

Компютърно моделиране и изследване на работните движения на оператор на шевна машина

Диана Германова-Кръстева, Христо Петров,
Александрина Лалева, Къдрие Чолакова, Нехрибан Хашим

С помощта на компютърна симулация са моделирани и изследвани движенията на оператор на шевна машина при изработване на подглавник за автомобилна седалка. Разработен е виртуален модел на работното място, зададени са пола и антропометричните данни на оператора, симулирани са позата и движенията му. Използван е софтуерен продукт CATIA на фирма Dassault Systemes, Франция.

Ключови думи: работно място, шевна машина, работни движения, компютърно моделиране, симулация

Computer modelling and study of the working movements of operator of sewing machine

Diana Germanova-Krasteva, Hristo Petrov,
Alexandrina Laleva, Kadrie Cholakova, Nehriban Hashim

By means of computer simulation are modelled and studied the operator's movements when sewing a car headrest. A virtual model of the workplace is developed. The operator's gender and anthropometric data are set. The posture and his movements are simulated. The CATIA software of Dassault Systemes, France, is used.

Keywords: workplace, sewing machine, working movements, computer modelling, simulation

Въведение

Производството на части за автомобили набира все по-голяма скорост у нас. Тази тенденция е може би най-силно изразена при производството на автомобилни седалки. Капацитетът на фирмите от този бранш непрекъснато се увеличава. Освен машиностроене, основна част от производствената им дейност е изработването на калъфи за седалки, подлакътници, подглавници и други елементи от текстил и кожа.

Големият обем продукция и работата главно с немски, френски и японски производители, поставя високи изисквания както към качеството на изделията, така и към организацията и ефективността на производството.

Фирмите провеждат изследвания и се стремят да оптимизират всички отделни аспекти от организацията на производството и на работното място. В тази връзка, обект на изследване са и работните движения на операторите, като се търсят възможности чрез премахване на излишните движения да се повиши производителността на труда.

Въпросът с оптимизиране на работните движения е поставен на научна основа още в началото на миналия век с развитието на индустриализацията. Тогава американецът Frank Gilbreth прави първата класификация на движенията и определя времената за тяхното изпълнение [5]. По-късно неговите изследвания стават основа за разработването на т.нар. „системи за задаване на планови времена“, които се използват за определяне на теоретичните нормовремена за изпълнение на дадена операция.

Анализът на работните движения чрез компютърна симулация на работата на манекен е сравнително нов подход. Направената интернет справка показва, че методът намира приложение главно за моделиране на движенията при монтаж на автомобилни части и при

управление на автомобили [1, 3-4]. Областите на приложение са свързани с автомобилната индустрия, тъй като софтуерният продукт за компютърна симулация на движенията на виртуален манекен е част от PLM системата CATIA на френския гигант Dassault Systemes, а неговите софтуерни продукти за проектиране са стандарт за автомобилпроизводството в света.

Модулът Human Builder на CATIA не е прилаган у нас, което прави разработката новост за нашата страна, а и за шевната индустрия в световен мащаб.

