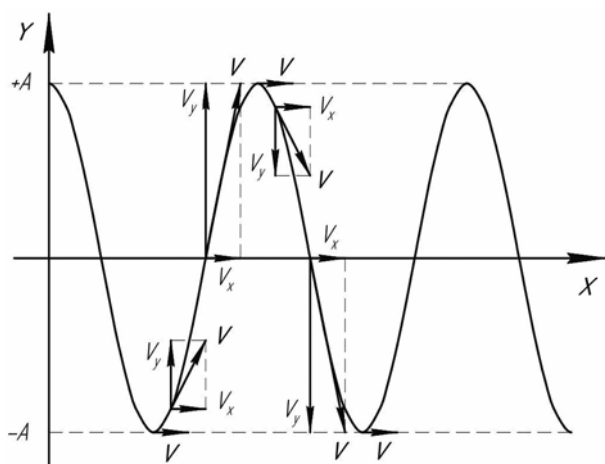


Рис. 3. Траектория относительного движения «пятна» наносимого материала и составляющие его скорости

Скорость же относительного движения «пятна» по сетке транспортера будет являться геометрической суммой векторов продольной и поперечной ее составляющих (3). Эти составляющие есть производные соответствующих функций (1):

$$\begin{cases} x(t) = V_T, \\ V_y(t) = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t). \end{cases} \quad (3)$$

Результирующий вектор скорости  $V$  (рис. 3) оказывается наименьшим на периферии холста, когда составляющая  $V_y = 0$ , и наибольшим в середине холста, когда  $V_y = A\omega$ . Составляющая  $V_x$  при этом всегда постоянна.

Как уже отмечалось, толщина холста обратно пропорциональна модулю результирующей скорости, что объясняет утолщение его на периферийных участках.

В таком виде (рис. 4) расчетная модель, не учитывая геометрические размеры самого «пятна» наносимого материала, не вполне согласуется с экспериментальными данными (см. рис. 2). Кроме того, остается не определена функция высоты холста на периферийных участках шириной 100 мм от левого и правого края.

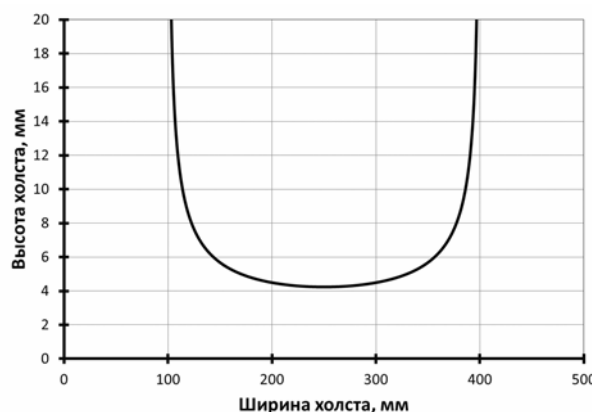


Рис. 4. Результат моделирования высоты холста без учета «пятна» наносимого материала

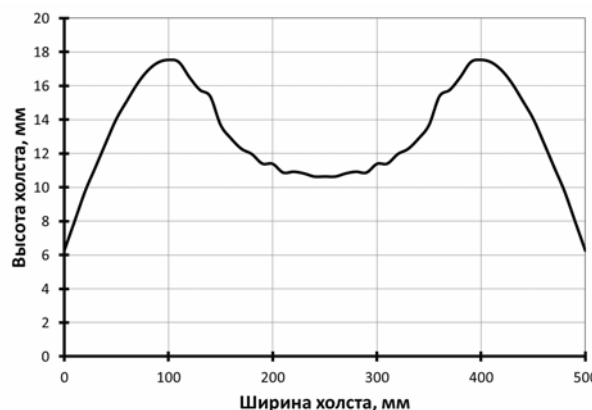


Рис. 5. Результат моделирования высоты холста с учетом «пятна» наносимого материала

В связи с этим фактор «пятна» был учтен следующим образом. Геометрическая форма «пятна» принята эллипсом с большей полуосью вдоль поперечного направления холста (см. рис. 1). «Пятно» имеет толщину, уменьшающуюся от его центра к краям по эллиптическому закону. Вместе с этим учтено частичное неоднократное наложение «пятна» на самого себя при его челночном движении в поперечном направлении.

Уточненная модель (см. рис. 5) адекватно описывает распределение высоты холста по его ширине и может быть применена в дальнейших проектах по совершенствованию эксплуатационных характеристик холстов из волокнистых материалов.

