

ВИРТУАЛЬНЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН НА ФИГУРЕ ЧЕЛОВЕКА

Н.Ю. Долганина, Е.А. Захаров, А.В. Шамакина

*Южно-Уральский государственный университет, Челябинск
E-mail: dnu001@mail.ru, eugene.a.zakharov@gmail.com, sham2004@bk.ru*

Введение

На сегодняшний день использование компьютерных технологий для качественного проектирования новых моделей в текстильной промышленности является одним из наиболее перспективных методов, позволяющих значительно сократить материальные затраты и время на разработку нового изделия. В виртуальной модели можно легко менять различные параметры: механические свойства ткани и швов, геометрию тела человека и изделия.

Существует множество подходов к моделированию изделий из ткани. Их можно разделить на две категории: геометрические и физические методы. В геометрических методах основной упор сделан на такие моменты, как складки, сгибы, которые можно описать геометрическими уравнениями [1]. Этот метод получил широкое распространение, однако остаются нерешенными задачи, учитывающие механические свойства текстильных материалов, а также трение между изделием и телом человека (физический метод). Широкое распространение изделий из трикотажных полотен требует быстрого и качественного проектирования новых моделей. Трикотажные изделия значительно растягиваются при эксплуатации, причем не одинаково на разных участках тела человека, к тому же в изделии присутствуют различные виды швов. Поэтому при разработке трикотажных изделий использование геометрического метода является некорректным. Поскольку создание большого числа изделий при проектировании новых моделей также является неприемлемым для текстильной промышленности, то актуальной остается задача создания виртуального испытательного стенда как средства расчета степени деформирования трикотажного полотна.

В работе описывается применимость технологии CAEBeans [2] для создания виртуального испытательного стенда для суперкомпьютерного моделирования деформационных изменений трикотажных полотен на фигуре человека.

1. Методы исследования

При расчетном исследовании поведения трикотажных изделий на человеке возникает вопрос о том, как надеть виртуальное изделие на манекен, т.к. реально трикотажные изделия значительно растягиваются при одевании. В работе [3] эта задача решена следующим образом: манекен моделировался размером меньше реального, чтобы при совмещении с изделием не было контакта между ними и в дальнейшем производилось пропорциональное увеличение манекена до реальных размеров, при этом ткань растягивалась, облекая все участки манекена. Недостатком данного подхода является то, что трикотажное изделие не является перед одеванием на манекен «плоским».

В данной работе этот недостаток устранен. Были созданы модель тела женщины размером меньше реального без головы, рук и ног, а также «плоское» трикотажное изделие. Модели тела и «плоского» трикотажного изделия пересекаются в начальный момент времени (рис. 1) и контакт между ними выключен. К передней и задней части трикотажного изделия было приложено давление и трикотажное изделие расширялось до тех пор, пока манекен не окажется внутри трикотажного изделия. Затем был включен контакт, и происходило пропорциональное увеличение манекена до реальных размеров, а трикотажное изделие растягивалось и облегало все участки манекена.

Модель тела женщины и «плоское» трикотажное изделие (футболка) созданы в пакете программ SolidWorks. Затем эти модели экспортированы в пакет программ ANSYS, где построена сетка конечных элементов (рис. 1). Количество элементов, получившееся при создании сетки, равно 192 413.