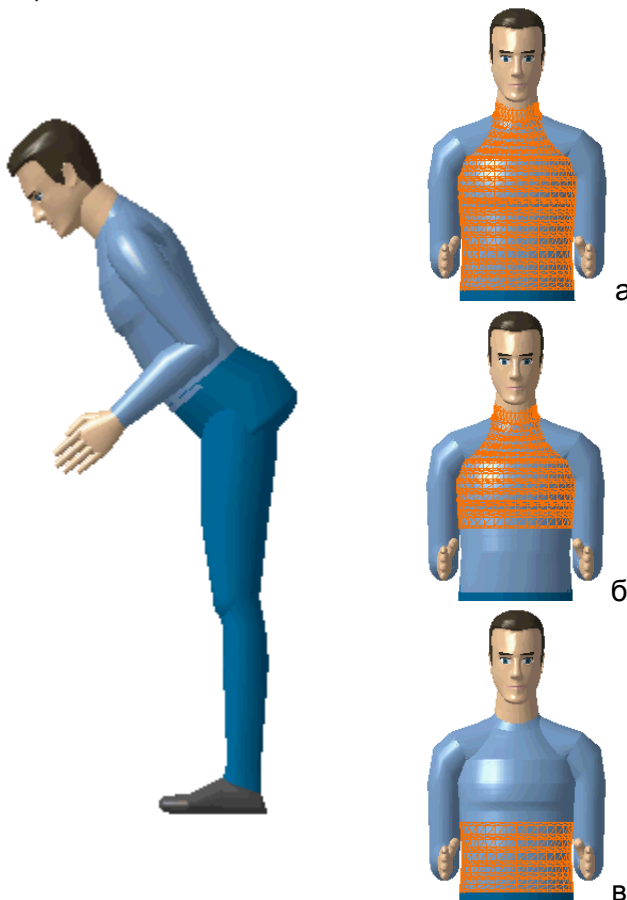
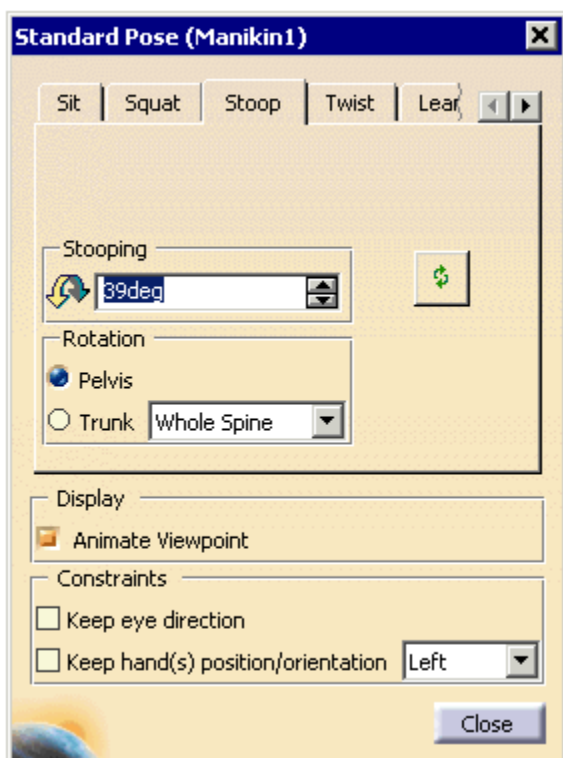
Теоретична част

Модулът Human Builder на CATIA дава възможност да се разработи компютърен манекен с желан от потребителя пол и антропометрични данни (Фиг. 1).

Програмата позволява да се избере поза на манекена, измежду 7 стандартни пози: седнал, клекнал, наведен, завъртян около оста на тялото, наклонен настрани, държащ елемент в ръка, с повдигнати лакти. За всяка поза се задават параметрите, които я определят. Например, при навеждане се задава ъгълът на наклон на тялото (Фиг. 2) и коя част от него се наклонява – цялата гръб (а), торакалната (б) или лумбалната (в) секция.

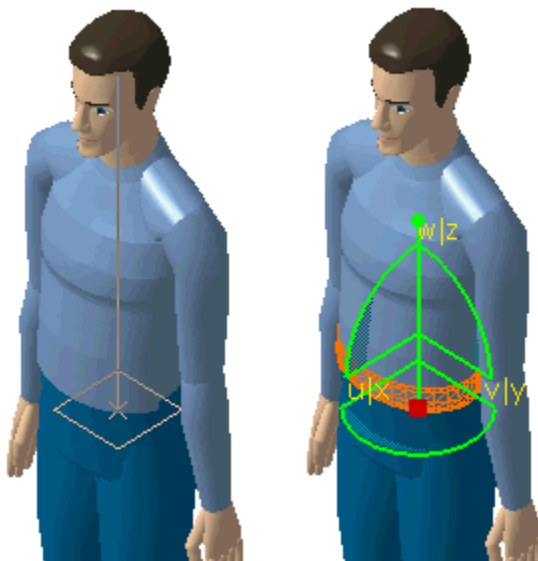


Фиг. 1 Задаване на манекен

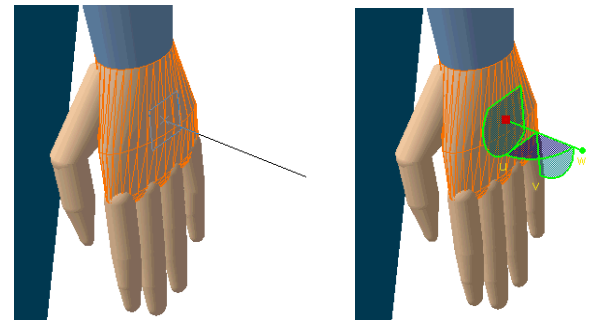


Фиг. 2 Задаване на поза и параметрите на позата

Позиционирането на манекена в 3D пространството се извършва чрез компас, който може да бъде поставен върху част от човешкото тяло (Фиг. 3) или върху повърхнина от тялото (Фиг. 4).



