

Моделирование движения воздушного потока в рапирах пневморэпирного станка в программной среде SolidWorks

Ашот Папоян, Вардуи Мурадян

Гюмрийский Филиал Национального Политехнического Университета Армении, Гюмри, Армения
gyumri@seua.am

Аннотация – В статье приводится задача 3D моделирования процесса движения воздуха в рапирах пневморэпирного ткацкого станка модели АТПР в программной среде SolidWorks. Предложенный метод позволяет исследовать условия движения воздушной струи через каналы рапир и оптимизировать их конструкцию, улучшая условия и качество прокладывания уточных нитей в зев.

Ключевые слова – рапира, 3D модель, воздушный поток, симуляция, оптимизация.

В ткацком производстве текстильной промышленности широко применяются пневморэпирные ткацкие станки марки АТПР. На этих станках операция прокладки уточной нити в зев станка осуществляется с помощью рапир под воздействием потока воздуха [1,2].

Рапира представляет собой две полые трубки 1 и 2 (рис. 1), жестко соединенные с форсункой 3, 4. В входной канал форсунки, с помощью компрессора, постоянно нагнетается сжатый воздух с давлением $(0,3-0,8) \cdot 10^5$ Па. Скорость струи при входе составляет $(50-70)$ м/с. Струя воздуха подхватывает уточную нить 5 и прокладывает ее в нитепроводящий канал рапиры. При этом, вследствие нагнетания воздуха через форсунку 3, у входа форсунки 4, через которую прокладывается уточная нить, вследствие инжекции, давление падает и возникают условия всасывания нити в канал.

Нить вместе с воздушной струей перемещается в рапире. В середине зева станка передающая рапира встречается с принимающей рапирой 6. Рапира (рис. 1, б) снабжена всасывающей инжекционной трубкой 7, вмонтированной в специальную форсунку 8. Всасывающая рапира 6 подхватывает конец уточной нити 5 и прокладывает ее во вторую половину зева во время возвращения рапир 1 и 6 в исходные положения.

В процессе прокладывания нити необходимо, чтобы она была втянута в левую рапиру. Для этого рапиры регулируются так, чтобы переход нити осуществлялся, когда концы рапир максимально приближаются, на 4...6 мм. Передающая и принимающая рапиры в конце имеют косой срез (рис. 2) для благоприятного прохождения их через зев. Косой срез искажает картину распределения воздушной струи у всасывающего отверстия. В результате этого уточная нить, при входе в рапиру, стремится прижаться к ее задней стенке для надежной передачи нити из нагнетающей во всасывающую рапиру. Поток воздуха у всасывающего отверстия должен быть более мощным, чем у нагнетающего [2].

Процесс прокладывания уточной нити из одной рапиры в другую играет ключевую роль в формировании ткани. Поэтому, в литературе часто приводятся исследования данного процесса, а именно параметров движения и расхода воздуха в рапирах, натяжения нити и т.д [3,4,5].

Аналитический расчет аэродинамики этого объекта является сложной задачей и во многих случаях, без применения численных методов, просто нерешаем. В литературе часто рассматриваются общие рассуждения о поведении воздушного потока в канале, а иногда приводятся чисто качественные характеристики потока в отдельных сечениях рапир. Например, в работе [2] приводится эпюра распределения скорости воздушной струи при выходе из нагнетающей рапиры и при ее отдалении от сечения выхода рапиры на определенное расстояние. При этом невозможно получить полное представление о поведении струи в разных участках канала.

Поэтому конструкция рапир разрабатывается интуитивно, полагаясь на экспериментальные данные основных характеристик воздушного потока.

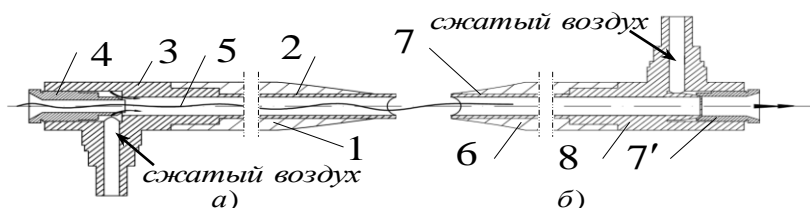


Рис. 1. Конструкции передающей (а) и принимающей (б) рапир ткацкого станка АТПР.

Эту задачу более глубинно можно исследовать с помощью современных методов компьютерной симуляции процесса. При этом открывается возможность варьировать конструктивными, наладочными и другими параметрами исследуемой системы.