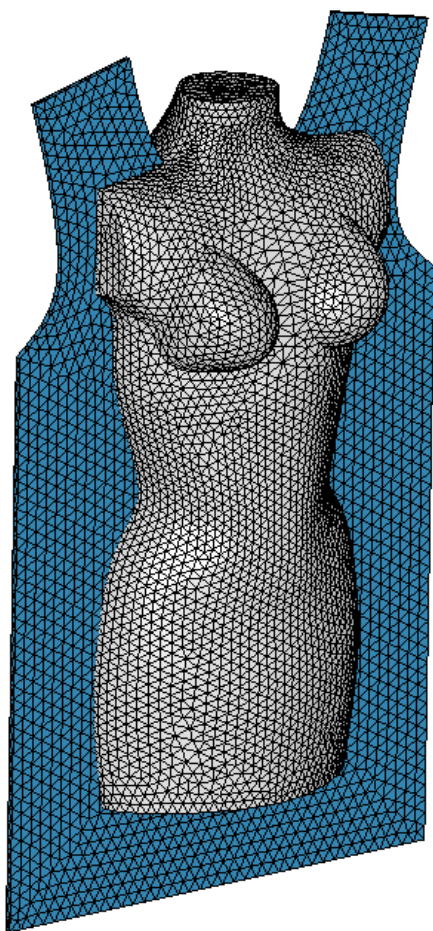


Рис. 1. Модели трикотажного изделия и тела женщины. Сетка конечных элементов

Решение проводилось в пакете программ LS-DYNA. Из списка материалов, предложенных пакетом программ LS-DYNA [4], для трикотажного изделия был выбран *MAT_ELASTIC, необходимые параметры плотность, модуль упругости и коэффициент Пуассона были получены экспериментально и заложены в программу. В модели трикотажного изделия оболочечные элементы имеют одну точку интегрирования по толщине. Пропорциональное увеличение манекена можно реализовать, приложив температурные нагрузки к нему, но при этом необходимо, чтобы они не влияли на модель платья, поэтому для задания температурных нагрузок была выбрана команда *LOAD_THERMAL_VARIABLE, позволяющая удовлетворить эти требования. Для манекена был выбран материал *MAT_ELASTIC_PLASTIC_THERMAL. Так как при эксплуатации трикотажных изделий тело человека не деформируется, то его моделировали как жесткое тело, которое под действием температурных нагрузок пропорционально увеличивалось до реальных размеров.

Пользовательский интерфейс виртуального испытательного стенда определяется набором xml-файлов, которые содержат описание всевозможных параметров моделируемого процесса и обрабатываются системой CAEBeans Portal. Пример интерфейса для задачи моделирования деформационных изменений трикотажных полотен на фигуре человека изображен на рис. 2. Перед запуском задачи пользователю предлагается изменить или оставить стандартными значения трех свойств материала трикотажного полотна:

- модуль упругости (E);
- коэффициент Пуассона (μ);

- плотность (ρ) трикотажного полотна.

Для каждого запуска процесса моделирования деформационных изменений трикотажных полотен на фигуре человека система генерирует xml-файл, соответствующий введенным пользователем параметрам, который предназначен для обработки CAEBeans-сервером.

CAEBeans Portal

Russian - Русский

CAEBeans Portal » Конструктор задач

Задача: Трикотажные изделия

Свойства материала:

Модуль упругости (E)
сопротивление материала растяжению/сжатию при упругой деформации
Значение по умолчанию: 3.5E+08

Коэффициент Пуассона (μ)
упругие свойства материала
Значение по умолчанию: 0.3

Плотность (ρ)
Значение по умолчанию: 2000 кг/м³ кг/м³

Выполнить Сохранить Новый расчёт Получить результаты Прервать Вернуться к списку CAEBeans

Испытательные стенды

[Индукционный нагрев](#)

[Закалка](#)

[Трикотажные изделия](#)

Рис. 2. Интерфейс пользователя виртуального испытательного стенда для задачи моделирования деформационных изменений трикотажных полотен на фигуре человека

Процесс «одевания» трикотажного изделия на манекен задается с помощью набора *.k-файлов пакета LS-DYNA, один из которых описывает саму задачу моделирования, а остальные содержат описание моделей.

Для интеграции задачи в систему CAEBeans Portal исходный *.k-файл, содержащий описание задачи, необходимо преобразовать в некоторый шаблон *.k-файла, который условно назовем *.s-файлом. Полученный шаблон содержит описание целого класса задач моделирования, к которому также принадлежит и исходная задача.

Запуск пользователем процесса моделирования задачи сопровождается преобразованием *.s-файла шаблона задачи в *.k-файл. Это преобразование осуществляется подстановкой в шаблон данных, введенных пользователем с помощью системы CAEBeans Portal, которые извлекаются из ранее сгенерированного ей xml-файла.