Фиг. 3 Поставяне на компас върху тялото на манекен



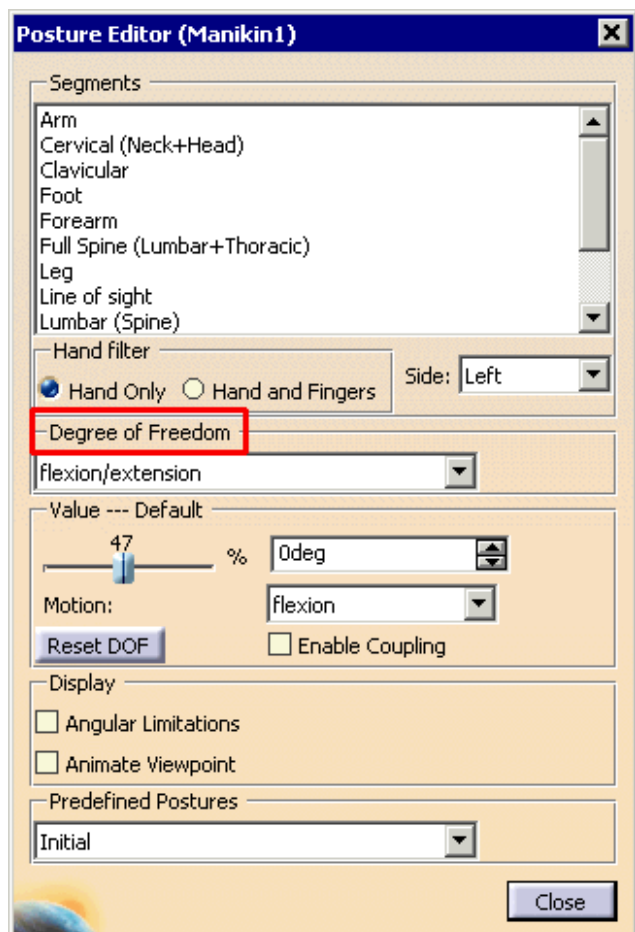
Фиг. 4 Поставяне на компас върху повърхнина от тялото на манекен

Чрез избиране на равнина от компаса и нейното движение чрез мишката на компютъра манекенът следва зададената от потребителя траектория.

Движението на отделните сегменти от тялото на манекена се извършва съгласно принципите на кинематиката. Манекенът се състои от 68 съчленени връзки и 6 стави, като диапазонът на движение зависи от разположението на съседната връзка.

Задаването на движенията на манекена се извършва с т. нар. Posture Editor (Фиг. 5), в който се задават:

- сегментът от човешкото тяло, който ще се движи – рамо, гръб, глава, крак и т.н.;
- дали ще се движи само ръката или ръката и пръстите;
- дали ще се движи крайник от лявата или дясната част на тялото – ръка, крак, респ. части от тях;
- степените на свобода – задава се вида на движението: flexion/extension (свиване/разтягане), abduction/adduction (отдалечаване/приближаване) и medial rotation/lateral rotation (ротация към тялото/ротация в посока, обратна на тялото). Връзката между степените на свобода, вида на движението и оста, по която се извършва е дадена в Табл. 1;
- обемът на движението – задава се като ъгъл или като процент от максимално допустимото движение;
- какво и как да бъде показано на дисплея – ъгловите ограничения или избор на гледна точка, която дава максимално добра видимост към степените на свобода;
- позата – начална, изправена, седнала и т.н.