В данной работе приводится наш опыт исследования данного процесса в программной среде Solidworks, применяя численные методы, в основу которых лежит метод конечных элементов. Программная среда SolidWorks очень хорошо приспособлена для исследования подобных задач.

Нами ставилась задача исследования поведения воздушного потока в каналах рапир, варьируя скоростью, объёмным расходом и давлением воздуха, с целью улучшения конструкции рапир и условий движения воздушной струи в канале. Этот технологический процесс можно смоделировать с большой точностью. При этом меняются параметры модели - конструкция рапир, выбор материалов изготовления, точность и шероховатость рабочих поверхностей. При исследовании также меняются исходные параметры - давление воздуха у входов рапир, влажность, температура, скорость струи, температура среды, турбулентность и т.д. Для исследования используется программное приложение Flow Simulation.

На первом этапе исследования необходимо построить 3D модель сборки рапир. 3D модели построены для реальных рапир, которые применяются на станке АТПР.

В среде Flow Simulation заданы следующие исходные параметры. Среда – воздух, температура рабочего воздуха - 293 K⁰, давление на входе

нагнетающей рапиры - 0,11 мПа, скорость воздушной струи - 50 м/с, скорость струи у инжекционного входа - 30 м/с, скорость струи на выходе инжекционной рапиры - 25 м/с. Расчет произведен при условии, что для струи в системе допустимо большое значение числа Маха. Этот режим дает более точные результаты. Расчет не прекращается при любом значении числа Маха, но время расчёта значительно увеличивается. Из этих параметров следует, что расчет производился для 32523 точек объекта, а продолжительность расчета составила примерно 1 час 10 минут.

В результате расчета получены значения скорости потока воздуха во всем пространстве воздушного канала двух рапир (рис. 3), а также изменение давления воздуха в канале и число Маха. Ниже приведены кадры потока во входной форсунке (рис. 3, а), в области перехода струи с первой рапиры во вторую (рис. 3, б) и в выходной форсунке (рис. 3, в). Получен также видеофайл движения воздуха в рапирах. Из исследования выяснилось, что воздушная струя теряет скорость на выходе нагнетающей рапиры до 30 м/с, далее струя ускоряется во второй рапире до 50 м/с за счет влияния инжекционной рапиры. В области перехода струи из первой рапиры во вторую наблюдается турбулентное завихрение воздуха с низкой скоростью, которое выходит из рабочего канала рапир и окутывает инжекционную рапиру снаружи. Очевидна потеря воздушной массы, что снижает эффективность процесса.

Кроме того, побочные потоки, вне области рабочего канала, влияют на уточную нить, нарушая процесс ее прокладывания.

Солвер: новая рапира 2 [Default] (126чочк 1konsrukciya.SLDASM) - [Текущая информация]

Файл Расчет Вид Добавить Окно Справка

| Параметр | Значение |
|--|------------------|
| Статус... | Расчет завершен. |
| Ячейки | 32,523 |
| Ячейки в текущей среде | 20,322 |
| Ячейки в твердом теле | 12,201 |
| Частичные ячейки | 9,077 |
| Итерации | 8,960 |
| Последняя итерация завершилась | 21:29:49 |
| Процессорное время на последнюю итерацию | 00:00:13 |
| Продувки | |
| Итераций на 1 продувку | 2,240 |
| Процессорное время | 1 : 10 : 3 |
| Оставшееся время расчета | 0 : 0 : 0 |
| Запустить на | DESKTOP-CCROJA0 |

Рис. 2. Параметры проведенного расчета.

После анализа полученных результатов нами была разработана новая конструкция рапир (рис. 4), в которых изменена геометрия канала. В частности, на

выходе нагнетающей рапиры убран косой срез, а канал сужен конической поверхностью с углом вершины конуса 6 градусов.

В результате симуляции движения воздуха по каналам измененных рапир, при неизменных входных параметрах скорости и давления, получены условия протекания процесса (рис. 5). Анализ результатов показывает, что небольшое конструктивное изменение рапир значительно улучшает условия движения воздушной струи. Скорость струи увеличивается, полностью исчезает завихренность в области перехода струи через рапиры. Все эти изменения повышают устойчивость и надёжность процесса прокладки уточной нити.

Выводы:

Разработана модель Flow Simulation для многоцелевого исследования аэродинамики движения воздушного потока через каналы рапир пневморрапирного ткацкого станка АТПР.