По окончании процесса моделирования задачи пользователь получает доступ к результатам, представленным в виде набора d3plot-файлов, в которых описывается весь процесс моделирования. На основе этих результатов он может сгенерировать, как графические изображения ключевых моментов, так и видеозапись всего процесса моделирования.

2. Результаты исследований и их анализ

Расчеты были проведены на высокопроизводительном вычислительном кластере «СКИФ Урал» [5] и суперкомпьютере «СКИФ-Аврора ЮУрГУ» [6].

На рис. 3 показан процесс «одевания» трикотажного изделия. Ускорение вычислялось по формуле $T1/Tn$, где $T1$ – время, затраченное на решение теста на одном процессорном ядре кластера «СКИФ Урал», Tn – время, затраченное на решение этой же задачи на n процессорных ядрах (рис. 4). На рис. 5 показаны эквивалентные напряжения по Мизесу. Красным цветом отмечены участки с максимальными напряжениями – это область проймы и груди. Время, за которое были произведены расчеты, приведено в табл. 1.

В задаче наблюдается хорошая масштабируемость вплоть до 240 ядер при расчете на «СКИФ-Урал» и до 444 ядра при расчете на «СКИФ-Аврора ЮУрГУ».



Рис. 3. Процесс одевания трикотажного изделия на манекен

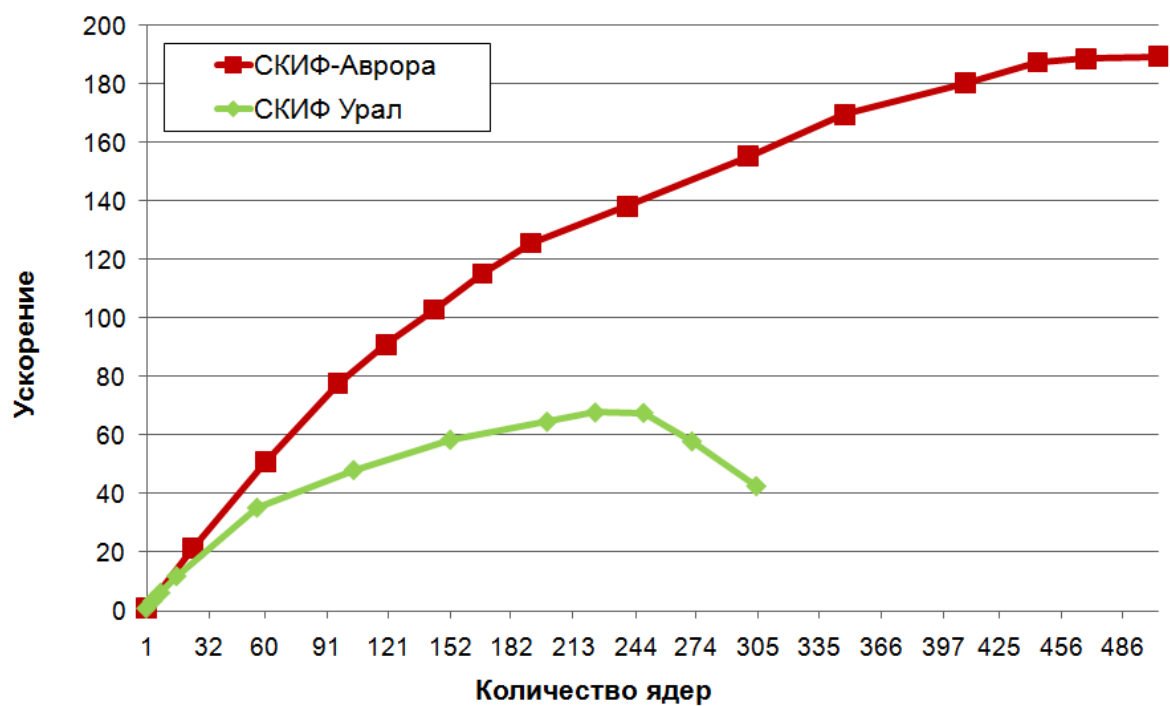


Рис. 4. Ускорение

3. Заключение

Было проведено исследование масштабируемости задачи взаимодействия трикотажного изделия с телом человека. Данная задача требует значительных суперкомпьютерных ресурсов.