Фиг. 5 Редактор на движенията

Таблица 1

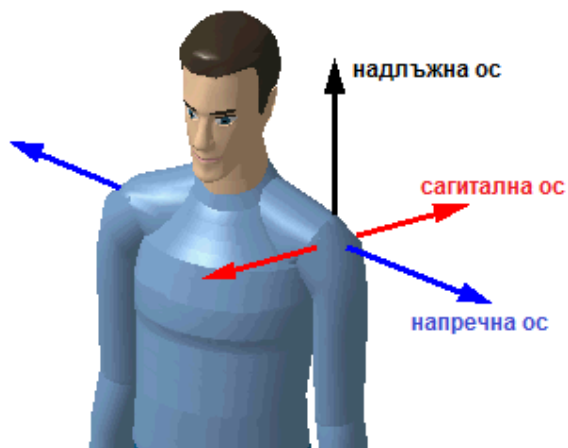
Връзка между степените на свобода, вида на движението и оста, по която се извършва [2]

Степени на свобода	Вид движение на частите на тялото	Ос
флексия (свиване) екстензия (разтягане)	дорзална флексия (свиване на ставната връзка) хиперекстензия	трансверсална (напречна)
абдукция (отдалечаване) аддукция (приближаване)	еверсия (огъване навън спрямо тялото), улнарно отклонение (отклонение на пръстите на ръката в посока на лакътната кост), повдигане инверсия (огъване навътре към тялото), радиално отклонение, потъване	сагитална (разделяща тялото на лява и дясна част)
медиална ротация латерална ротация	пронация (завъртане около надлъжната ос навътре към тялото) супинация (завъртане около надлъжната ос навън спрямо тялото)	надлъжна

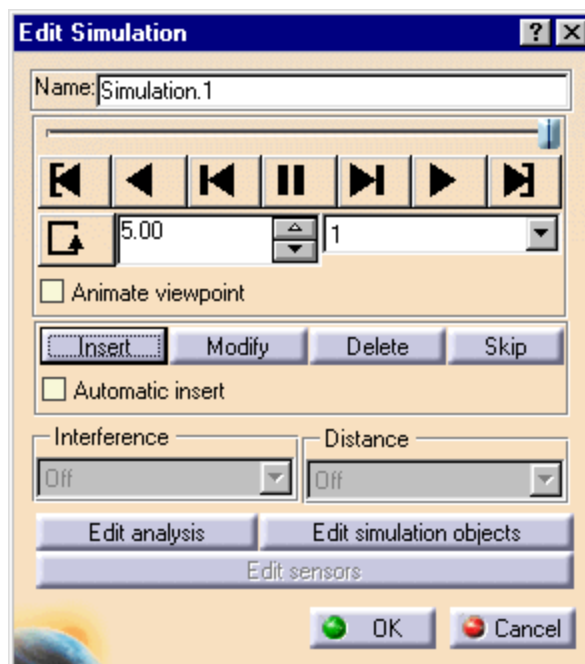
* Трите оси на движение са изобразени на Фиг. 6.

За всяка част от човешкото тяло се задават степени на свобода. Например, предмишницата има две степени на свобода: flexion/extension (свиване/разтягане спрямо ставния ъгъл) и пронация/супинация (завъртане около надлъжната ос навътре/навън към тялото).

Симулацията на работните движения на оператора се извършва чрез последователно движение на отделните части на тялото на манекена. Софтуерът дава възможност за добавяне, модифициране, изтриване и прескачане на определени движения (Фиг. 7).



Фиг. 6 Оси на движение на частите на манекена



Фиг. 7 Симулация на последователните движения на манекена

Експериментална част

Експериментите са проведени за работно място, част от производствената линия на фирма „Граммер“ за изработване на подглавник за кола. На изследваното работно място се съединяват 3 детайла. За изпълнение на монтажните операции се използва колонна шевна машина.

Снимка на изработвания подглавник е представена на Фиг. 8, а на машината – на Фиг. 9.



Фиг. 8 Снимка на изработвания подглавник



Фиг. 9 Общ вид на използваната машина

Направени са видеозаписи на работните движения на двама оператора (работнички), от първа и от втора смяна и при различна позиция на камерата, с цел да има видимост към всяко движение.

След детайлен преглед на записите е установено, че едната работничка извършва само движения, необходими за изпълнение на операцията. Втората работничка изпълнява операцията за 232 s, като могат да бъдат премахнати някои излишни движения, при което времето за изпълнение спада до 192 s (редукция на времето с 20,8%).

След изчистване на „паразитните“ движения работата на операторите е разделена на 24 действия, представени в Табл. 2.