**Библиографические ссылки**

1. Процессы получения и практического использования полиэтилентерефталатного волокна из вторичного сырья : монография / Б. А. Сентяков, К. П. Ширококов, В. М.

Получено 19.02.15

Святский, М. А. Святский, К. А. Фонарева. – Старый Оскол : Тонкие наукоемкие технологии, 2014. – 152 с.

2. Святский В. М., Святский М. А., Сентяков Б. А. Методика расчета электронагревательных элементов для плавления полимерного сырья // Интеллектуальные системы в производстве. – 2011. – № 2. – С. 159–163.

УДК 621.28

Д. М. Цимберов, кандидат военных наук, доцент, Пермский военный институт ВВ МВД России  
А. М. Магамедов, соискатель, Пермский военный институт ВВ МВД России

## МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ СБОРКОЙ ВАЛОПРОВОДА С УЧЕТОМ РАЗНОХАРАКТЕРНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ АГРЕГАТОВ

**В** настоящее время строительство и эксплуатация газоперекачивающих трубопроводов является перспективной бурно развивающейся отраслью. Сеть трубопроводов охватывает всю Россию и выходит далеко за ее пределы. Так, на рынок в России приходят фирмы Siemens, GE, МНН и др., которые участвуют в строительстве газопроводов.

Однако в 2011-2012 гг. на ряде предприятий возникли определенные сложности с вводом в строй, эксплуатацией и ремонтом промышленных агрегатов. Анализ недостаточного качества сборки перекачивающих станций показал, что одним из самых проблемных узлов является валопровод [1].

Валопровод – это система, состоящая из последовательно соединенных роторов, снабженных собственными опорами или подвешенными к опорным роторам (рис. 1) [2].

Анализ научных разработок изучаемого вопроса показал, что над этой проблематикой работали уче-

ные. Так, Белобородов С. М. разработал методологию обеспечения динамической устойчивости валопроводов высокоскоростных газотурбинных агрегатов на основе применения адаптивной сборки [3]. Долгов В. А. показал пути повышения производительности производственных участков в многоменклатурном производстве путем адаптации технологических процессов изготовления установленной программы деталей к их текущему состоянию [4]. Шайхудинов А. З. показал пути повышения энергетических показателей проточных частей нагнетателей газоперекачивающих агрегатов [5]. Значительный вклад в теорию и практику этого вопроса внесли Базаров Б. М., Безъязычный В. Ф., Непомилуев В. В., Макаров В. Ф.

На основе проведенного анализа предлагается при сборке валопроводов учитывать ряд факторов, влияющих на технологический процесс сборки (табл. 1).

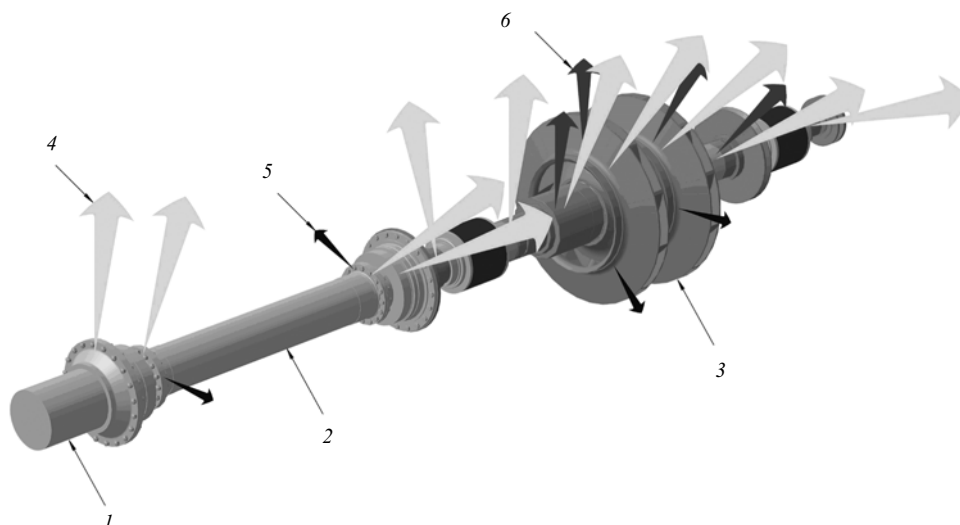


Рис. 1. Общая схема валопровода: 1 – вал силовой турбины; 2 – трансмиссия; 3 – ротор компрессора; 4 – монтажные, 5 – остаточные, 6 – локальные дисбалансы