Дальнейшее развитие разработанного виртуального испытательного стенда будет заключаться в дистанционной обработке получаемых пользователем d3plot-файлов и возможности производить на их основе рендеринг конечного видео непосредственно на суперкомпьютере.

Таблица 1. Время выполнения расчетов

Вычислительные ядра	Время решения, сек	
	СКИФ-Аврора	СКИФ Урал
	90537	112152
1	-	28100
8	-	7672
16	4223	-
24	-	2571
56	1782	-
60	1166	-
96	-	1883
104	995	-
120	880	-
144	-	1550
152	786	-
168	721	-
192	-	1402
200	-	1336
224	655	-
240	-	1339
248	-	1565
272	583	-
300	-	2126
304	534	-
348	502	-
444	480	-
468	478	-

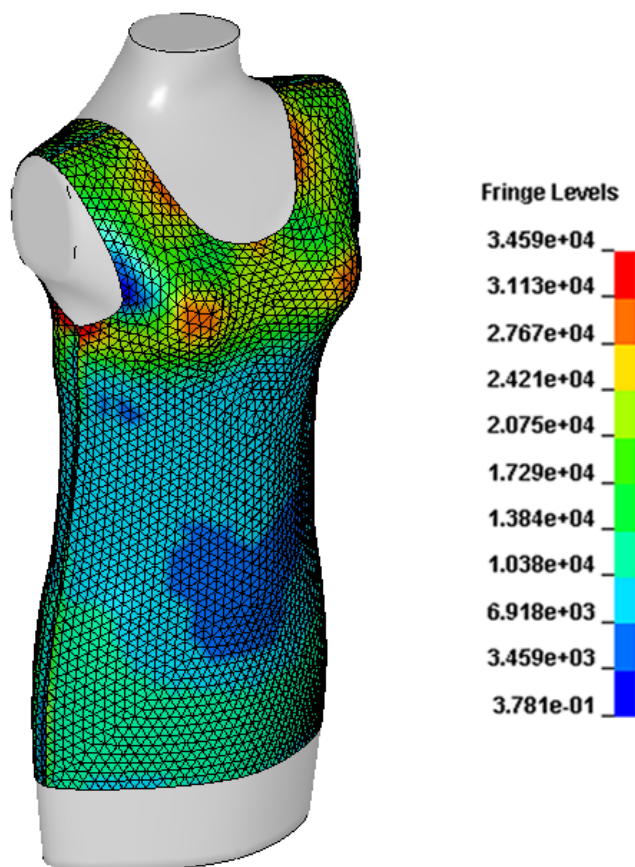


Рис. 5. Эквивалентные напряжения по Мизесу (значения на шкале указаны в Па)

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-07-96007-р_урал_а), Совета по грантам Президента РФ (проект МК-1987.2011.9) и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 11-07-00478-а).

Литература

1. Струневич Е., Гетманцева В., Лопасова Л. Актуальность создания реалистичных инженерно-заданных манекенов для проектирования одежды в САПР // САПР и графика. 2008. № 10. С. 46-48.
2. Проект CAEBeans: [<http://caebeans.susu.ru/>].
3. Усенко И.Н., Долганина Н.Ю., Персидская А.Ю. Суперкомпьютерное моделирование деформационных изменений трикотажных полотен на фигуре человека // Параллельные вычислительные технологии: Труды международной научной конференции (29 марта-2 апреля 2010, Уфа). Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. С. 606–610.
4. LS-DYNA Keyword user's manual. v.970. LSTC, 2003. – 1564 p.
5. Высокопроизводительный вычислительный кластер «СКИФ Урал»: [http://supercomputer.susu.ru/computers/ckif_ural/].
6. Суперкомпьютер «СКИФ-Аврора ЮУрГУ»: [http://supercomputer.susu.ac.ru/computers/skif_avrora/].