Таблица 2

Действия за изпълнение на операцията

№	Действие	№	Действие
1	Посягане с лява ръка за детайл 1	13	Съединяване на двата детайла
2	Вземане на детайл 1	14	Посягане с дясната ръка за детайл 3
3	Поставяне на детайл 1 върху машината	15	Вземане на детайл 3
4	Посягане с дясна ръка за печата	16	Поставяне на детайл 3 върху зоната на шиене на машината
5	Вземане на печата	17	Съединяване на детайл 3 с другите два детайла
6	Прегъване на детайл 1 с лявата ръка и обръщане на част от него с опаковата страна	18	Посягане с лявата ръка към другия край на детайл 2
7	Поставяне на печат с дясната ръка върху загънатата опакова страна	19	Поставяне на втория край на детайл 2 върху зоната за шиене на машината
8	Посягане с лявата ръка за детайл 2	20	Досъединяване на детайли 1 и 2
9	Вземане на детайл 2	21	Снемане от машината на готовото изделие
10	Поставяне на детайл 2 върху детайл 1	22	Проверка на готовото изделие
11	Вземане на двата детайла с двете ръце	23	Обръщане на изделието с лицевата страна навън
12	Поставяне на детайлите в зоната на шиене на машината	24	Поставяне на готовото изделие в касетката

На Фиг. 10 и 11 са показани моменти от изпълнение на действия №15 и №16.

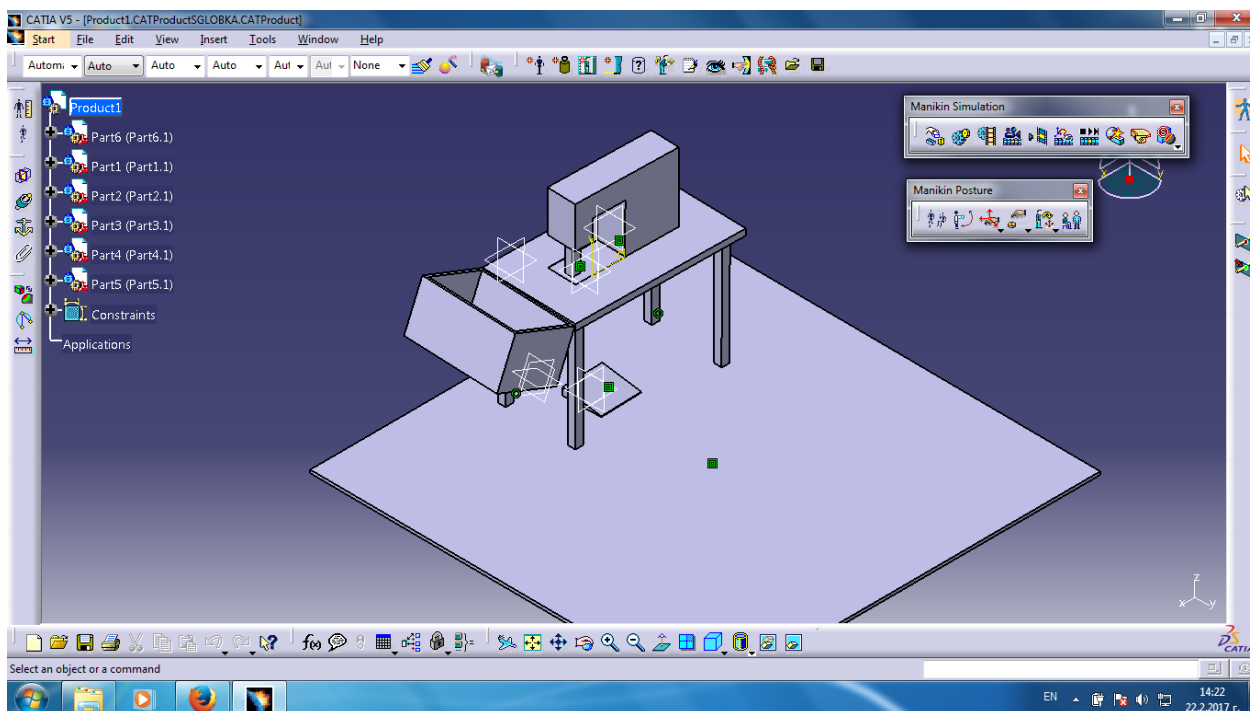


Фиг. 10 Вземане на детайл 3



Фиг. 11 Поставяне на детайл 3 в зоната на шиене

С помощта на модула Part Design на продукта CATIA е разработен компютърен модел на работното място (Фиг. 12), включващ следните основни елементи: под, работна маса, шевна машина, крачен педал и кош за детайли, като са спазени измерените от реалното работно място размери.