1. Предложена новая геометрия воздушного канала рапир, при которой воздушная струя в зоне перехода паточка через рапиры фокусируется, и исключает появление неконтролируемых воздушных потоков в окружающей среде рапир, что повышает надежность процесса прокладки уточной нити.

БИБЛИОГРАФИЯ

[1] Основы проектирования машин ткацкого производства. Учебник для студентов ВТУЗов /

А.В. Дицкий, Р.М. Малафеев, Б.И. Терентьев, А.А. Туваева; под общей ред. А.В. Дицкого. – М. машиностроение, 1983.- 320 с.

[2] Власов П.В. Нормализация процесса ткачества. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982.-296 с.

[3] Буткевич В.Г. Кинематическое исследование механизма рапир ткацкого станка /В. Г. Буткевич, А.В. Локтионов, С.А. Москалев // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы международной научно-технической конференции, Могилев, 19-20 апреля 2012 г.: в 2 ч. Ч. 1 / ред.: И. С. Сазонов [и др.]. - Могилев: Белорусско-Российский университет, 2012.- С. 72-73.

[4] Ишматов А.Б., Тягунов в.а., Старинец И.В., Модернизированная рапира ткацкого станка АТПР-100 // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. Ивановская государственная текстильная академия. Номер: 2 (344). Иваново 2013. С. 125-127

[5] Шапошникова И.В. Математическое моделирование процесса прокладывания уточной нити на станках типа АТПР: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.19.03 / Технологический ин-т.- Кострома, 1995.- 14 с.

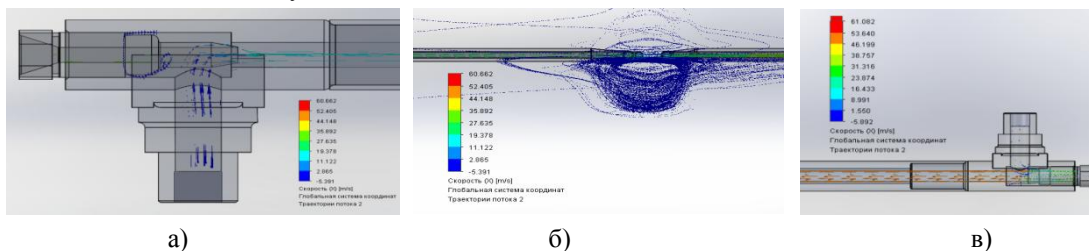


Рис. 3. Кадры потока во входной форсунке (а), в области перехода струи с первой рапиры во вторую (б) и в выходной форсунке (в) рапир существующей конструкции.

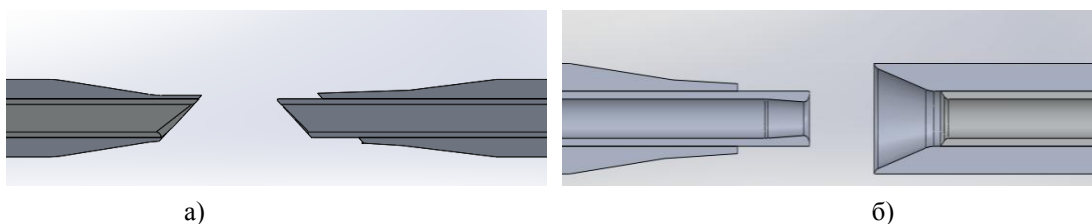


Рис. 4. Вид конечности рапир существующей (а) и предложенной (б) конструкции рапиры

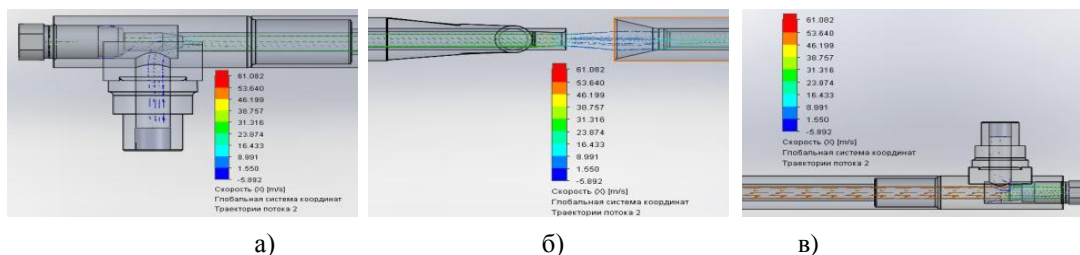


Рис. 5. Кадры потока во входной форсунке (а), в области перехода струи с первой рапиры во вторую (б) и в выходной форсунке (в) рапир новой конструкции.