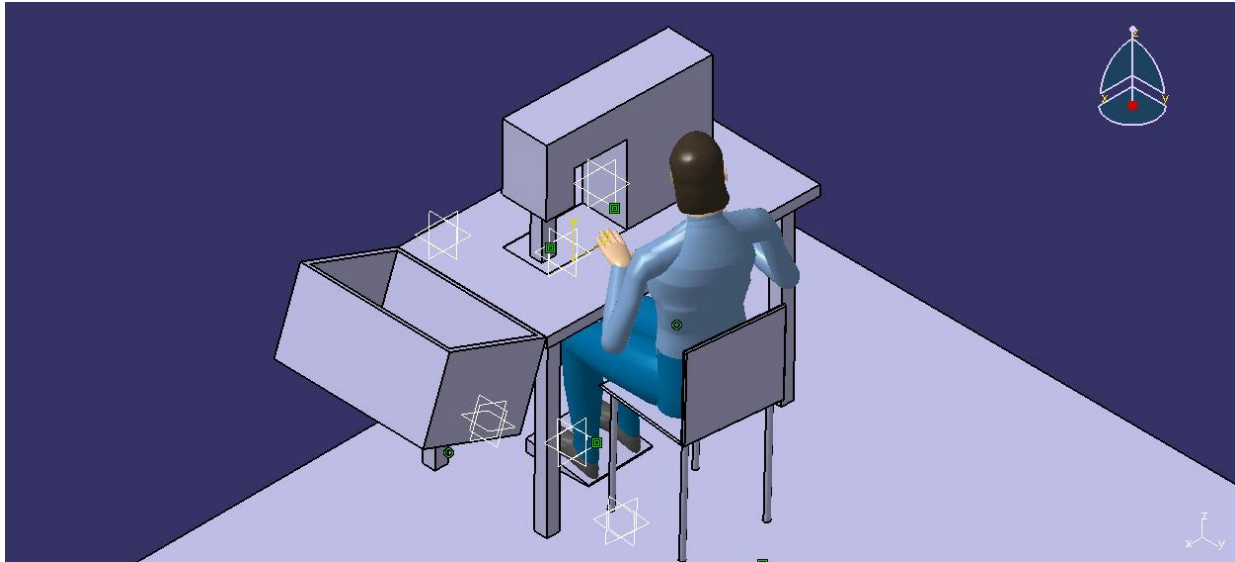
Фиг. 12 Компютърен модел на работното място

Първата стъпка от работата в модула Human Builder е импортирането на детайлите, формиращи работното място, и тяхното позициониране.

След това е създаден манекен от женски пол, стандартна фигура, съответстваща на 50% персентил в разпределението. Зададена е седяща поза, като параметрите на позата и позиционирането спрямо работното място съответстват на измерените във фирма „Граммер“. Краката на оператора са поставени върху крачния педал на машината, а ръцете – върху работния плот (Фиг. 13).

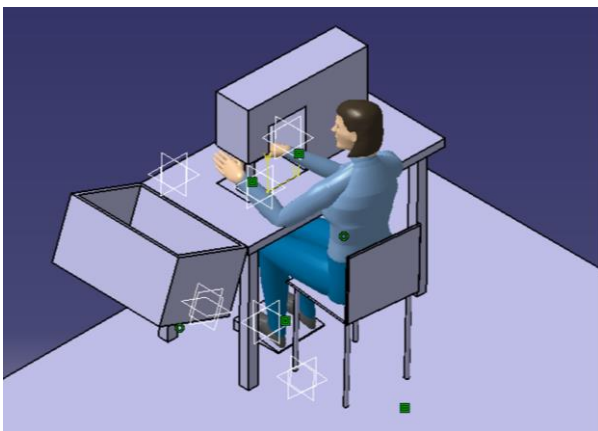
Двадесет и четирите работни действия, описани в Табл. 2, са разделени на 125 движения на отделните части на човешкото тяло. Дефинирани са вида и параметрите на движение за преминаване от една в друга поза. При последователното им свързване в симулационния редактор се получава видеоклип за визуализиране и анализ на движенията.

Полученият клип е записан във формат avi, който не изисква наличието на CATIA за гледане на клипа, а могат да се ползват универсални видеоплейъри.

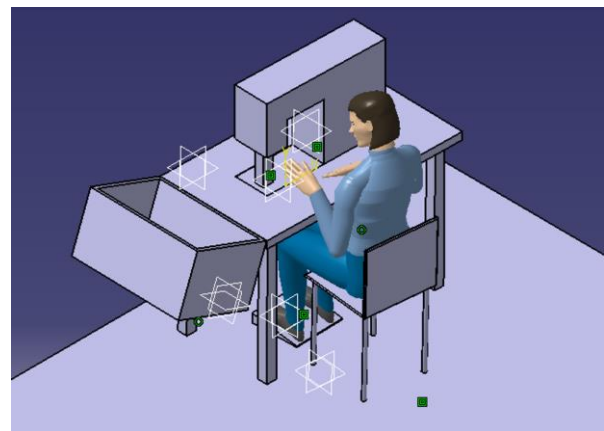


Фиг. 13 Начална поза на манекена

На Фиг. 14 и 15 са показани моменти от разработената симулация.



Фиг. 14 Съединяване на детайли 1 и 2



Фиг. 15 Изрязване на конци

Заклучение

Направен е първи опит за симулиране на работните движения на оператор на шевна машина с помощта на модула Human Builder на PLM системата CATIA на фирма Dassault Systemes, Франция.

Изводите, които могат да се направят от проведеното изследване, са:

1. Модулът Human Builder може да бъде използван за симулиране на работните движения на оператор на шевна машина.
2. Повечето шевни операции са свързани с изпълнението на много на брой и сложни като траектория движения, което изисква разделянето им на по-прости и дефинирането на вида и параметрите на движение, съобразно съответната част на човешкото тяло.
3. При работа на шевна машина движение извършват значителен брой сегменти от човешкото тяло, което налага задаване на траекторията на всеки един от тях.
4. Програмата проверява за наличие на проникване (Penetration Analysis) на даден елемент в друг, но не предлага възможност за избягването му. Поради тази причина,

има случаи, при които, при задаване на движенията от поза в поза, отделни части от манекена (най-вече ръцете) навлизат в елементи от работното място (плот, машина, кош). Проблемът се решава чрез задаване на повече междинни пози, което обаче води до повишаване и на без това немалкия им брой.

5. Симулирането на сложни траектории, особено при наличие на множество движещи се сегменти, изисква значителен опит и немалък времеви ресурс. В същото време, методът предлага възможност както за кинематичен, така и за визуален анализ на движенията. Корекцията във вида и параметрите на движение се извършва сравнително лесно, което позволява и относително бързо намиране на оптималните работни движения за изпълнение на дадена операция.

Представените резултати са от съвместен проект на катедра „Текстилна техника“ при ТУ-София с фирмите „Граммер“ АД и „Хайкад Инфотех“ ООД. Фирма „Граммер“ предостави всички условия за обследване на работното място, а фирма „Хайкад Инфотех“ – PLM системата CATIA на Dassault Systemes за компютърно моделиране на работното място и движенията на оператора.

Литература

1. Ding Z., Manual Assembly Modelling and Simulation for Ergonomics Analysis, PhD Thesis, University of Liverpool, 2013.
2. Human Builder Manual, Version 5 Release 14, Dassault Systemes.
3. Human Modeling V5R20, Advanced Engineering Services, Haycad Infotech.
4. Pèrè C., N. Meylaender, F. Mérienne, Full Body Motion Capture in CAD Environment, Proceedings of Virtual Concept, Cancun, Mexico, November 27th – December 1st 2006.
5. Германова-Кръстева Д., Приложение на системите за задаване на планови времена в шевното производство, Текстил и облекло, 11-12, 2013, стр. 261-270.

проф. д-р Диана Германова-Кръстева, ТУ–София, катедра „Текстилна техника“, тел. 02 965 27 92, e-mail: dianakra@tu-sofia.bg

проф. д-р Христо Петров, ТУ–София, катедра „Текстилна техника“, тел. 02 965 36 29, e-mail: petrov@tu-sofia.bg

бак. инж. Александрина Лалева, ТУ–София, катедра „Текстилна техника“, e-mail: alexandrina.laleva@gmail.com

бак. инж. Къдрие Чолакова, ТУ–София, катедра „Текстилна техника“, e-mail: kadrie.dj.1@gmail.com

бак. инж. Нехрибан Хашим, ТУ–София, катедра „Текстилна техника“, e-mail: ehi1991@abv.bg